

PRÓLOGO

Frivolidades, experimentos vistosos, curiosidades, paradojas, entretenimientos, correrías por diversos campos científicos, bordeándolos mejor que atravesándolos y no deteniéndose en ninguno: he aquí lo que comprende este volumen con la común denominación de CIENCIA RECREATIVA.

Nadie busque en él la exposición de ideas trascendentales o la resolución de problemas de actualidad palpitante. No se escribió con tal fin. Aun admitiendo el autor que algún hombre ya maduro pueda solazarse hojeando el libro, como él se solazó escribiéndolo, dedícalo especialmente a los jóvenes que pretenden estudiar y entender lo que en torno suyo sucede. Hojas sueltas de un desencuadernado Baedeker destinado a servir de guía en el viaje a través de tantas vulgares maravillas como nos rodean, deseó el autor que fueran las hojas de esta obrita.

Frivolidades, nimiedades, insignificancias, entretenimientos de sobremesa acaso poco merecedores de atraer la atención de las personas mayores; pero dejad que los niños se aficionen a este libro, pues las frivolidades a veces han despertado latentes inteligencias y han revelado insospechadas aptitudes y vocaciones. Dejad que vuestros hijos se aficionen a este libro y dad por bien empleado el papel que embadurnen con sus Problemas y la vajilla que rompieron con sus experimentos.

No pretende el autor presentar una obra absolutamente original, pues ni de ello se consideraba capaz, ni podía hacer caso omiso de lo mucho que se ha publicado sobre ciencia más o menos recreativa: en la Bibliografía constan las obras consultadas con predilección.

Pero tampoco se trata de una recopilación escueta: abundan en este libro los experimentos originales, y además de referirse a los objetos de uso corriente empleados en obras similares, se tiene en cuenta la difusión alcanzada en nuestros tiempos por aparatos tales como el cinematógrafo, o como la lámpara eléctrica, que ya no se han de considerar como instrumentos de laboratorio, sino como objetos vulgarísimos y fácilmente asequibles. Lo mismo se puede decir de ciertas sustancias, como el carburo de calcio, ayer tan raro y hoy tan diseminado.

Prólogo de la 2^{da} edición

A pesar de tener el autor en cartera numerosas nuevas cuestiones recreativas, originales o recopiladas, ha debido ser parco en adicionarlas para no aumentar excesivamente el volumen; en cambio, se han llevado a cabo en esta segunda edición numerosas correcciones, modificaciones y sustituciones convenientes para mejorarla.

Siempre que ha sido posible, se han señalado las más lejanas fuentes de los problemas y experimentos, como si dijéramos su abolengo, a menudo noble y añejo, pese a los detractores de las recreaciones científicas. No interesarán mucho los nuevos datos a quienes vean sólo el aspecto recreativo de esta obra, pero los apreciarán seguramente quienes la utilicen en sus estudios.

Señalar el manantial más remoto ha sido fácil para las recreaciones matemáticas clásicas, pues en rebuscarlo se han ocupado verdaderos especialistas. Pero el trabajo está todavía por hacer para las recreaciones físicas y químicas. Esperando que esta revisión bibliográfica se realice, quedan sin indicación especial muchas cuestiones de origen desconocido o dudoso, y van indicadas con la inicial **E** las que el autor cree decididamente originales, sobrentendiéndose 1918 (año de la primera edición de este libro) como fecha de publicación.

LIBRO PRIMERO
Enigmas y problemas



CAPÍTULO 1
Cuestiones de Aritmética

Notables descomposiciones de números

1. El número 45 puede ser descompuesto en cuatro sumandos tales que den el mismo número, 10, sumando 2 al primero, restando 2 del segundo, multiplicando por 2 el tercero y dividiendo por 2 el cuarto:

$$45 = 8 + 12 + 5 + 20$$

$$8 + 2 = 10; 12 - 2 = 10; 5 \times 2 = 10; 20 : 2 = 10$$

2. De igual manera, el número 64 se puede descomponer en cuatro sumandos que cumplan las mismas condiciones con respecto a los números 12 y 3:

$$64 = 9 + 15 + 4 + 36$$

$$9 + 3 = 12; 15 - 3 = 12; 4 \times 3 = 12; 36 : 3 = 12$$

3. He aquí una descomposición análoga del número 100:

$$100 = 12 + 20 + 4 + 64$$

$$12 + 4 = 16; 20 - 4 = 16; 4 \times 4 = 16; 64 : 4 = 16$$

4. Descomposiciones semejantes se pueden obtener en número indefinido: basta partir de un número cualquiera y uno de sus múltiplos; por ejemplo, 5 y 15. Restándolos tendremos el primer sumando ($15 - 5 = 10$); sumándolos tendremos el segundo sumando ($15 + 5 = 20$); dividiéndolos tendremos el tercer sumando ($15 : 5 = 3$), y multiplicándolos tendremos el cuarto sumando ($5 \times 15 = 75$). La suma de los cuatro sumandos dará el número que se descompone con arreglo a la condición impuesta:

$$10 + 20 + 3 + 75 = 108$$

$$10 + 5 = 15; 20 - 5 = 15; 3 \times 5 = 15; 75 : 5 = 15$$

5. Más difícil es, y no siempre posible, resolver el problema en esta forma: *Descomponer un número dado en cuatro sumandos tales que otro número sumado al primero, restado del segundo, multiplicado por el tercero y usado como divisor del cuarto, dé una suma, un resto, un producto y un cociente iguales.* El sistema de ecuaciones con que se resolvería:

$$a + n = m; b - n = m; c \times n = m; d : n = m$$

$$a + b + c + d = \text{número dado}$$

contiene las incógnitas a , b , c , d (los cuatro sumandos), n (el número fijo usado sucesivamente como sumando, substraendo, factor y divisor) y m (el número fijo que aparece sucesivamente como suma, resta, producto y cociente); siendo, pues, 5 las ecuaciones y 6 las incógnitas, el problema parece indeterminado, pero la

condición implícita de que los seis valores obtenidos para a , b , c , d , n y m sean enteros, convierte en muchos casos el problema en imposible.

Sumas y restas

6. Hallar dos números tales que restando 1 del mayor y sumando 1 al menor den el mismo resultado; y sumando 1 al mayor se obtenga un número doble del que resulte restando 1 del menor.

SOLUCIÓN. Los números pedidos son 5 y 7:

$$\begin{array}{l} 7 - 1 = 6 \\ 5 + 1 = 6 \end{array} \} iguales$$

$$\begin{array}{l} 7 + 1 = 8 \\ 5 - 1 = 4 \end{array} \} 8 = 2 \times 4$$

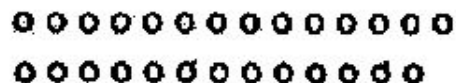
Adivinación de un resto

7. Invítese a un amigo a escribir un número de tres cifras, a escribirlo de nuevo empezando por la última cifra y acabando por la primera y a restar del mayor el menor de los números escritos. Pídasele que diga la última cifra del resto y se tendrán datos suficientes para adivinar el resto completo. Bastará tomar por última cifra la revelada, por cifra central un 9, y por primera cifra la diferencia entre las otras dos.

EJEMPLO. Si la persona a quien tratamos de asombrar con nuestro ficticio poder adivinatorio ha escrito el número 732, escribirá luego 237, y al restar $732 - 237$ hallará 495; nos dirá que la última cifra es 5, y nosotros le antepondremos el 9 y tomaremos la diferencia $9 - 5 = 4$ por cifra inicial. El resto será 495.

Adivinación fingida

8. Encargaremos a una persona que coloque sobre la mesa un número cualquiera de objetos iguales (monedas, copas, cucharas, palillos...) de manera que formen dos series: la de arriba con un objeto más que la de abajo.



Roguémosle que separe de la serie de arriba cierto número de objetos (por ejemplo, ocho) que para nuestros cálculos llamaremos n ; luego que retire de la serie de abajo tantos objetos como queden en la serie de arriba; y por fin que quite todos los objetos restantes de la serie de arriba. Entonces podremos adivinar, sin haber visto las series ni observado ninguna de las operaciones efectuadas, que en la mesa quedan $n - r$ objetos (en el ejemplo supuesto, siete). La explicación es evidente: si el número, desconocido, de objetos de la serie superior es A , el número de objetos de la serie inferior será $A - 1$, por la condición impuesta; si de la primera serie se quitan n objetos, quedarán en ella $A - n$ objetos, y si éstos se quitan de la serie inferior, quedarán en ésta $(A - 1) - (A - n)$ objetos, o sea $n - r$ objetos.

Juegos de pesas

9. ¿Cuáles deben ser los valores mínimos de cuatro pesas para que por su combinación puedan formarse todos los números enteros de gramos comprendidos entre 1 gr y 40 gr?

Observemos primero que con dos pesas tales como m y n pueden pesarse en la balanza cuatro cargas diferentes, a saber: m ; n ; $(m - n)$; $(m + n)$ gr.

Admitamos que la pesa menor es de 1 gr; con ella sola, sólo podremos pesar un gr. Si la segunda pesa fuese de 2 gr, su combinación con la primera sólo podría darnos el nuevo peso de 3 gr, pues la diferencia $2 - 1 = 1$ gr, la da ya la primera pesa de 1 gr. Luego no conviene adoptar la pesa igual a 2 gr, pues se dejaría de aprovechar una combinación; en cambio adoptando la de 3 gr podremos formar las siguientes combinaciones:

1 gr con la pesa de 1 gr
 2 gr con la pesa de 3 gr — la pesa de 1 gr
 3 gr con la pesa de 3 gr
 4 gr con la pesa de 3 gr + la pesa de 1 gr.

De la tercera pesa, podremos restar y sumar todas las combinaciones anteriores y por esto conviene elegirla de manera que restando de ella el valor máximo anterior ($= 4$) se obtenga 5; restando 3, se obtenga 6; restando 2, se obtenga 7; restando

1, se obtenga 8, y restando 0, se obtenga 9; luego la tercera pesa será de 9 gr y con ella y las anteriores se obtendrán estas combinaciones:

$$5 \text{ gr} = 9 - 4$$

$$6 \text{ gr} = 9 - 3$$

$$7 \text{ gr} = 9 - 2$$

$$8 \text{ gr} = 9 - 1$$

$$9 \text{ gr} = 9$$

$$10 \text{ gr} = 9 + 1$$

$$11 \text{ gr} = 9 + 2$$

$$12 \text{ gr} = 9 + 3$$

$$13 \text{ gr} = 9 + 4$$

De la siguiente pesa p' se podrán restar sucesivamente todas las combinaciones anteriores, y así, para no desperdiciar ninguna, convendrá elegirla de manera que: $p' - 13 = 14$; $p' - 12 = 15$; $p' - 11 = 16$; $p' - 10 = 17$; $p' - 9 = 18$; $p' - 8 = 19$; $p' - 7 = 20$; $p' - 6 = 21$; $p' - 5 = 22$; $p' - 4 = 23$; $p' - 3 = 24$; $p' - 2 = 25$; $p' - 1 = 26$; $p' = 27$, y esta pesa de 27 combinada con las combinaciones de las restantes, dará:

14 gr = 27 - 13	27 gr = 27	28 gr = 27 + 1
15 gr = 27 - 12		29 gr = 27 + 2
16 gr = 27 - 11		30 gr = 27 + 3
17 gr = 27 - 10		31 gr = 27 + 4
18 gr = 27 - 9		32 gr = 27 + 5
19 gr = 27 - 8		33 gr = 27 + 6
20 gr = 27 - 7		34 gr = 27 + 7
21 gr = 27 - 6		35 gr = 27 + 8
22 gr = 27 - 5		36 gr = 27 + 9
23 gr = 27 - 4		37 gr = 27 + 10
24 gr = 27 - 3		38 gr = 27 + 11
25 gr = 27 - 2		39 gr = 27 + 12
26 gr = 27 - 1		40 gr = 27 + 12

Luego los valores de las cuatro pesas a que se refiere el enunciado del problema son 1, 3, 9 y 27.

10. La cuestión anterior no es más que un caso particular del problema general de las pesadas con el menor número posible de pesas, en el cual se pueden distinguir dos casos:

1. cuando sólo sea factible combinar las pesas por adición, como en una balanza de resorte
2. cuando se puedan emplear por adición y por substracción, como en las balanzas ordinarias. A este segundo caso hemos referido el problema propuesto.

Con una marcha parecida a la seguida en la resolución de este problema se puede demostrar fácilmente que en el primer caso la serie de pesas conveniente es:

1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, etc.,

esto es, la serie formada por las sucesivas potencias de 2; y en el segundo caso es:

1, 3, 9, 27, 81, 243, 729, etc.,

es decir, la serie de las sucesivas potencias de 3.

11. Sin embargo, las series de pesas así establecidas no son prácticas. Las cajas de pesas ordinarias contienen de cada unidad de peso los siguientes múltiplos:

5, 2, 1, 1.

Así, una caja de pesas hasta 500 gr, contendrá las siguientes:

500 gr, 200 gr, 100 gr, 100 gr
50 gr, 20 gr, 10 gr, 10 gr
5 gr, 2 gr, 1 gr, 1 gr

y si contiene los submúltiplos de 1 gr tendrá, además, las de

0,5 gr, 0,2 gr, 0,1 gr, 0,1 gr
 0,05 gr, 0,02 gr, 0,01 gr, 0,01 gr

Pero como algunos constructores adoptan en vez de la serie 5, 2, 1, 1, la serie 5, 2, 2, 1, y aun a veces combinan ambas series, convendrá siempre, al ir a usar una caja de pesas, inspeccionarla atentamente.

El problema de las cuatro pesas fue planteado a principios del siglo XIII por Leonardo de Pisa. Entre los matemáticos que posteriormente lo han ampliado cita Ahrens (1909) los siguientes: Gemma Frisius (1544), Tartaglia (1556), Bachet (1612), Euler (1748).

La multiplicación reducida a suma

12. No es muy práctico el procedimiento, salvo en casos excepcionales. Más bien puede tomarse como explicación del método usual de multiplicación.

Para multiplicar, por ejemplo, 79 x 1423, procederemos así:

79 x 1 =	+	79
	+	79
79 x 4 =	+	79
	+	79
	+	79
79 x 2 =	+	79
	+	79
79 x 3 =	+	79
	+	79
Y esta suma		1 1 2 4 1 7

será igual al producto pedido.

Hemos procedido como si el factor 1423 se hubiera descompuesto así:

1000	+100	+100	+100	+100	+10	+10	+1	+1	+1
1000	400			20		3			

y entonces

	$1000 \times 79 =$	79000
	$100 \times 79 =$	7900
$400 \times 79 =$	$100 \times 79 =$	7900
	$100 \times 79 =$	7900
	$100 \times 79 =$	7900
	$100 \times 79 =$	7900
$20 \times 79 =$	$10 \times 79 =$	790
	$10 \times 79 =$	790
$3 \times 79 =$	$1 \times 79 =$	79
	$1 \times 79 =$	79
	$1 \times 79 =$	79
		112417

Curiosidades de algunos números

13. El número 123456789 presenta esta notable propiedad: tomándolo como substraendo del número 987654321, formado por las mismas cifras en orden inverso, da por resto el número

$$864197532$$

formado por las mismas cifras ordenadas de otra manera.

14. El número 12345679, multiplicado por 9 da 111111111. Y como este último multiplicado por 2 da 222222222 y por 3 da 333333333, etc., tendremos que el número propuesto 12345679 multiplicado por 18 (que es igual a 9×2) dará 222222222; multiplicado por 27 (que es 9×3) dará 333333333; multiplicado por 36 (que es 9×4) dará 444444444; por 45 (9×5) dará 555555555; por 54 dará 666666666, etc.

15. Multiplicando por 2, por 3,... hasta 9, el número

$$526315789473684210$$

se obtiene un producto formado por las mismas cifras en el mismo orden circular, es decir, empezando el número por una de estas cifras, continuando, después del cero, por el primer cinco, etc., y apareciendo un nuevo cero al final.

EJEMPLO:

$$526315789473684210 \times 7 = 3\ 684\ 210\ 526\ 315\ 789\ 470.$$

16. El número 37

multiplicado por	3 (= 3 x 1)	da	111	siendo	1 + 1 + 1 = 3
"	6 (= 3 x 2)	"	222	"	2 + 2 + 2 = 6
"	9 (= 3 x 3)	"	333	"	3 + 3 + 3 = 9
"	12 (= 3 x 4)	"	444	"	4 + 4 + 4 = 12
"	15 (= 3 x 5)	"	555	"	5 + 5 + 5 = 15
"	18 (= 3 x 6)	"	666	"	6 + 6 + 6 = 18
"	21 (= 3 x 7)	"	777	"	7 + 7 + 7 = 21
"	24 (= 3 x 8)	"	888	"	8 + 8 + 8 = 24
"	27 (= 3 x 9)	"	999	"	9 + 9 + 9 = 27

17. El número 142857,

multiplicado por	2	da	285714
"	3	"	428571
"	4	"	571428
"	5	"	714285
"	6	"	857142

y todos estos productos están formados por las mismas cifras en el mismo orden circular.

18. El mismo número 142857 multiplicado por 7 da 999999; y multiplicado por 8 dará ya un número de más de 6 cifras; multiplicado por 70 dará evidentemente 9999990, y multiplicado por 71 ya dará un producto de más de 7 cifras.

Multiplicándolo por un factor cualquiera comprendido entre 7 y 70, separando del producto la primera cifra y sumándola al número formado por las restantes, se obtendrá uno de los productos obtenidos en el párrafo anterior:

$$142857 \times 9 = 1285\ 713 \text{ y } 285713 + 1 = 285\ 714$$

$$12345678 \times 8 + 9 = 111111111$$

B. con el número 8;

$$1 \times 8 + 1 = 9$$

$$12 \times 8 + 2 = 98$$

$$123 \times 8 + 3 = 987$$

$$1234 \times 8 + 4 = 9876$$

$$12345 \times 8 + 5 = 98765$$

$$123456 \times 8 + 6 = 987654$$

$$1234567 \times 8 + 7 = 9876543$$

$$12345678 \times 8 + 8 = 98765432$$

$$123456780 \times 8 + 9 = 987654321$$

Repartición de vino

21. Veintiuna barricas, desigualmente llenas, a saber: 7 completamente llenas de vino, 7 llenas hasta la mitad y 7 vacías, han de repartirse entre tres personas de manera que corresponda a todas la misma cantidad de vino y el mismo número de barricas.

SOLUCIÓN. Corresponden

Persona	Barricas		
	llenas	medio llenas	vacías
N° 1	3	1	3
N° 2	3	1	3
N° 3	1	5	1

O bien

Persona	Barricas		
	llenas	medio llenas	vacías
N° 1	2	3	2
N° 2	3	3	2
N° 3	3	1	2

Este problema figura ya en la edición de 1612 de Bachet, quien lo refiere todavía a la obra de Tartaglia (1556). Lo amplió Labosne (1879) y lo desarrolló muy completamente Ahrens (1918).

Singular manera de repartir

22. Obsérvese que la mitad de 18 (que es 9), más el tercio de 18 (que es 6), más el noveno de 18 (que es 2) suman 17. Obsérvese también que la suma $\frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{9}$ no llega a valer la unidad, sino sólo $\frac{17}{18}$ de suerte que disponer de la mitad, del tercio y del noveno de una cosa, no es disponer de la cosa entera. Este es el fundamento de la relación siguiente:

Érase un pastor, padre de otros tres y dueño de 17 ovejas; deseando que éstas se repartieran a su muerte entre sus hijos de manera que al mayor correspondiese la mitad de la herencia, al segundo un tercio y al menor un noveno, se halló con la dificultad de que los números resultantes no eran enteros. Para resolver la cuestión, pidió prestada una oveja a un vecino, e hizo la partición a base de las 18 ovejas, señalando la mitad, o sea 9, al hijo mayor, el tercio, o sea 6, al segundo, y el noveno, o sea 2, al tercero, después de lo cual le quedó sobrante la oveja del vecino, a quien la devolvió agradecidísimo.

Hace muchos años que se halla muy difundido este problema por toda Europa, hasta el punto de haber caído en el dominio del folklore. Algunos autores lo creen de origen árabe.

Existen muchas variantes: en vez de ovejas, se refiere al caso de caballos, bueyes... Pero se conservan siempre los números 17 y 18. Podrían duplicarse o triplicarse, teniendo entonces que prestar el vecino 2 ó 3 cabezas para lograr la repartición.

¿Quién llegará a cien?

23. El siguiente sencillísimo juego es el más sorprendente para el que hace el experimento por primera vez. Figura en la segunda edición de la obra de Bachet (1624) y a partir de este punto en todas las colecciones de recreaciones matemáticas.

Entre dos personas anda el juego. Alternándose, van a contar hasta cien, con la condición de que cada una de ellas puede avanzar hasta diez números cada vez. Por ejemplo, dice la primera persona: ¡cinco! y la segunda responde ¡doce! (avanzó siete); y la primera ¡veintidós! (avanzó diez, es decir, avance máximo), etc. Se trata de ver cuál de las dos podrá cantar el ciento.

Claro está que podrá cantar ciento el que logre cantar 89, pues el otro individuo deberá cantar en seguida uno de estos números: 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98 ó 99, pero de ningún modo 100), y cualquiera de dichos números que haya elegido, el primer individuo podrá pasar de un salto a ciento.

Mas por análoga razón podrá cantar 89 el que haya cantado 78; y 78 el que haya cantado 67; y 67 el que haya cantado 56; y 56 el que haya cantado 45; y 45 el que haya cantado 34; y 34 el que haya cantado 23; y 23 el que haya cantado 12; y 12 el que haya cantado 1.

En resumen: si ambos jugadores están en el secreto, ganará indefectiblemente el que empiece a contar, pues dispone de la facultad de no apartarse de la serie 1, 12, 23, 34, 45, 56, 67, 78, 89, 100.

Y si sólo uno de los jugadores está en el secreto, le bastará procurar seguir sólo los últimos términos de la serie, por ejemplo, a partir del 67 ó del 78.

Este juego puede tener muchas variantes; por ejemplo, reducir el avance permitido a 3; entonces tendríamos otra serie de números convenientes para vencer.

También se le puede dar la siguiente forma.

¿Quién agotará la baraja?

24. Puesta la baraja en la mesa, dos individuos van tomando alternativamente cartas, con la condición de no tomar nunca más de seis: ¿quién se llevará la última carta?

Es evidente que podrá llevarse la carta 48^a el que se haya llevado la 41^a, pues su compañero, a partir de la 42^a se habrá podido llevar, cuando más, hasta la 47^a, y el primero podrá siempre llevarse el resto.

Pero a su vez, se podrá llevar la 41^a el que se haya llevado la 34^a, y ésta el que se haya llevado la 27^a, y ésta el que se haya llevado la 20^a, y ésta el que se haya llevado la 13^a, y ésta el que se llevó la 6^a.

Por consiguiente, si ambos jugadores están en el secreto, ganará el que empiece el juego, pues tomará las seis primeras cartas, y tendrá luego la facilidad de llevarse las cartas 13^a, 20^a, 27^a, 41^a y 48^a. Y si sólo uno de los jugadores está en el secreto, procurará seguir únicamente los últimos términos de la expresada serie.

También en esta forma puede tener el juego muchas variantes cambiando el número de cartas que se permita tomar de una vez, y por consecuencia, variando también la serie.

Eliminación de comensales

25. Diecisiete estudiantes descubrieron la manera de jugarle una mala partida a un mesonero.

Encargáronle una comida relativamente opípara y rogáronle les concediera el honor de figurar también entre los comensales. Respecto al pago convinieron en que corriera a cargo del que resultara elegido por el siguiente juego:

Terminada la comida, contarían uno a uno los comensales, hasta llegar a siete; aquel a quien tocara ese número se retiraría de la mesa; repetirían, continuando, la cuenta, y el nuevo séptimo se retiraría a su vez, y así sucesivamente, reiterarían la cuenta hasta siete y la eliminación de los séptimas, hasta quedar uno solo en la mesa: éste pagarla el gasto.

Aceptada sin recelo la proposición por el mesonero, los estudiantes pudieron comer de balde, porque tomaron la precaución de empezar a contar por el individuo que antecedió en ocho lugares al mesonero (o sea por el número 1 de la figura 1): así los estudiantes fueron eliminados uno a uno y el engañado fondista pudo pagarse, si quiso, a sí mismo.

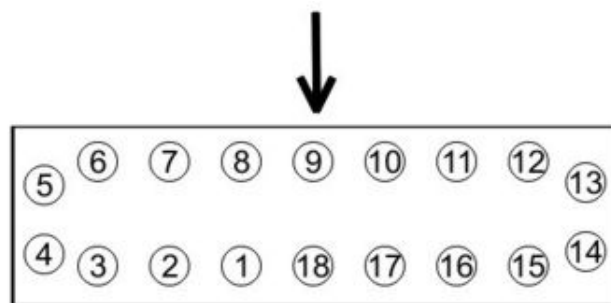


Figura 1

La veracidad de esta relación es discutible; pero que puede tomarse por fundamento para un divertido juego de sociedad, es indudable.

26. El problema anterior puede considerarse como un caso particular del siguiente:

Propuesto un número de unidades distinguibles entre sí, disponerlas y ordenarlas de tal manera, que separando sucesiva y reiteradamente la tercera o la novena, o en general, la enésima, hasta tener separado un número de ellas determinado, sean las restantes las previamente escogidas.

He aquí el caso particular estudiado por Bachet (1612) y tomado quizá de Hans Sachs, el zapatero—poeta de Nüremberg (1547), quien además señala la fecha y lugar del suceso (1403; travesía de Constantinopla a Venecia): Quince cristianos y quince turcos se hallan en alta mar en un buque, y habiéndose levantado una terrible tormenta, les dice el piloto que es necesario tirar al mar la mitad del pasaje para que pueda salvarse el resto; y para sortear los 15 individuos que hay que sacrificar para la salvación de los restantes, se les hace formar en círculo, se van contando de 9 en 9, tirando al mar a todos aquellos a quienes toca este número, hasta que sólo quedan 15 individuos. Se pregunta cómo habrá que ordenarlos para que los sacrificados sean los 15 turcos y se salven todos los cristianos.

SOLUCIÓN. Claro que de la primera serie de 30 tocará la mala suerte a los lugares 9, 18 y 27. Suprimidos estos tres, en la nueva serie de 27, tocará a los que ocupen los lugares 6, 15 y 24. En la nueva serie de 24, se eliminarán otra vez los números 6, 15 y 24. Suprimiéndolos, se tendrá una serie de 21, de la que se eliminarán los lugares 9 y 18, con lo que se reducirá a otra serie de 19, de la que se suprimirán los que ocupen los sitios 6 y 15. Reducida la serie a 17 individuos, se habrán de eliminar los lugares 5 y 14 y quedará la serie reducida a 15.

Refiriendo todos estos lugares restantes a los de la serie primitiva, tendremos que habrán quedado los que ocupasen los lugares:

1, 2, 3, 4... 10, 11 ... 13, 14, 15... 17... 20, 21... 25... 28, 29

por lo tanto, para conseguir lo propuesto, habrá que formar la serie con:

4 cristianos, 5 turcos, 2 cristianos, 1 turco, 3 cristianos, 1 turco, cristiano, 2 turcos,
2 cristianos, 3 turcos, 1 cristiano, 2 turcos, 2 cristianos, 1 turco.

Esta historia es muy antigua: probablemente de origen judío. Sus variantes, en el curso del tiempo, reflejan las cuestiones que han apasionado a los hombres, y en su estudio se han ocupado matemáticos de todas las naciones.

Adivinación de cuatro números

27. Dieciséis tarjetas numeradas se colocan sobre la mesa en cuatro series de a cuatro tarjetas y se invita a una persona a fijarse en uno de los números y retenerlo en la memoria: sólo conviene que indique de cuál de las cuatro series forma parte (figura 2).

I	6	5	2	9		6	1	11	10
II	1	16	14	15		5	16	4	13
III	11	4	3	8		2	14	3	12
IV	10	13	12	7		9	15	8	7

Figuras 2 y 3

Recógense las tarjetas como al azar, pero en realidad con orden, empezando por la primera de la serie I, y siguiendo con la primera de la II, primera de la III, primera de la IV, segunda de la I, segunda de la II, segunda de la III, etc., y se vuelven a colocar en la mesa, dispuestas en otras cuatro series, de las cuales la primera estará formada por las cuatro tarjetas primeras de las series anteriores, la segunda por las cuatro segundas, etc. (figura 3).

La persona que haya retenido el número, expresará cuál de las series lo comprende ahora, y claro está que el número en cuestión será el que ocupe, en la serie actualmente señalada, el lugar correspondiente al número de la serie primitiva. Así, si en la primera agrupación estaba el número en la segunda serie, y en la segunda agrupación en la cuarta, se tratará del mismo número que en esta cuarta serie ocupe el segundo lugar.

Del mismo juego existen múltiples variantes, en las cuales fácilmente se descubre el mismo fundamento: ora se lleve a cabo con cartas o con fichas de dominó; ora se aumente el número de series (por ejemplo, cinco series de cinco elementos, o diez series de diez elementos); ora se dé a las series una disposición más o menos caprichosa (por ejemplo, agrupándolas formando una estrella: la estrella adivinatoria), etc.

Número de cerillas contenidas en una caja

28. Fórmese sobre la mesa una fila de seis hojitas de papel, numeradas: 1, 2, 3, 4, 5 y 6 (figura 4).

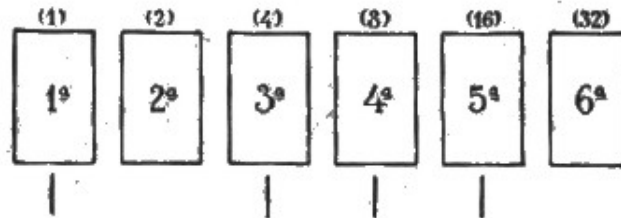


Figura 4

Junto a la primera, amontónense las cerillas de una caja; con la mano izquierda tómesese una cerilla y déjese sobre la hoja número 1; al mismo tiempo, con la mano derecha, tómesese otra cerilla y vuélvase a la caja; repítase la misma operación de poner una cerilla sobre la hoja número 1 y otra cerilla en la caja, hasta que queden agotadas las cerillas o quede una sola, y en este último caso déjese la cerilla sobrante al pie de la hoja número 1.

Váyanse tomando a pares las cerillas colocadas sobre la hoja número 1, y pasando simultáneamente la de la mano izquierda a la hoja número 2 y la de la mano derecha a la caja, prosígase así hasta agotarlas o hasta que quede una suelta, y en este último caso póngase la última cerilla al pie de la hoja número 2.

Pásese de la misma manera la mitad de las cerillas de la hoja número 2 al número 3 y la otra mitad a la caja; y repítase lo mismo de la hoja 3ª a la 4ª y de la 4ª a la 5ª hasta agotar las cerillas. La última cerilla única que quede sobre una hoja se pondrá al pie de la hoja siguiente.

Cerrada la caja, que vuelve a contener casi todas las cerillas, pues sólo quedan en la mesa una, dos, tres, cuatro, cinco o cuando más seis, que se han dejado junto a las hojas de papel, bastará echar un vistazo sobre estas hojas para calcular con exactitud el número total de cerillas que contenía la caja.

En efecto, bastará dar a las hojas 1ª, 2ª, 3ª, 4ª, 5ª y 6ª respectivamente los valores 1, 2, 4, 8, 16, 32 y sumar los valores correspondientes a las hojas a cuyo pie se ha dejado una cerilla indicadora.

Así, en el caso de la figura 4 el número de cerillas será:

$$1 + 4 + 8 + 16 = 29$$

EXPLICACIÓN. La cerilla que hay al pie de la hoja 5ª correspondió junto a la hoja 4ª, a 2 cerillas, junto a la 3ª a 4, junto a la 2ª a 8 y junto a la 1ª, o lo que es lo mismo, en la caja, a 16; la cerilla que existe al pie de la hoja 4ª correspondió junto a la hoja 3ª a 2 cerillas, junto a la 2ª a 4 y junto a la 1ª a 8; la cerilla del pie de la hoja 3ª correspondería junto a la 2ª a 2 y junto a la 1ª a 4; por fin, la cerilla colocada al pie de la 1ª hoja corresponde a la imparidad del número total.

Adivinación de un número por medio de algunas cerillas

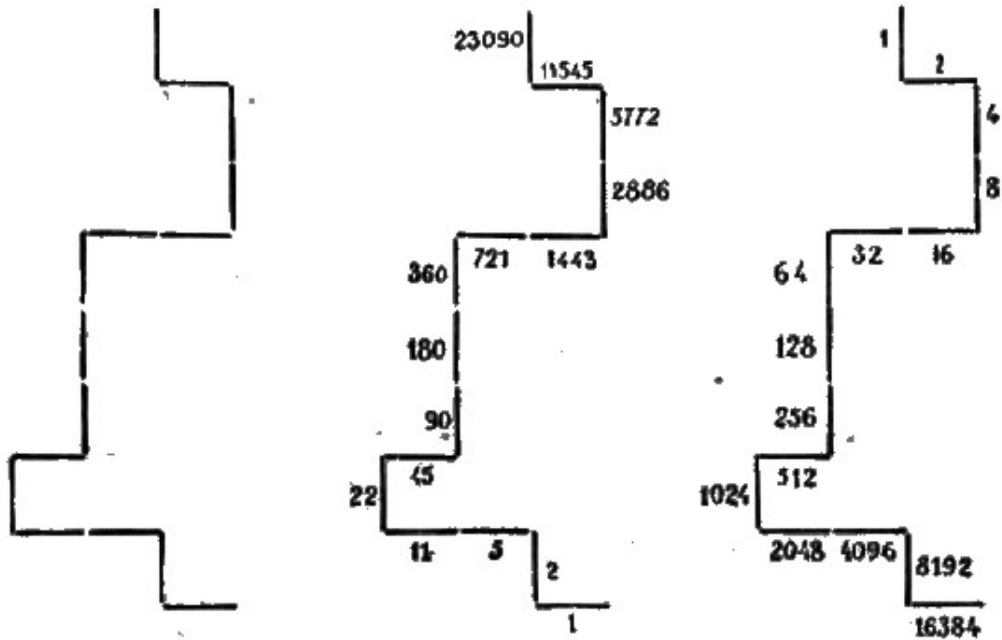
29. Invítese a una persona a escribir ocultamente un número de dos, tres o más cifras; y a que, ocultamente también, lo divida reiteradamente por dos, hasta que obtenga por cociente la unidad, y despreciando siempre las fracciones decimales en los cocientes. Al empezar colocará sobre la mesa una cerilla, verticalmente si el número es par, horizontalmente si es impar, y a cada cociente que obtenga, colocará a continuación de la anterior, una nueva cerilla, vertical si se trata de un número par, y horizontal si se trata de uno impar.

La interpretación de la línea quebrada formada por las cerillas nos permitirá adivinar el número en cuestión.

Sea por ejemplo la línea obtenida la que representa la figura 5.

El último cociente (palillo horizontal) vale 1; el penúltimo debió ser par, por estar vertical el correspondiente palillo y por consiguiente debió valer 2; el antepenúltimo (doble del anterior) debió ser impar (palillo horizontal) y por lo tanto valía $4 + 1 =$

5, etc.; así se llegará con gran rapidez al número primitivo, como está indicado en la figura 6.



Figuras 5, 6 y 7

30. También conduce al mismo fin el siguiente procedimiento (figura 7): a partir de la primera cerilla, y no de la última, váyanse señalando con los números de la conocida serie cuyo primer término es 1 y cada uno de los otros se forma multiplicando el anterior por 2:

1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024, 2048, 4096, 8192, 15384, 32768, etc.

y súmense los números correspondientes a las cerillas horizontales.

Así, en el ejemplo anterior, tendríamos la numeración representada en la figura 7, y sumando

$$16384 + 4096 + 2048 + 512 + 32 + 16 + 2$$

habríamos adivinado el número: 23090.

Problema fácil

31. Un objeto vale cuatro pesetas más la mitad de lo que vale: ¿cuánto vale?

SOLUCIÓN. Si además de la mitad de lo que vale, vale 4 pesetas, esas 4 pesetas serán la otra mitad de lo que vale; por lo tanto vale 8 pesetas.

Algébricamente se habría procedido así:

$$4 + x/2 = x ; 8 + x = 2 x; x = 8$$

Multiplicación rusa

32. Es un notable procedimiento el empleado por algunos pueblos de Rusia para hallar el producto de dos factores.

Uno de los factores se divide reiteradamente por 2, despreciando siempre la parte decimal, hasta llegar a la unidad.

Paralelamente a los cocientes obtenidos, se escriben los productos de multiplicar reiteradamente por 2 el otro factor.

Ejemplo de multiplicación rusa 348 x 57

	Cocientes	Productos	Comentario
	348		57
mitad de 348	174		$2 \times 57 = 114$
mitad de 174	87	$114 \times 2 = 228$	
mitad de 87	43	$228 \times 2 = 456$	
mitad de 43	21	$456 \times 2 = 912$	
mitad de 21	10		$2 \times 912 = 1824$
mitad de 10	5	$1824 \times 2 = 3648$	
mitad de 5	2		$2 \times 3648 = 7296$
mitad de 2	1	$7296 \times 2 = 14592$	
		Resultado =	19836

Se descartan los productos que se correspondan con los cocientes que terminen en cifra par.

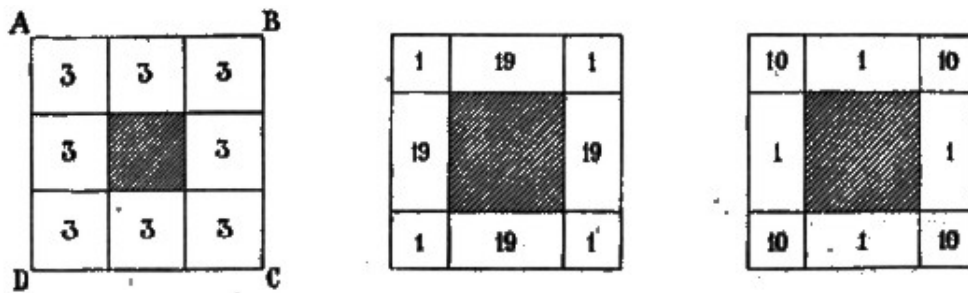
Se suman los restantes productos y se obtiene el producto definitivo de los dos factores propuestos.

Para comprender el fundamento de este modo de multiplicar, tomemos dos números sencillos, por ejemplo, 18 y 7. Un producto no se altera cuando un factor se divide y el otro se multiplica por la misma cantidad; luego el producto pedido es igual al de 9×14 ; pero 9×14 es igual a $8 \times 14 + 14$. Dejemos aparte estas 14 unidades y sigamos con el 8×14 , que es igual a 4×28 , y éste es igual a 2×56 , y éste es igual a 1×112 ; y sumando este 112 al 14 antes destacado, tendremos $112 + 14 = 126$ como valor de 9×14 .

Es decir, la regla de la multiplicación rusa se funda en que un producto no se altera cuando uno de los factores se multiplica por 2, mientras el otro se divide por el mismo número, y en que rebajar una unidad de uno de los factores (esto es lo que se hace despreciando las decimales de los cocientes por 2) equivale a restar del producto el valor del otro factor.

Sumandos repetidos

33. Distribúyanse veinticuatro objetos iguales (por ejemplo, 24 monedas) entre los ocho compartimientos situados a lo largo de los lados del cuadrado de la figura 8; tocarán 3 monedas a cada compartimiento.



Figuras 8, 9 y 10

Si sumamos las monedas correspondientes a los tres compartimientos del lado AB tendremos una suma igual a 9; igual suma darán las monedas de los compartimientos del lado BC, o del DC, o del AD.

Pero obsérvese que así como las monedas de cada uno de los compartimientos centrales han entrado en una sola de las anteriores sumas, las monedas de cada uno de los compartimientos que ocupan los vértices han entrado en dos de las

antedichas sumas. Por lo tanto, si aumentamos en una unidad las monedas que ocupan los compartimientos de los vértices, cada una de las cuatro sumas anteriores resultará aumentada en dos unidades ($4 + 3 + 4 = 11$); y si disminuimos en una unidad el número de monedas de los compartimientos intermedios, el valor de aquellas sumas resultará también disminuido en una unidad ($3 + 2 + 3 = 8$).

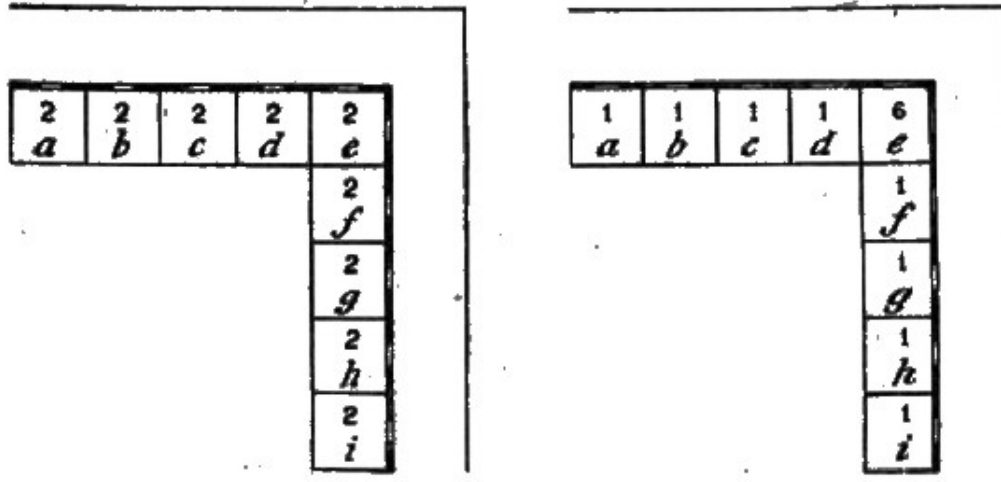
De aquí, que quitando dos monedas de cada uno de los compartimientos centrales (total, se quitan $2 \times 4 = 8$ monedas) y añadiendo una moneda a cada uno de los angulares (en total se agregan $1 \times 4 = 4$ monedas), habremos retirado cuatro monedas del conjunto, y las sumas parciales de las monedas de los tres compartimientos correspondientes a cada lado se habrán mantenido constantes.

34. Esa distribución de objetos en diversos compartimientos se presenta en forma de divertidas cuestiones.

Ora es un bodeguero a quien su criado roba las botellas de una estantería cuadrangular, sin que él advierta la falta a pesar de recontarlas todos los días, por proceder a la cuenta a lo largo de cada lado de la estantería, y no hacer caso de la nueva distribución aparente, con acumulación de botellas en los ángulos. Así, de los estantes de la figura 9 se pueden retirar hasta 36 botellas (figura 10).

Ora es un internado, algunos de cuyos individuos saltando por la ventana, van a correr aventuras por la noche, mientras sus compañeros, distribuyéndose de otra suerte en las habitaciones, burlan a los ayos que se limitan a contar los pensionistas a lo largo de cada corredor, sin advertir que con la acumulación de individuos en las habitaciones extremas, son en mayor número los repetidos en cada cuenta. En este caso es más verosímil la disposición según la figura 11.

Un ayo está encargado de la vigilancia de las habitaciones a, b, c, d, e y otro ayo lo está de las habitaciones e, f, g, h, i. En cada una habitan dos pensionistas: total, 18 pensionistas, de los que el primer ayo cuenta 10 y el segundo también 10, por corresponder a ambos la vigilancia de la habitación e, que tiene doble ventana.



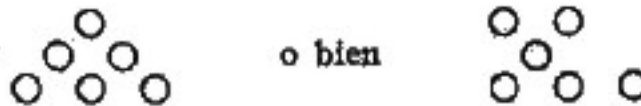
Figuras 11 y 12

Cuatro pensionistas se han marchado, pero distribuyéndose los restantes como indica la figura 12, cada ayo sigue contando hasta 10 y no advierte la falta.

Monedas diversamente ordenadas

35. ¿Cómo se pueden disponer seis monedas de modo que formen tres líneas de a tres?

SOLUCIONES.



36. Distribuir simétricamente doce monedas sobre los cuatro lados de un cuadrado de las tres maneras siguientes:

Primera: de modo que las monedas de cada lado sumen 4.

Segunda: de modo que las monedas de cada lado sumen 5.

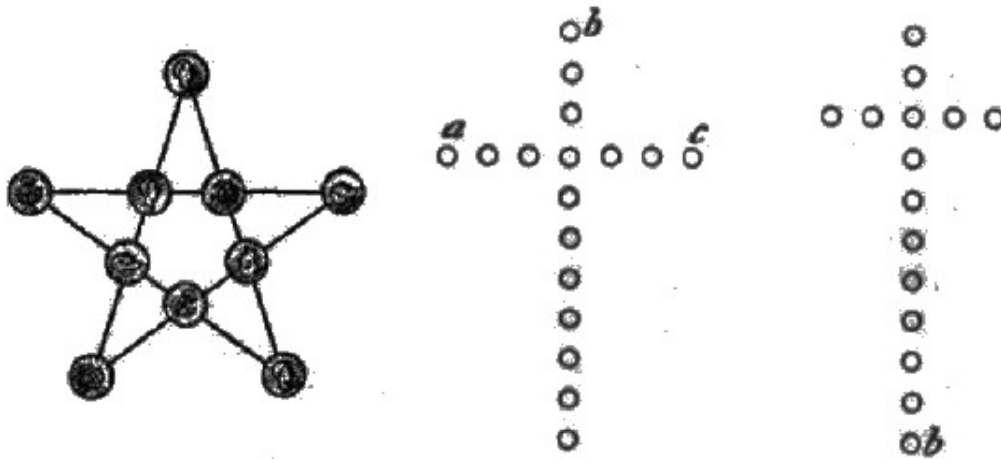
Tercera: de modo que las monedas de cada lado sumen 6. (Véanse los problemas de los números 33 y 34.)

SOLUCIÓN.

Primera	Segunda	Tercera
1 2 1	2 1 2	3 3
2 2	1 1	
1 2 1	2 1 2	3 3

37. Distribuir diez monedas sobre cinco rectas, de manera que a cada recta correspondan cuatro monedas.

SOLUCIÓN. La representada en la figura 13.



Figuras 13, 14 y 15

38. Con diecisiete monedas fórmese una cruz, de manera que desde el pie hasta cada extremo se cuenten once monedas (figura 14). Ahora suprimanse de ella dos monedas, de manera que a pesar de haberse reducido el número total a 15, se tenga todavía una cruz y se sigan contando once monedas desde el pie a cada uno de los extremos.

SOLUCIÓN. Se suprimen las monedas a y c y se pasa la moneda b al pie de la cruz (figura 15).

Conócese este problema con el nombre de tila cruz de perlas».

Prueba de sumar

39. Súmanse las cifras de cada sumando y las de la suma, y a medida que se suman se va restando 9 cada vez que se obtenga una cantidad mayor que este número; al lado del sumando y de la suma se escribe el correspondiente número final, evidentemente menor que nueve.

Súmanse de igual manera los números finales correspondientes a los distintos sumandos y se obtiene otro número A menor que 9; este número A debe ser igual que el correspondiente a la suma, si ésta es verdadera.

EJEMPLO.

$$\begin{array}{r}
 8422 \qquad \qquad \qquad 7 \\
 + 428367 \qquad \qquad \qquad 3 \\
 + 28430 \qquad \qquad \qquad 8 \\
 + 89921 \qquad \qquad \qquad 2 \\
 + 642908 \qquad \qquad \qquad 2 \\
 + 2492 \qquad \qquad \qquad 8 \\
 \hline
 1200540 \qquad \qquad \qquad \underline{3 = 3}
 \end{array}$$

El número 7, correspondiente al primer sumando, se ha obtenido así:

$$8 + 4 = 12; 12 - 9 = 3; 3 + 2 = 5; 5 + 2 = 7.$$

El número 3, correspondiente al segundo sumando, se ha obtenido así:

$$4 + 2 = 6; 6 + 8 = 14.; 14 - 9 = 5; 5 + 3 = 8; 8 + 6 = 14; 14 - 9 = 5; 5 + 7 = 12; 12 - 9 = 3.$$

Análogamente se han obtenido también los números 8, 2, 2 y 8 correspondientes a los sumandos 3°, 4°, 5° y 6°, el número 3 correspondiente a la suma que se comprueba y el 3 correspondiente a la suma de los seis números 7, 3, 8, 2, 2 y 8 procedentes de los distintos sumandos.

La prueba de sumar que acabamos de describir se funda en una regla de divisibilidad que dice: un número es divisible por 9 cuando lo es la suma de los

valores absolutos de sus cifras, y en el caso de no serlo, el resto que da esta suma al dividirse por 9 es igual al resto que daría el número propuesto dividido por 9.

En el ejemplo anterior 7 es el resto de la división por 9 del primer sumando; 3 es el resto del segundo; 8 lo es del tercero; 2 lo es del cuarto; 2 lo es del quinto y 8 lo es del sexto. Además 3 es el resto de la división por 9 de la suma de aquellos restos. Luego 3 ha de ser también el resto de la división por 9 de la suma total.

Por lo tanto, si en la suma total hay una cifra equivocada, el resto de la división por 9 no será igual al resto de la suma de restos de los sumandos, a no ser que la equivocación de la cifra o la suma de las equivocaciones de las varias cifras equivocadas, valga 9 ó un múltiplo de 9.

De aquí resulta que esta prueba no es rigurosamente segura, pues es probable que falle el 10 % de las veces que se aplique sobre sumas equivocadas. Pero por su sencillez no deja de prestar valiosos servicios en «casos de urgencia».

Contabilidad rudimentaria

40. Preguntáronle a un pastor cuántas eran las ovejas que guardaba, y el pastor contestó: — No lo sé fijamente, porque apenas sé contar; pero contándolas de dos en dos me sobra una, contándolas de tres en tres, también sobra una; y asimismo sobra una si las cuento de cuatro en cuatro, o de cinco en cinco, o de seis en seis; pero contándolas de siete en siete no sobra ninguna. ¿Qué número de cabezas formaba el rebaño?

SOLUCIÓN. Desde luego ha de ser múltiplo de siete el número buscado, y por lo tanto será uno de los números de la serie

7, 14, 21, 28, 35, 42, 49, 56, 63, 70, 77, 84, 91, 98, 105, 112, etc.

Más debiendo ser número impar (ya que contando dos a dos, sobra una), la serie quedará reducida a la mitad:

7; 21; 35; 49; 63; 77; 91; 105; etc.

Pero ha de ser también múltiplo de 5, más 1, y por lo tanto ha de acabar en 6 ó en 1; y excluido el 6 por ser par, necesariamente ha de terminar en 1; así la serie anterior queda reducidísima:

$$21; 91 (= 21 + 70); 161 (= 21 + 2 \times 70) \dots \text{etc.}$$

El número buscado ha de ser múltiplo de cuatro, más uno; por lo tanto, cumpliendo esta condición 21, la cumplirán sólo aquellos términos de la serie anterior cuyo otro sumando sea exactamente múltiplo de 4; no siéndolo 70, lo serán 2×70 , 4×70 , etc.

La serie queda reducida a estos términos:

$$21; 21+2 \times 70; 21 + 4 \times 70; 21 + 6 \times 70; \text{etc.}$$

o sea

$$21; 21 + 140; 21 + 2 \times 140; 21 + 3 \times 140.$$

Por fin, el número buscado, ha de exceder en una unidad a un múltiplo de 6; pero siendo 21 igual a un múltiplo de 6 más 3 (pues $21 = 18 + 3$), el otro sumando ha de ser un múltiplo de 6 más 4; y siendo 140 igual a un múltiplo de 6 más 2, 2 por 140 será un múltiplo de 6 más 4, y el número buscado será:

$$2 \times 140 + 21 = 280 + 21 = 301.$$

OTRA SOLUCIÓN. Siendo 60 el mínimo común múltiplo de 2, 3, 4, 5 y 6, el número buscado será uno de los de la serie:

$$60 + 1; 2 \times 60 + 1; 3 \times 60 + 1; 4 \times 60 + 1, \text{etc.}$$

debiendo elegirse entre ellos el que sea múltiplo de 7; pero siendo 60 igual a un múltiplo de 7 más 4 (pues $60 = 56 + 4$) y representando un múltiplo de siete por el signo $\tilde{7}$ podremos escribir:

$60 = 7 + 4$	y por lo tanto	$60 + 1 = 7 + 5$
$2 \times 60 = 7 + 8 = 7 + 1$	"	$2 \times 60 + 1 = 7 + 2$
$3 \times 60 = 7 + 12 = 7 + 5$	"	$3 \times 60 + 1 = 7 + 6$
$4 \times 60 = 7 + 2$	"	$4 \times 60 + 1 = 7 + 3$
$5 \times 60 = 7 + 6$	"	$5 \times 60 + 1 = 7 + 7 = 7$

luego el mínimo número que cumple la condición impuesta es

$$5 \times 60 + 1 = 301$$

En los Problemas de *Bachet* (1612), el pastor con su rebaño está substituido por una vendedora con su cesta de huevos.

Por la línea del Pacífico

41. Por la vía férrea del Pacífico, que une a Nueva York con San Francisco de California (figura 16), circulan los trenes directos entre las dos capitales, que salen de una y otra todos los días a las siete de la mañana y emplean siete días en el trayecto. Se pregunta: el directo que hoy sale de Nueva York ¿con cuántos directos se cruzará en el camino?



Figura 16

A primera vista es posible que conteste el interpelado que puesto que el viaje dura siete días y cada día sale de San Francisco un tren, el directo de Nueva York a San Francisco se cruzará con siete directos de San Francisco a Nueva York. Mas contestando así, se olvidan los trenes que a la hora en que salió el de Nueva York estaban en la línea por haber salido de San Francisco en días anteriores.

La trepa del caracol

42. Lentamente, lentamente, va trepando un caracol por el tronco de una parra deseoso de catar unos pámpanos muy tiernos; mas por ser la primera vez que se aventura por tan escabroso camino, el caracol es muy cauto, de vez en cuando desanda gran parte de lo andado y vuelve luego a emprender el avance. Así, cada hora adelanta cuatro metros y retrocede tres. Aquellos deseados pámpanos distan veinte metros; ¿cuánto tardará el caracol en alcanzarlos?

De ordinario, aquel a quien se ha planteado este problema, lo resuelve a la ligera, diciéndose: si cada hora el caracol avanza 4 metros y retrocede 3, el avance real queda reducido a 1 metro, y siendo de 20 metros la distancia de los pámpanos, el animal tardará 20 horas en alcanzarlos. Olvida que al empezar la hora 17^a el caracol se encontrará a 4 m de los pámpanos, y por lo tanto, los alcanzará al avanzar los 4 m correspondientes a dicha hora, aunque luego, si quiere, retroceda los 3 metros que a la misma hora 17^a corresponden. Esto lo demuestra con claridad el siguiente cuadro:

en la hora	1 ^a	llega a	4 m	y retrocediendo 3 m queda a	1 m
"	2 ^a		5 m	"	2 m
"	3 ^a		6 m	"	3 m
"	4 ^a		7 m	"	4 m
"	5 ^a		8 m	"	5 m
...
"	15 ^a		18 m	"	15 m
"	16 ^a		19 m	"	16 m
"	17 ^a		20 m	"	17 m

Análoga es la cuestión siguiente: Un sastre corta cada minuto 1 metro de una pieza de tela de 10 metros. ¿Cuántos minutos empleará en tenerla completamente cortada? Claro está: no diez minutos sino sólo nueve.

El canal estrecho

43. Para que sean posibles los cruces en un canal estrecho por el que sólo puede pasar un buque, existe en una de sus orillas un ancón o pequeña ensenada: dos buques que marchan en sentido opuesto se cruzan entrando el uno en el ancón y marchando el otro en línea recta.

Mas ¿cómo proceder cuando lleguen frente a la ensenada dos buques en un sentido y otros dos en sentido contrario (figura 17), no cabiendo en la ensenada más que un buque?

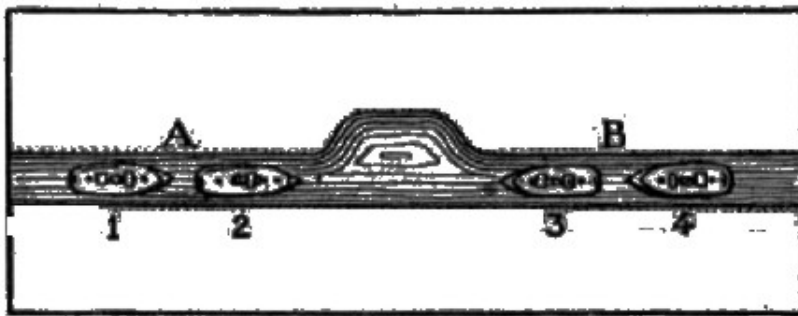


Figura 17

SOLUCIÓN. El buque 2 penetra en la ensenada, el 1 retrocede un poco: 3 y 4 pasan en línea recta a A; 2 pasa a B; 3 y 4 retroceden a B; 2 entra en la ensenada; 3 y 4 pasan en línea recta a A y prosiguen su camino; 1 pasa a B y 1 y 2 prosiguen su camino.

El mismo problema puede plantearse para un desvío de línea férrea (**44**), para una calle estrecha, etc.

Cruce de trenes

44. En una estación de ferrocarril de tercero o cuarto orden, existe para el cruce de los trenes un corto desvío, en el cual caben, a lo sumo, una máquina con su tender

y cinco vagones. Mas un día han de cruzarse allí dos trenes formados de diez vagones cada uno; ¿cómo será posible el cruce?

SOLUCIÓN. La máquina del tren número 1 y cinco vagones del mismo pasan al desvío. A continuación el tren número 2 pasa por entero por la vía directa hasta unirse con los cinco vagones restantes del tren número 1.

La máquina y los cinco vagones del tren número 1 que habían quedado en el desvío pasan a la vía que ha dejado libre el tren número 2.

El tren número 2, unido a los cinco vagones de cola del tren número 1, retrocede, pasando por el desvío, deja en él los cinco vagones del tren número 1 y sigue avanzando hasta hallarse en la vía de donde procede, en la cual se encuentra ya la primera porción del tren número 1.

El tren número 2 avanza hacia la vía, libre ya, de donde procede el tren número 1; y la máquina del número 1 con los cinco vagones primeros, recoge en el desvío sus cinco vagones de cola para proseguir su camino.

Claro está que de análoga manera, con sólo aumentar el número de idas y vueltas de los trenes, podrían cruzar, por el mismo desvío, trenes de mayor número de vagones.

Otro problema ferroviario

45. Estamos de maniobras. De la vía parten dos ramales que terminan en un recinto R donde cabe solamente un vagón (figura 18), y no una máquina.

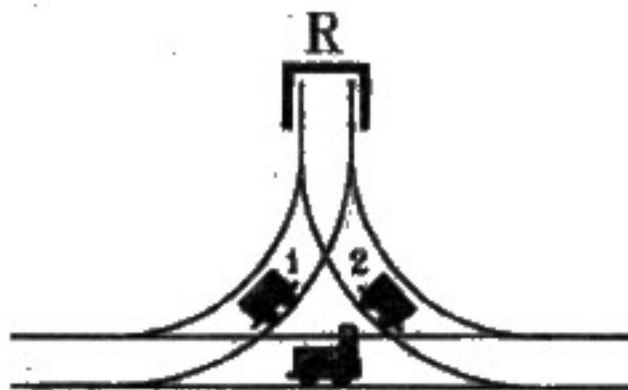


Figura 18

En cada ramal hay un vagón y en la vía general una locomotora. Con ésta se ha de pasar el vagón número 1 al sitio del vagón número 2, y el vagón número 2 al sitio del vagón número 1.

SOLUCIÓN. Véase la figura 19, a, b, c, d, e, f, g.

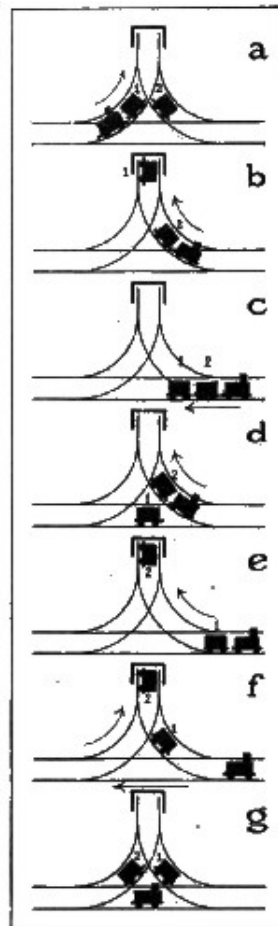


Figura 19

El pastor, el lobo, la oveja y unas berzas

46. Iba un pastor camino del pueblo con una oveja, un cesto lleno de berzas y un lobo al que había logrado dar caza. Mas hallando crecido el río que pensaba vadear, se vio obligado a utilizar, para atravesarlo, una barquita tan ligera, que sólo podía sostenerle a él y uno de sus acompañantes: el lobo, la oveja o el cesto. Debía, por lo tanto, conducirlos uno a uno a la otra orilla, mas entonces, cualquiera que fuera el primero en pasar, el lobo, el cesto o la oveja, no podía evitar que quedaran solos,

en una u otra orilla, la oveja junto a las berzas, o el lobo junto a la oveja, con lo cual la oveja se comería las berzas, o el lobo devoraría la oveja.

Meditando, resolvió el problema: pasó primero la oveja a la otra orilla (quedando juntos lobo y berzas), volvió por el lobo; dejó a éste en la orilla opuesta y volvió con la oveja; dejó a ésta en la primera orilla y llevó el cesto a la opuesta (quedaron otra vez juntos lobo y berzas, pero esta vez en la otra parte del río) y volvió por la oveja.

Del mismo problema circulan gran número de variantes, con idénticos o distintos personajes, en las que también se han reflejado muchas veces las pasiones humanas.

Su origen es antiquísimo; hállese por primera vez con el título «*De homine et capra et lupo*» en una obra atribuida a Alcuino, el sabio inglés amigo y maestro de Carlomagno y de su corte (siglo IX).

Los maridos celosos

47. Análogo al anterior es el problema de los tres maridos celosos; también parece provenir de Alcuino (siglo IX) y aun se le había atribuido mayor antigüedad por hallarse descrito en unos versos latinos que se creyeron del siglo de oro y parecen ahora ser sólo del siglo X. He aquí cómo lo expone (1612) Bachet:

«Tres maridos celosos se hallan de noche con sus mujeres junto a un río que han de atravesar contando sólo con un barquichuelo, sin barquero, tan pequeño que sólo tiene cabida para dos personas; se pregunta cómo van a pasar esas seis personas de dos en dos, de modo que en ningún caso quede mujer alguna en compañía de uno o de dos hombres, no siendo uno de ellos su marido.»

Designando los maridos por A, B y C, y las respectivas mujeres por a, b y c, es fácil resolver este problema con seis idas y vueltas, pasando las personas dos a dos, con recurso parecido al utilizado en el problema anterior.

48. En su *Trattato di Aritmetica* parece que Tartaglia (1556) había señalado la posibilidad de resolver el mismo problema con cuatro maridos y cuatro mujeres pasándolos dos a dos. Pero Bachet hizo constar que el problema es imposible, y esta imposibilidad la razona Labosne (1879) así: *Observemos que a cada paso el*

número de personas pasadas sólo puede aumentar en una unidad; pues bien: admitamos que se hayan llegado a pasar 5 personas, cumpliendo la condición impuesta: estas 5 personas serán 4 mujeres y 1 hombre, ó 3 mujeres y 2 hombres, ó 2 mujeres y 3 hombres; ó 1 mujer y 4 hombres.

Hay que descartar desde luego los casos primero y segundo, Porque en uno y otro habría alguna mujer que se hallaría con un hombre y sin su marido; también hay que descartar el tercer caso, porque uno de los maridos tendría a su mujer en la otra orilla en compañía de otro hombre. En cuanto al último caso, de verificarse habría que admitir que el último paso se ha verificado con 2 hombres o bien con 1 hombre y una mujer: pero no puede ser con 2 hombres, porque entonces habrían estado juntos en la otra orilla 2 hombres y 3 mujeres, lo cual ya hemos visto que no era admisible; y tampoco han podido trasladarse 1 hombre y una mujer, porque habría habido en la otra orilla 1 hombre y 4 mujeres, lo cual también es contrario a la condición impuesta.

49. El problema de las cuatro parejas resulta posible si se admite que en la barca caben tres personas¹; he aquí la serie de pasos:

1. Pasan tres mujeres (a, b, c); vuelve una (por ejemplo, a) con la barca.
2. Pasan dos mujeres (a y d); vuelve una (por ejemplo, a) con la barca.
3. La última queda con su marido (A, a); pasan los otros 3 hombres (B, C, D), vuelve un hombre con su mujer (por ejemplo, B, b).
4. Pasan los dos hombres y una mujer (B, B, b); vuelve el hombre (A) cuya mujer quedó en la otra orilla o una cualquiera de las mujeres (por ejemplo, b) .
5. Pasan las dos mujeres (a, b) o la última pareja (A, a).

Los tres fugitivos

50. Tres fugitivos, personas mayores, llegaron a la orilla de un caudaloso río; para atravesarlo no había puentes ni barcas: sólo una lancha pequeñísima, ocupada por dos niños.

¹ En general: siendo n el número de parejas, el problema es posible con pasos de $n - 1$ individuos.

Era tan pequeña la lancha que no podía sostener más que dos niños o una persona mayor: de ninguna manera dos personas mayores o una de ellas y un niño. ¿Cómo se las compondrían los fugitivos para pasar el río?

SOLUCIÓN. Los dos niños pasan el río; uno de ellos se queda en la orilla opuesta; el otro vuelve solo y deja la barca a un fugitivo. Éste atraviesa el río y se queda en la otra orilla: el niño que en ella se encontraba vuelve con la barca.

Vuelven a atravesar el río los dos niños, quédase uno y retrocede el otro; deja la barca al segundo pasajero; éste pasa el río y vuelve con la barca el niño que había quedado en la otra orilla.

De igual manera pasa el tercer fugitivo, y pasaría un cuarto si lo hubiese.

En el desierto

51. Dos árabes en el desierto, habiéndose detenido un momento para almorzar, vieron acercarse a ellos un peregrino hambriento; compadecidos, repartieron con él sus modestísimas provisiones. Cinco panes llevaba uno de ellos y tres el otro. Los ocho panes fueron exactamente repartidos entre los tres comensales. El peregrino, al despedirse de los árabes les entregó, agradecido, ocho ducados; pero los árabes, al tratar de distribuírse los tropezaron con discrepancias: el que había contribuido con tres panes opinaba que a él le correspondían tres ducados; el que había contribuido con cinco panes sostenía que le correspondían más de cinco ducados. ¿Quién estaba en lo cierto?

SOLUCIÓN.

Habiéndose repartido exactamente los 8 panes entre los tres comensales, cada comensal había comido $2\frac{2}{3}$ panes. Luego el que llevaba 3 panes sólo había cedido $\frac{1}{3}$ al peregrino, mientras que el que llevaba 5 panes le había dado $2\frac{1}{3}$ panes. Luego los 8 ducados no debían dividirse en la proporción de 5 a 3, sino en la de $2\frac{1}{3}$ a $\frac{1}{3}$, o sea en la de 7 a 1. El árabe de los 5 panes debía quedarse con 7 ducados y el de los 3 panes con 1 ducado.

Hay diversas variantes en este problema, en que se substituyen los personajes y los números: 3, 2 y 5 en vez de 5, 3 y 8. El origen es muy probablemente árabe, pues se halla en la cosmografía de Kazwini (siglo XIII).

Las doce y media... ;sereno!

52. Es de noche; absorbidos en el trabajo, solos en el gabinete, consultamos el reloj, pero habiéndosele acabado la cuerda, lo hallamos parado; ¿qué hora será? Afortunadamente, en este momento pasa el sereno y canta: ¡Las doce y media!... ¡sereno!... y aprovechamos la ocasión para dar cuerda a nuestro reloj y ponerlo en hora... mas ¿en qué hora? Porque es de advertir que el sereno cantará las doce y media desde el momento que éstas dieron hasta que den los tres cuartos para la una, ya que en su canción no tiene en cuenta los minutos.

Si ponemos el reloj precisamente en las doce y media nos exponemos, pues, a cometer un error de 15 minutos, ya que pueden estar a punto de sonar los tres cuartos; el mismo error podemos cometer si ponemos el reloj en la una menos cuarto, ya que es posible que al cantar el sereno acabase de dar la media.

SOLUCIÓN. Pondremos el reloj en las doce y treinta y siete minutos y medio, y así el máximo error posible será de siete minutos y medio (E. Barrau).

Espanoles de igual número de cabellos

53. ¿Cuántos españoles tienen igual número de cabellos? A primera vista, no es este problema fácil de resolver: pero si dejándonos de prevenciones nos decidimos a plantearlo, pronto observaremos que la dificultad era sólo aparente.

¿Qué datos se necesitan? En primer lugar, saber el número de españoles: según los últimos censos, la población de España es de unos 20 000 000 de habitantes.

En segundo lugar, conocer el número máximo y el mínimo de cabellos que un español puede ostentar u ocultar en su cabeza: el número mínimo es evidentemente cero (calvicie absoluta); el número máximo, según los técnicos, es de 200 000. De aquí que los números posibles de cabellos sean 1, 2, 3, 4..., etc., hasta 200 000; es decir, 200 000 números.

De modo que ordenando todos los españoles con arreglo al número de sus cabellos, podremos formar 200 000 grupos (1^{er} grupo: españoles de un cabello; 2^o grupo: españoles de 2 cabellos...; 1 000^o grupo: españoles de 1 000 cabellos...; 1 589^o grupo: españoles de 1589 cabellos...; 200 000.^o grupo: españoles de 200 000 cabellos).

Si todos estos grupos son igualmente numerosos, cada uno de ellos comprenderá $20\ 000\ 000 : 200\ 000 = 100$ españoles. Si existe algún grupo menos numeroso, forzosamente existirá un grupo más numeroso. Por consiguiente: el número de españoles que poseen igual número de cabellos es por lo menos de 100.

Las manzanas del rey

54. Se trata de una antigua cuestión; dicese que un rey de Francia ensayaba con ella la perspicacia de sus embajadores.

Mostrábales un plato lleno de arena en la cual asomaban dos manzanas (figura 20).

— ¿Cuántas manzanas hay? — preguntaba
— y al contestarle el interpelado que veía dos, — ¡No hay tal! — le contestaba, y levantando una de ellas mostrábale que le faltaba la mitad, es decir, que la porción que parecía hundida en la arena no existía.

Me precipité: ¡no hay más que una!

Y os habéis vuelto a precipitar — añadía el rey, al tiempo que separaba de la arena la segunda manzana y aparecía entera a los ojos del engañado diplomático.



Figura 20

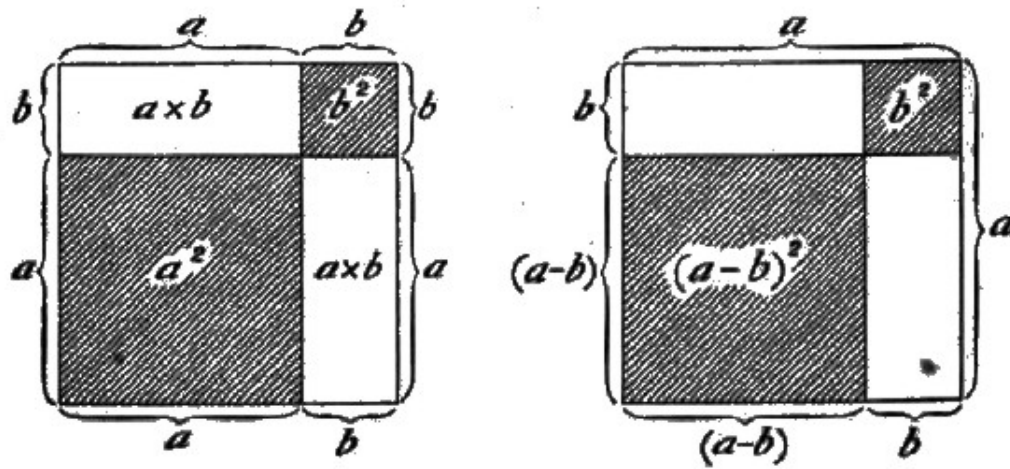
Demostraciones gráficas de teoremas de Aritmética y Álgebra

55. Basta saber que el área de un cuadrado es igual al cuadrado de su lado, y que la de un rectángulo es igual a su base por su altura, para comprender las siguientes demostraciones gráficas de unos teoremas de mucha utilidad en Aritmética y en Álgebra.

1. El cuadrado de la suma de dos números es igual al cuadrado del primero, más el doble producto del primero por el segundo, más el cuadrado del segundo, o sea:

$$(a + b)^2 = a^2 + 2ab + b^2.$$

DEMOSTRACIÓN. Véase la figura 21.



Figuras 21 y 22

2. El cuadrado de la diferencia de dos números es igual al cuadrado del primero, menos el doble producto del primero por el segundo, más el cuadrado del segundo, o sea:

$$(a - b)^2 = a^2 + b^2 - 2ab$$

DEMOSTRACIÓN. Véase la figura 22.

3. La suma por la diferencia de dos números es igual a la diferencia de sus cuadrados, o sea:

$$(a + b) \cdot (a - b) = a^2 - b^2.$$

DEMOSTRACIÓN. Véase la figura 23.

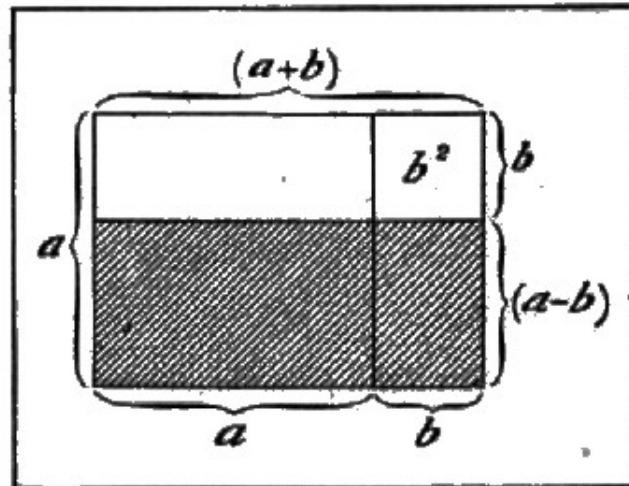


Figura 23

Cálculo rápido del cuadrado de un número de dos cifras

56. Se trata de la aplicación del conocido teorema: la diferencia entre los cuadrados de dos números, es igual a la suma de los mismos por su diferencia **(55)**.

Supongamos que se trate de calcular el cuadrado de 63, es decir, de obtener el producto

$$63 \times 63.$$

Lo que prolongará la operación será el tener que obtener primero el producto de 63 por 3, luego el producto de 63 por 6 y sumar convenientemente los dos productos parciales. Claro está que la operación resultaría en gran manera simplificada, si uno de los dos factores fuese un número redondo, es decir, terminado en cero.

Siendo el número redondo más próximo a 63 el número 60, restaremos 3 del primer factor 63 y agregaremos 3 al segundo factor y calcularemos el producto de

$$60 \times 66 = 3960$$

pero este producto es el de la suma de 63 y 3 por la diferencia de los mismos números; luego es igual a su diferencia de cuadrados

$$3\ 960 = 63^2 - 3^2,$$

y por lo tanto bastará sumar $3^2 = 9$ a 3960 para obtener el cuadrado de 63:

$$63^2 = 3960 + 9 = 3969$$

Otro ejemplo: búsqese el cuadrado de 38: el número redondo más próximo es 40; multiplicaremos

$$40 \times 36 = 1440,$$

y al número obtenido agregaremos el cuadrado de 2:

$$1440 + 4 = 1444.$$

Demostraciones sofisticas

57. Entre los estudiantes de matemáticas es muy frecuente proponerse desarrollos de Álgebra o Geometría, que a través de una serie de transformaciones, al parecer impecables, conduce a las consecuencias más disparatadas.

El secreto de tales dislates consiste casi siempre en la división o multiplicación por cero de los dos miembros de una igualdad convenientemente preparada. Claro está que el cero ha de estar disfrazado en forma de diferencia entre dos números iguales.

A veces se fundan también en la igualación de las dos raíces cuadradas (positiva y negativa) del mismo número.

A continuación figuran algunos ejemplos de semejantes extravíos matemáticos, a los que puede servir de tipo el siguiente, intencionadamente burdo:

Demostrar que 13 es igual a 27.

$$0 \times 13 = 0 \times 27; 5 - 5 = 0$$

$$(5 - 5) \times 13 = (5 - 5) \times 27$$

dividiendo ambos miembros por el factor común $5 - 5$:

$$13 = 27$$

Hemos querido en este primer ejemplo poner muy de manifiesto lo incorrecto de la demostración.

58. Un número pequeño cualquiera, que designaremos por p , es igual a un número grande cualquiera, que designaremos por g . Llamemos d a la diferencia entre los dos números

$$g - p = d$$

y multipliquemos los dos miembros de esta igualdad por $(g - p)$

$$(g - p) \cdot (g - p) = d (g - p)$$

Verificando las operaciones indicadas:

$$g^2 - gp - gp + p^2 = dg - dp;$$

cambiando de miembro gp , dg y p^2 :

$$g^2 - gp - dg = gp - p^2 - dp;$$

separando en el primer miembro el factor común g y en el segundo el factor común p , tendremos;

$$g (g - p - d) = p (g - p - d)$$

y dividiendo ambos miembros por $(g - p - d)$:

$$g = p$$

como queríamos demostrar.

Obsérvese que esta demostración adolece del mismo vicio que la del párrafo anterior, por ser igual a cero la cantidad $g - p - d$ por la cual dividimos a última hora ambos miembros.

59. ¿Cuatro es igual a cinco? Partamos de esta identidad:

$$-20 = -20$$

que podemos escribir en esta forma

$$16 - 36 = 25 - 45$$

o bien

$$4^2 - 4 \times 9 = 5^2 - 5 \times 9$$

Y aun

$$4^2 - 2 \times 4 \times 9/2 = 5^2 - 2 \times 5 \times 9/2$$

y sumando esta igualdad con la siguiente

$$(9/2)^2 = (9/2)^2$$

Tendremos

$$4^2 - 2 \times 4 \times 9/2 + (9/2)^2 = 5^2 - 2 \times 5 \times 9/2 + (9/2)^2$$

Pero el primer miembro no es más que el desarrollo de

$$(4 - 9/2)^2$$

y el segundo el desarrollo de

$$(5 - 9/2)^2;$$

por consiguiente,

$$(4 - 9/2)^2 = (5 - 9/2)^2$$

y extrayendo la raíz cuadrada de ambos miembros,

$$4 - 9/2 = 5 - 9/2$$

$$4 = 5$$

La trampa está en el paso de la igualdad antepenúltima a la última: pues siendo

$$4 - 9/2 = 4 - 4 \frac{1}{2} = - \frac{1}{2} \text{ y } 5 - 9/2 = 5 - 4 \frac{1}{2} = + \frac{1}{2}$$

es verdad que

$$(- \frac{1}{2})^2 = (+ \frac{1}{2})^2$$

porque

$$(- \frac{1}{2})(- \frac{1}{2}) = (+ \frac{1}{2})(+ \frac{1}{2})$$

pero no es verdad que $- \frac{1}{2}$ sea igual a $+ \frac{1}{2}$.

En general: a^2 lo mismo puede ser el cuadrado de $+a$ que el de $-a$; pero esto no prueba que $+a$ sea igual a $-a$. Véase también el párrafo **108**.

Aquiles y la tortuga

60. Es curioso el célebre sofisma de Zenón (siglo V a.C.): Aquiles, el de los pies ligeros, está persiguiendo a una tortuga. Nos hallamos en el momento en que entre Aquiles y la tortuga existe la distancia de un estadio. Aquiles avanza, supongamos, diez veces más rápidamente que la tortuga, de manera que cuando Aquiles haya

recorrido el estadio que le separa ahora de la tortuga, ésta habrá avanzado una décima de estadio.

Mas cuando Aquiles haya recorrido esa décima de estadio, la tortuga, habiendo a su vez avanzado la décima parte que Aquiles, se encontrará a una centésima de estadio de Aquiles; y cuando el héroe haya avanzado esa centésima de estadio, tendrá el reptil a una milésima de estadio... y así sucesivamente.

Consecuencia: ¡no puede Aquiles alcanzar a la tortuga!

Para demostrar la falsedad de esta conclusión, basta formular la pregunta así; ¿cuánto tardará Aquiles en alcanzar a la tortuga?



Figura 24

Si en recorrer 1 estadio Aquiles emplea 1 minuto, en alcanzar a la tortuga empleará

$$1 + 1/10 + 1/100 + 1/1000 + 1/10000 + 1/100000 + 1/1000000 + \dots \text{ minutos}$$

suma de infinito número de términos, que forman una serie rápidamente convergente. El valor de esa suma de infinito número de términos es

$$\frac{1}{1 - \frac{1}{10}} = \frac{10}{9}$$

Luego Aquiles tardará en alcanzar a la tortuga 10/9 de minuto.

Otra forma del mismo sofisma: el pájaro y la flecha.

Números grandes

61. La distancia de las más remotas estrellas a la tierra, expresada en kilómetros, es de

189 216 000 000 000 ;

expresada en milímetros, es de

189 216 000 000 000 000 000

expresada en millonésimas de milímetro, es de

189 216 000 000 000 000 000 000 000 .

62. El número de vibraciones del color violeta es, por segundo,

800 000 000 000 000,

y por año, 25 228 800 000 000 000 000 000 ,

y por siglo, 2 522 880 000 000 000 000 000 000 .

63. La presión atmosférica normal vale 1,033 kg por centímetro cuadrado, o sea 10 330 000 000 kg por kilómetro cuadrado.

Siendo de 510 000 000 de kilómetros cuadrados la superficie del globo terráqueo, el valor total de la presión del aire sobre la tierra, será de

5 268000 000 000 000 000 kg

o sea de

5 268 000 000 000 000 000 000 000 mg

Más adelante **(70)** se tratará de un número ante el cual palidecerán los anteriores.

64. Suponiendo que una persona llegue a contar 100 unidades por minuto, ¿qué tiempo necesitaría para contar un millón, y cuánto para contar un millón de millones? La sorpresa del resultado compensa el trabajo de proceder a este sencillo cálculo.

Números chicos

65. El espesor de los panes de oro empleados por los doradores es de $1/25000$ mm. El espesor mínimo hallado en las burbujas de jabón es de $0,000\ 000\ 0121$ metros. Pero los números más pequeños, correspondientes a valores reales, hay que buscarlos en los dominios de la óptica y de la química para exponer los valores de las longitudes de onda, de los pesos de los átomos y de las cargas de los electrones.

Junto a un montón de piedras

66. Colocar un centenar de piedras, en línea recta y con intervalos de dos metros entre cada dos sucesivas y entre la primera y el montón de que se saquen (total 200 metros), parece ser cosa de poco tiempo y de poca monta. Mas impóngase la condición de trasladar las piedras una por una y la operación resultará pesada.

La colocación de la primera piedra supondrá un trayecto de 2 metros a la ida y 2 metros a la vuelta: total, 4 metros.

La de la segunda un trayecto de $2 \times 4 = 8$ metros.

La de la tercera un trayecto de $2 \times 6 = 12$ metros.

La de la centésima un trayecto de $2 \times 200 = 400$ metros.

Y en total el trayecto recorrido será:

$$2 (2 + 4 + 6 + 8... + 200)$$

o sea

$$2 \times 100 \times 101 = 2 \times 10100 = 20200 \text{ metros}$$

es decir, la ordenación de las 100 piedras supone recorrer más de veinte kilómetros.

El tablero de ajedrez

67. Refiere una antigua leyenda persa (siglo IX) que el inventor del juego de ajedrez, en la India, pidió por su invento, a invitación del rey, el siguiente premio:

Un grano de trigo por la primera casilla del tablero, dos por la segunda, cuatro por la tercera, ocho por la cuarta, etc. Consintió el rey en otorgarle ese premio y para su entrega mandó por un saco de trigo. Mas pronto advirtió que éste no bastaba, como tampoco habría bastado todo el trigo de su reino.

En efecto, la suma de los 64 términos de la serie

<u>Casilla N°</u>	<u>Granos</u>	<u>Casilla N°</u>	<u>Granos</u>
1	1	13	4096
2	2	14	8192
3	4	15	16384
4	8	16	32768
5	16	17	65536
6	32	18	131072
7	64	19	262144
8	128	20	524288
9	256	21	1048576
10	512	22	2097152
11	1024
12	2048

es igual a 18 446 744 073 709551 615. Y como un kilogramo de trigo está formado aproximadamente por 21 000 granos, tendremos en aquel número de granos un peso que escapa a la imaginación.

Convertida toda España en fértil campo, necesitaríanse para producir tal cantidad las cosechas de 25 000 años; y esparciendo todo aquel grano por la superficie de la tierra, la cubriría enteramente formando una capa de más de 5 metros de espesor.

El condado de Castilla

68. El Romancero español señala el siguiente origen a la independencia del condado de Castilla en el siglo X. Habiendo el rey Sancho I de León mostrado deseos de poseer un hermoso caballo y un azor del conde Fernán González de Castilla, quiso éste regalárselos, mas el rey sólo los aceptó señalándoles un elevado precio y fijando para pagarlo un plazo, pasado el cual, por cada día que transcurriera, el valor de la deuda se duplicaría. Debió de olvidar Sancho este compromiso, y como el conde no reclamó su cumplimiento hasta después de siete años, no pudo el rey satisfacer la deuda, por el exorbitante valor que había alcanzado, y consintió, en cambio, en la emancipación del condado.

De igual índole es el caso del herrero que pidió al caballero un céntimo por el primer clavo de las herraduras de su caballo, dos por el segundo, cuatro por el tercero, ocho por el cuarto, etc.

Acumulación de intereses

69. Un céntimo puesto a interés compuesto de $4 \frac{7}{10}$ por 100 el primer día del año 1 de la Era cristiana, ¿en qué capital estaría hoy convertido?

Según las fórmulas del interés compuesto, un capital al $4 \frac{7}{10}$ por 100 se centuplica a los 100 años; por consiguiente, aquel céntimo estaría convertido en 1 peseta el año 100, en 100 pesetas el año 200, en 1000 pesetas el año 300, etc. En nuestros días, para representar el valor del capital acumulado no bastarían 200 esferas de oro macizo del tamaño de la esfera terrestre.

¿Cuál es la mayor cantidad que se puede expresar con 3 cifras?

70. Desde luego, parece ser 999; pero es fácil ver que es muchísimo mayor la expresada por las mismas tres cifras, en esta forma, ligeramente distinta:

$$9^{9^9}$$

No obstante, esta expresión es susceptible de dos interpretaciones: las deslindará un sencillo paréntesis

$$(9^9)^9 \text{ ó } 9^{(9^9)}$$

Significa la primera expresión, que el producto

$$9 \times 9 \times 9 \times 9 \times 9 \times 9 \times 9 \times 9 \times 9$$

es decir, 9^9 , que designaremos por P,

$$P = 9^9 = 9 \times 9 \times 9 \times 9 \times 9 \times 9 \times 9 \times 9 \times 9$$

se debe multiplicar 9 veces por sí mismo,

$$P \times P \times P \times P \times P \times P \times P \times P \times P$$

o sea que el 9 debe multiplicarse por sí mismo $9 \times 9 = 81$ veces; en resumen,

$$(9^9)^9 = 9^{9 \times 9} = 9^{81}$$

el número resultante es realmente elevadísimo.

Pero le gana hasta más allá de lo imaginable el número expresado por la segunda forma

$$9^{(9^9)}$$

pues aquí el 9 no está elevado a 81, sino a 9^9 , es decir, al producto que antes hemos llamado $P = 9 \times 9 \times 9 \times 9 \times 9 \times 9 \times 9 \times 9 \times 9$.

Por lo tanto, la expresión

$$9^{(9^9)}$$

equivale a $9^{307820489}$, o sea a 9 multiplicado por sí mismo 387420489 veces.

El resultado final es imposible, no sólo de concebir, sino hasta de escribir; exigiría páginas y más páginas si se escribiera en un libro; y si se deseara escribirlo sobre una cinta, para no truncarlo, contando con que cada cifra ocupara sólo un par de milímetros, se llegaría a una longitud de algunos centenares de kilómetros.

Para calcular el número de cifras de que constaría dicho número, bastará multiplicar el logaritmo de 9 por el exponente 387420489. La parte entera del producto, aumentada en una unidad, dará el número de cifras de que consta el número $9^{(9^9)}$.

Formas diversas de escribir un número

71. El número 100 escrito con cinco cifras iguales.

Con cinco unos:

$$100 = 111 - 11$$

Con cinco treses:

$$100 = 33 \times 3 + 3/3$$

Con cinco cincos:

$$100 = 5 \times 5 \times 5 - 5 \times 5.$$

Otra forma con cinco cincos:

$$100 = (5 + 5 + 5 + 5) \times 5.$$

72. El número 10 escrito con varias cifras iguales.

Con tres unos:

$$10 = 11 - 1$$

Con cuatro treses:

$$10 = 3 \times 3 + 3/3$$

73. El número 1000 escrito con siete cifras iguales:

$$999 + 99/99$$

CAPITULO 2

Cuestiones geométricas

Un teorema fácilmente demostrado

74. Para demostrar que la suma de los tres ángulos de un triángulo es igual a dos rectos, recortaremos un triángulo de papel (figura 25), lo doblaremos según AD (altura), lo abriremos de nuevo, y volveremos a doblarlo de manera que los tres vértices A, B y C vengan a coincidir en el punto D.

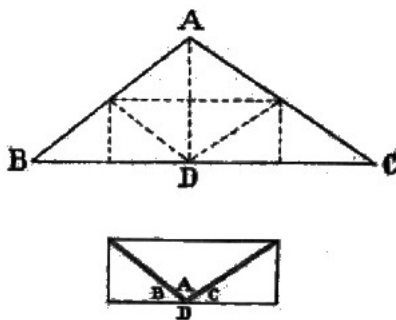


Figura 25

Los ángulos A, B y C quedarán así dispuestos uno a continuación de otro y formarán exactamente dos ángulos rectos.

Esta demostración puede servir como tipo de otras muchas que pueden idearse en la «*Geometría del papel doblado*», a menudo más intuitiva y a veces más exacta que la «*Geometría de la regla y compás*».

(Véase también el párrafo 82 y los siguientes.)

Un goniómetro

75. La circunferencia se divide en 360 grados, pero la circunferencia de una esfera de reloj está dividida en 60 partes, correspondientes a minutos de tiempo; luego cada minuto de tiempo, sobre la esfera del reloj, corresponde a $360/60 = 6$ grados; cinco minutos corresponderán a 30 grados, etc.

Sabiendo esto, es muy fácil aplicar el reloj de bolsillo a la medición del ángulo formado por dos rectas: bastará situarlo sobre la intersección de ambas (figura 26), leer los minutos de tiempo que comprenden y multiplicar por 6; el producto dará en grados el valor del ángulo.



Figura 26

El teorema de Pitágoras

76. Del teorema de Pitágoras (el cuadrado de la hipotenusa de un triángulo rectángulo es igual a la suma de los cuadrados de los catetos) se han dado demostraciones intuitivas muy sencillas e ingeniosas¹.

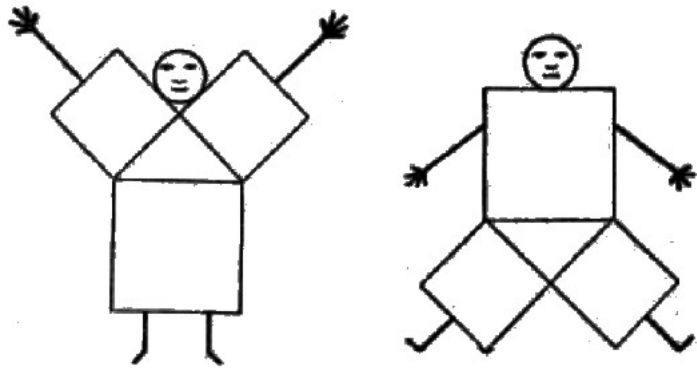
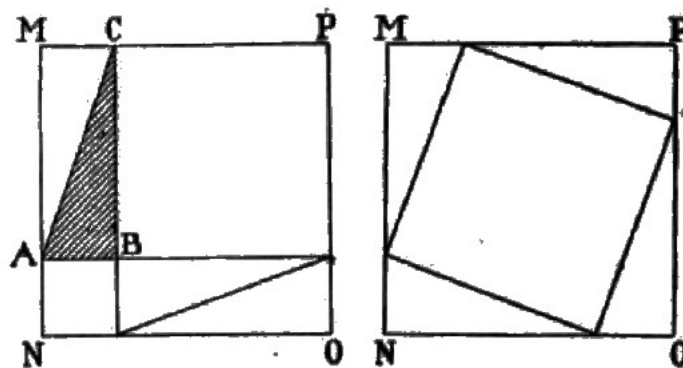


Figura 27

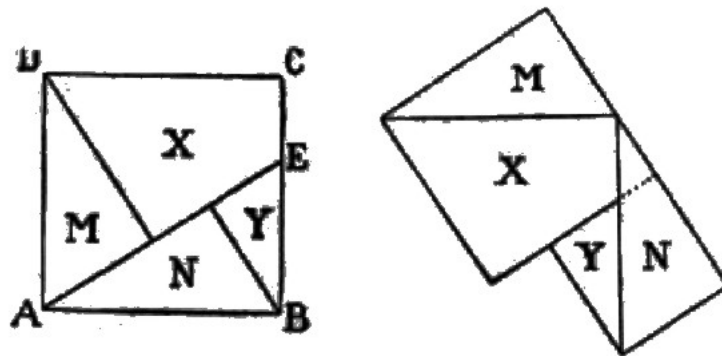
Dado el triángulo rectángulo, ABC (figura 28), se construirá el cuadrado del lado AB (cateto menor) y el del lado BC (cateto mayor) y se completará el cuadrado grande MNOP formado por el cuadrado del cateto menor, más el cuadrado del cateto mayor, más cuatro triángulos rectángulos iguales al dado.



Figuras 28 y 29

¹ Por el descubrimiento de este teorema ofreció Pitágoras (525 años antes de Cristo) una hecatombe, o sacrificio de cien bueyes, a los dioses. La figura 27, tomada de Trippard, *Elementos de matemáticas*, es atribuida caprichosamente al mismo Pitágoras, quien habría con ella expresado su alegría por el descubrimiento.

Pero sobre otro cuadrado grande igual, pueden disponerse estos cuatro triángulos de manera que formen el cuadrado de la hipotenusa AC (figura 29), y por consiguiente este cuadrado debe ocupar el mismo espacio que la suma de los cuadrados de los dos catetos. Por lo tanto, es, en efecto, el cuadrado de la hipotenusa igual a la suma de los cuadrados de los catetos.



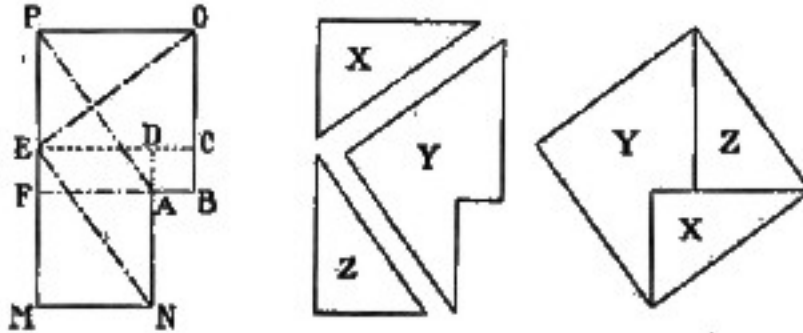
Figuras 30 y 31

Claro está que todas las demostraciones intuitivas tienen menos valor matemático que la demostración racional clásica.

77. En un cuadrado de cartulina (figura 30) se trazaré la recta AE, en cualquier dirección, a partir del vértice A; y desde los vértices B y D se bajarán perpendiculares a AE. Así se habrán formado los triángulos M y N, iguales y rectángulos, y el cuadrado primitivo será el cuadrado de la hipotenusa de uno cualquiera de dichos triángulos.

Recortemos la figura según las líneas señaladas, y tendremos las cuatro piezas M, N, X, Y, cuya reunión, del modo representado en la figura 31, nos forma la suma de los cuadrados de los dos catetos, igual, por consiguiente, al cuadrado de la hipotenusa formado primitivamente por las mismas cuatro piezas.

78. La figura 32 representa la suma de los cuadrados de los catetos del triángulo rectángulo PAF.



Figuras 32, 33 y 34

Completando el cuadrado que tiene por lado AB, prolongando el lado DC, y uniendo E con O y con N tendremos los triángulos OPE y EMN iguales al PAF. Recortando la figura en cartulina, y seccionándola luego según las rectas EO y EN, tendremos tres piezas X, Y, Z (figura 33) que reunidas en la forma indicada en la figura 34 nos muestran que el cuadrado de la hipotenusa es igual a la suma de los cuadrados de los catetos.

79. Demostraciones menos generales, que mejor sería llamar comprobaciones, se pueden dar sobre un triángulo rectángulo en el que las longitudes de los tres lados estén en la proporción de 3 : 4 : 5. En efecto, se puede construir un ángulo recto de lados iguales a 3 cm y a 4 cm y la distancia entre los extremos de estos lados se halla igual a 5 cm. Entonces se tiene:

Cuadrado de 3 = 3 x 3 =	9
Cuadrado de 4 = 4 x 4 =	16
Suma de estos cuadrados	25
Cuadrado de 5 = 5 x 5 =	25

Gráficamente, se puede comprobar esta igualdad con la figura 35.

80. La misma figura anterior puede desarrollarse mediante unos palillos o unas cerillas, haciendo ver primero que cierran el triángulo rectángulo las tres filas de 3, 4 y 5, y construyendo después, también con palillos o cerillas, los cuadrados cuadriculados sobre cada uno de los lados (figura 36).

81. Con fichas de dominó se puede dar otra comprobación vistosa del teorema de Pitágoras aplicado al triángulo cuyos lados están en la proporción de 3 : 4 : 5. La figura 37 es suficientemente explícita.

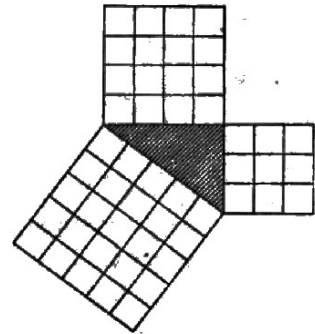
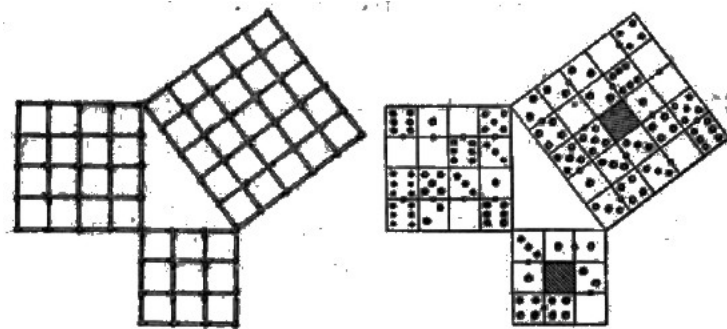


Figura 35



Figuras 36 y 37

Construcción de un triángulo equilátero y de un hexágono regular

82. Dado un cuadrado de papel, recortar de él sin valerse de regla ni compás un triángulo equilátero.

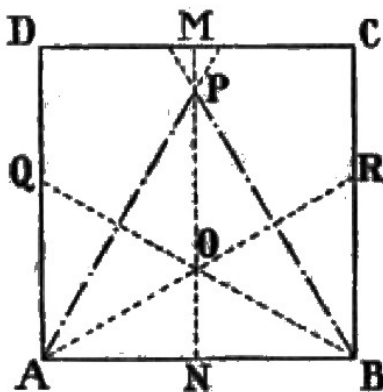


Figura 38

SOLUCIÓN. Se doblará el cuadrado (figura 38) según la línea MN; se rebatirá la recta AB, de modo que el extremo B caiga sobre P, en la línea MN, y se doblará el cuadrado según AP; luego se rebatirá la misma recta AB alrededor de B hasta que A caiga en P, y se señalará la recta PB; recortando por AP y BP se tendrá el triángulo pedido.

83. El triángulo obtenido se puede transformar en un hexágono regular doblándolo de manera que sus

vértices vengán a caer en O, punto de intersección de los tres dobleces que han quedado marcados sobre el papel.

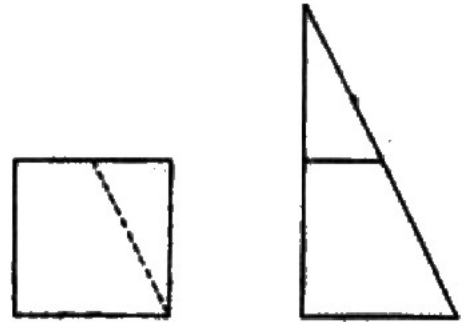
Transformación de figuras recortadas

84. Conversión de un cuadrado en triángulo rectángulo.

Bastará cortarlo según la línea que une un vértice con el punto medio de un lado (figura 39) y reunir los dos pedazos en la forma representada en la figura 40.

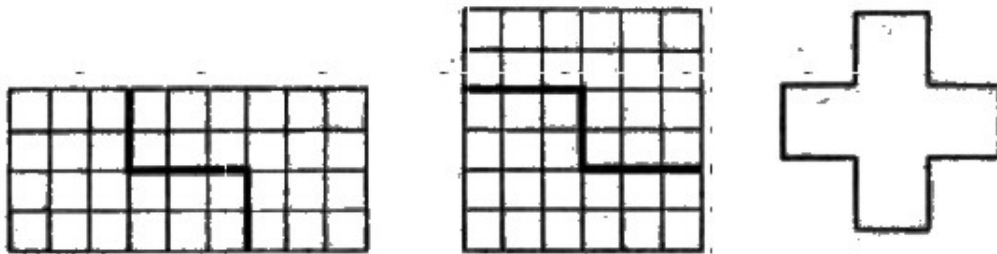
85. Conversión de un rectángulo en cuadrado.

Un rectángulo formado por 36 cuadrados (4×9) puede convertirse en cuadrado cortándolo según la línea señalada en la figura 41 y reuniendo las dos mitades de la manera representada en la figura 42.



Figuras 39 y 40

86. Conversión de la cruz griega de la figura 43 en cuadrado, cortándola con dos tijeretazos rectilíneos.

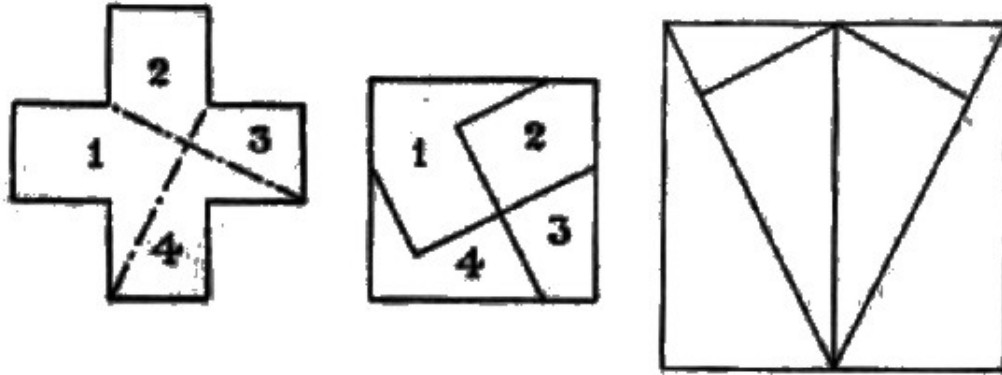


Figuras 41, 42 y 43

Los dos tijeretazos deben darse según las líneas marcadas en la figura 44 y los cuatro pedazos deben reunirse como está indicado en la figura 45.

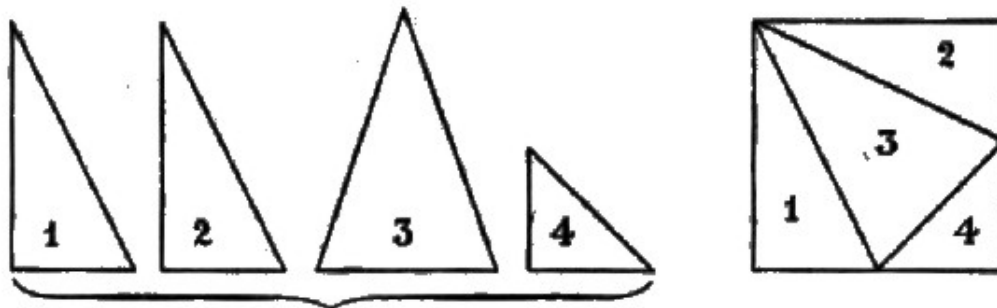
87. Recortando un cuadrado de cartulina en la forma representada en la figura 46, y revueltas las seis piezas triangulares resultantes, recomponer el cuadrado.

ADVERTENCIA. Claro está que aquel a quien se entreguen los triángulos para que forme el cuadrado, debe ignorar el modo como se han obtenido.



Figuras 44, 45 y 46

88. Construir un cuadrado con los cuatro triángulos representados en la figura 47.



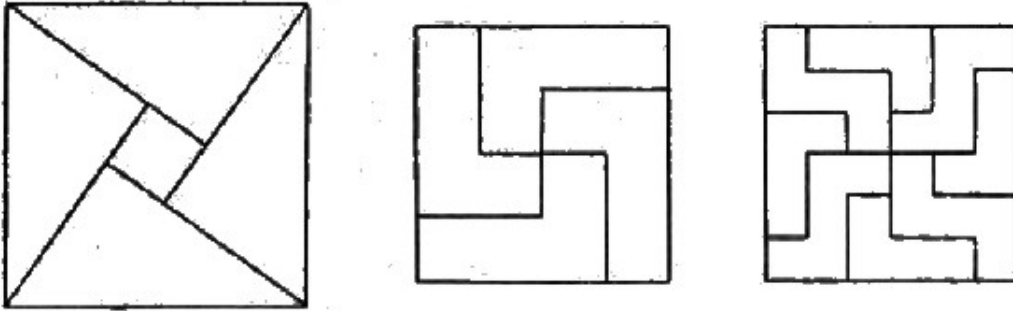
Figuras 47 y 48

SOLUCIÓN. Está representada en la figura 48.

ADVERTENCIA. Para preparar los cuatro triángulos dados, se dividirá un cuadrado de cartulina según las líneas señaladas.

89. Formar un cuadrado con las piezas revueltas resultantes de su división en un cuadrado pequeño y cuatro triángulos rectángulos, conforme a lo señalado en la figura 49.

ADVERTENCIA. La del párrafo penúltimo; la misma vale para muchos de los siguientes párrafos.

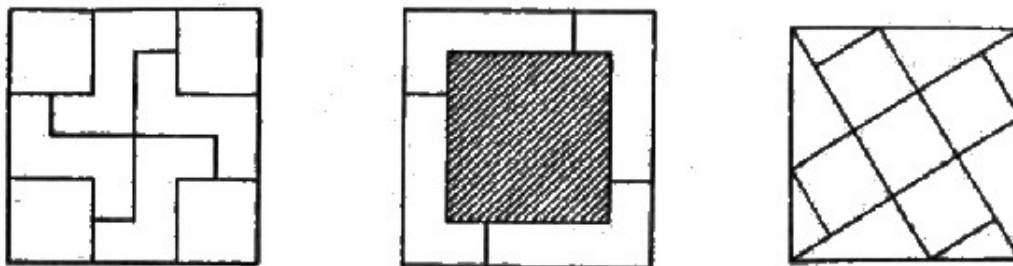


Figuras 49, 50 y 51

90. Recomponer el cuadrado que se ha dividido en cuatro partes iguales en forma de L (figura 50).

91. Recomponer el cuadrado que se ha dividido en cuatro partes en forma de L y cuatro partes en forma de Z (figura 51).

92. Las mismas cuatro Z del problema anterior pueden servir para componer un cuadrado, completándolo con cuatro cuadrados que se habrán recortado en otra cartulina.



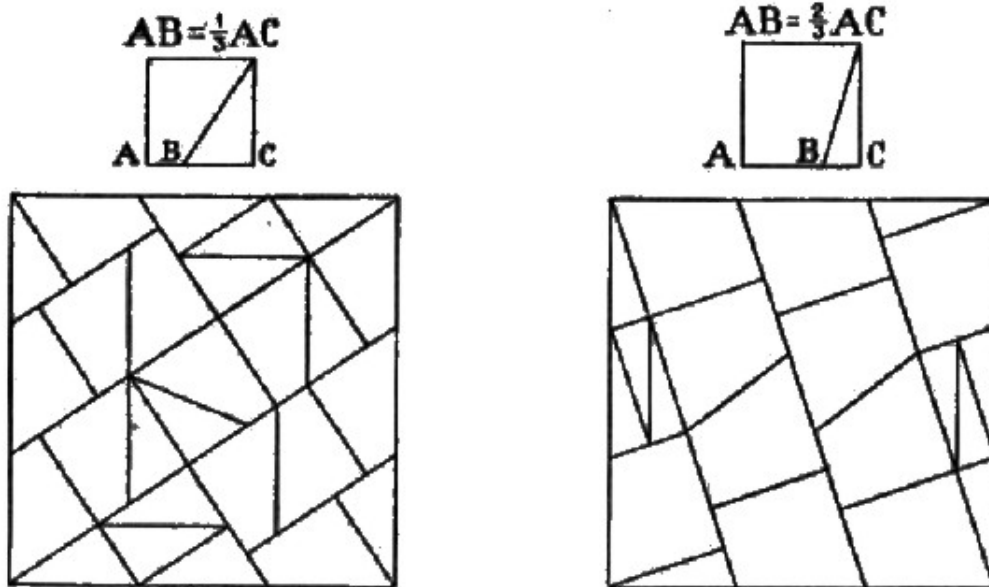
Figuras 52, 53 y 54

La figura 52 da idea de la preparación y muestra la solución de este problema.

93. La figura 53 representa otra enigmática forma de descomposición del cuadrado: El cuadrado interior, rayado en la figura, se puede descomponer en una de las formas antes señaladas si se desea complicar más el problema.

94. Reconstrucción del cuadrado dividido en cinco cuadrados y ocho rectángulos, según la figura 54.

95. Con trece cuadrados iguales, divididos como está indicado en la parte superior de la figura 55, construir un cuadrado.



Figuras 55 y 56

SOLUCIÓN. En la misma figura 55.

96. Resolver el mismo problema con diez cuadrados divididos como expresa la parte superior de la figura 56.

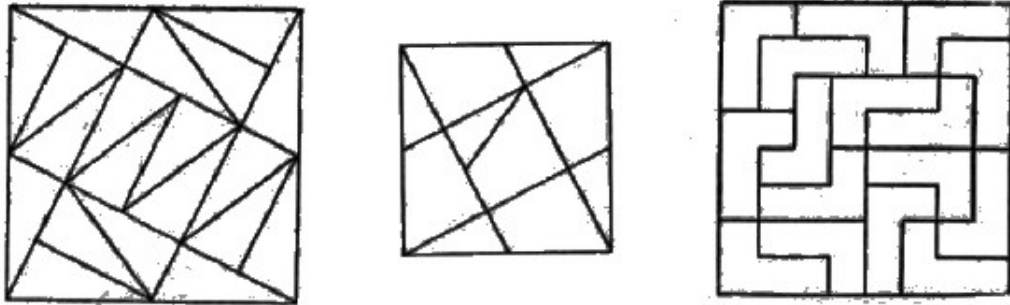
SOLUCIÓN. En la misma figura 56.

97. La figura 57 representa la división de un cuadrado en veinte triángulos rectángulos iguales. La reconstrucción del cuadrado con las veinte piezas revueltas es un problema bastante difícil para quien no esté en el secreto.

98. Reconstrucción del cuadrado dividido en cinco trapezios birrectángulos iguales y cinco triángulos rectángulos iguales (figura 58).

99. Reconstruir un cuadrado dividido en dieciséis L iguales.

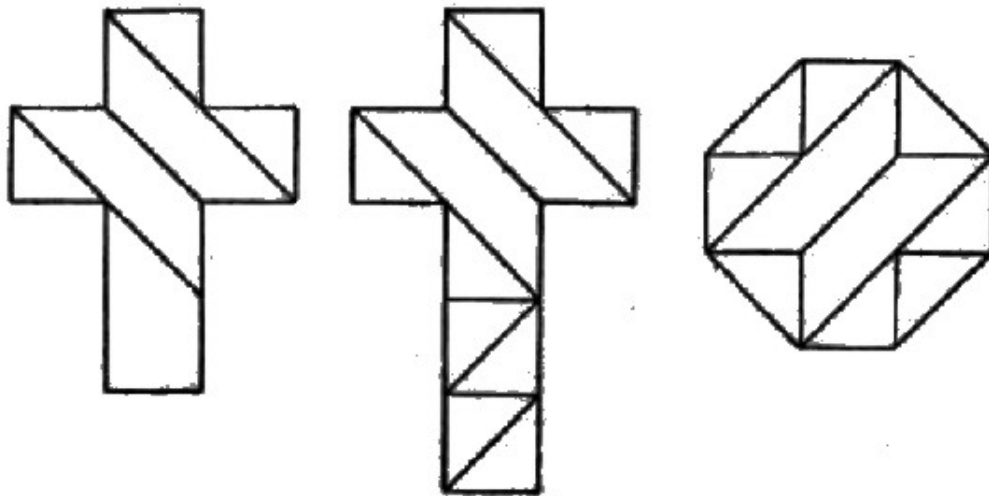
SOLUCIÓN. Figura 59; pero esta solución no es única.



Figuras 57, 58 y 59

100. Reconstrucción de una cruz latina cortada según las líneas señaladas en la figura 60.

101. Reconstrucción de una cruz latina cortada según las líneas señaladas en la figura 61.



Figuras 60, 61 y 62

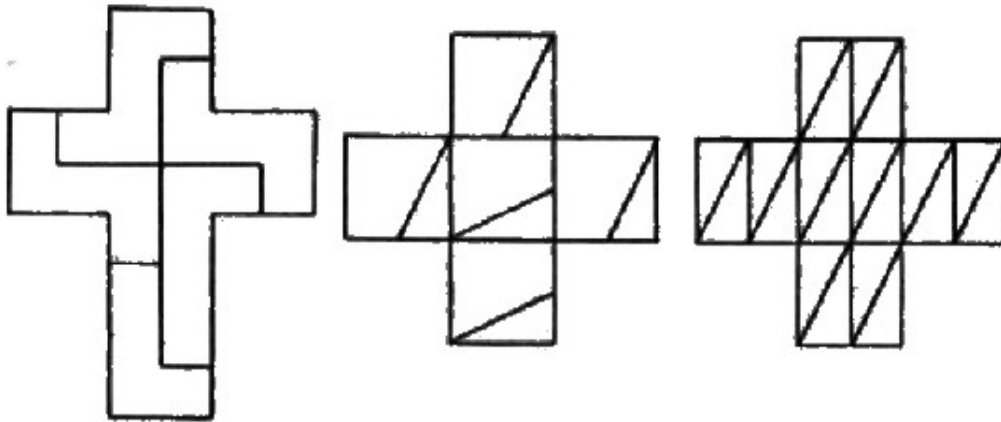
102. Con las piezas del número anterior, construir un octógono.

SOLUCIÓN. Figura 62.

103. Cruz latina dividida en dos L y tres Z (figura 63).

104. Construcción de una cruz griega con las piezas que en el número 98 han servido para construir un cuadrado.

SOLUCIÓN. Figura 64.

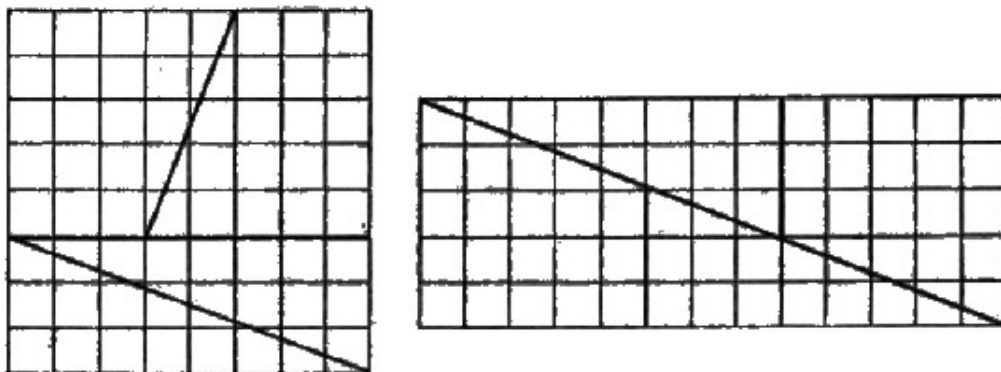


Figuras 63, 64 y 65

105. Construcción de una cruz griega con los veinte triángulos con que se formó un cuadrado en el número 97.

SOLUCIÓN. Figura 65.

Donde se demuestra que 64 es igual a 65



Figuras 66 y 67

106. Un cuadrado dividido en 64 cuadrados (8 x 8) se cortará según las líneas señaladas en la figura 66, y las cuatro porciones en que habrá quedado dividido se

reunirán como está representado en la figura 67, apareciendo entonces un rectángulo formado por 65 cuadrados (5 x 13). ¿Ha crecido la figura?

En realidad, el cuadrado excedente se ha formado a expensas de varias recortaduras que han experimentado otros cuadrados, pues todos los que se presentan formados a lo largo de la diagonal son algo menores que los demás; pero este defecto pasa inadvertido a una observación ligera.

Demostraciones sofisticadas en Geometría

107. Las hay fundadas en defectos del dibujo, como la del párrafo anterior. Mas otras tienen la misma base que las de los números 57, 58 y 59. He aquí una muy curiosa:

ABC es un triángulo cualquiera (figura 68) y la recta BD se ha trazado de manera que formase con AB un ángulo igual al C. Los triángulos ABC y ABD son semejantes por tener el ángulo A común y el ángulo en B del ABD igual al ángulo en C del ABC.

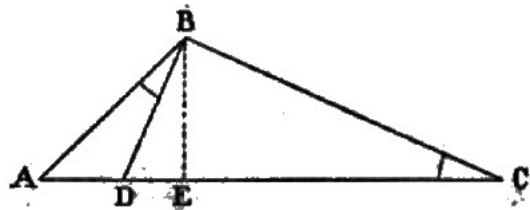


Figura 68

Por consiguiente, sus áreas serán proporcionales a los cuadrados de sus lados homólogos:

$$\frac{\text{area } ABC}{\text{area } ABD} = \frac{BC^2}{BD^2}$$

Por otra parte, siendo BE la altura común, las áreas serán proporcionales a las bases:

$$\frac{\text{area } ABC}{\text{area } ABD} = \frac{AC}{AD}$$

y siendo iguales los primeros miembros de las dos igualdades establecidas, lo serán también los segundos miembros:

$$\frac{BC^2}{BD^2} = \frac{AC}{AD} \text{ o sea } \frac{BC^2}{AC} = \frac{BD^2}{AD} \quad (1)$$

Pero el cuadrado del lado BC, del triángulo mayor, es igual a la suma de los cuadrados de los otros dos menos el doble producto de uno de ellos por la proyección del otro sobre él:

$$BC^2 = AB^2 + AC^2 - 2AC \times AE$$

y aplicando el mismo teorema de Geometria al lado BD del triángulo menor,

$$BD^2 = AB^2 + AD^2 - 2AD \times AE$$

Substituyendo en (1) los valores de BC^2 y BD^2 , tendremos:

$$\frac{AB^2 + AC^2 - 2AC \times AE}{AC} = \frac{AB^2 + AD^2 - 2AD \times AE}{AD}$$

Verificando las divisiones indicadas resulta:

$$\frac{AB^2}{AC} + AC - 2AE = \frac{AB^2}{AD} + AD - 2AE$$

y eliminando $2AE$, común a ambos miembros:

$$\frac{AB^2}{AC} + AC = \frac{AB^2}{AD} + AD \quad (2)$$

Cambiando de miembro AC y AD , sale:

$$\frac{AB^2}{AC} - AD = \frac{AB^2}{AD} - AC$$

Verificando las restas indicadas:

$$\frac{AB^2 - AC \times AD}{AC} = \frac{AB^2 - AC \times AD}{AD}$$

Siendo el producto de extremos de una proporción igual al producto de medios,

$$(AB^2 - AC \times AD) AD = (AB^2 - AC \times AD) AC \quad (3)$$

y dividiendo ambos miembros por el factor común

$$AB^2 - AC \times AD$$

Quedará

$$AD = AC$$

disparate evidentísimo.

¿Por dónde se ha deslizado el error? Lo hemos cometido dividiendo los dos miembros de una igualdad por cero, pues tal era, aunque disfrazado, la resta:

$$AB^2 - AC \times AD,$$

puesto que

$$AB^2 = AC \times AD,$$

como se puede demostrar despejando AB^2 en la igualdad (2) o aun más directamente, volviendo a los triángulos semejantes primitivos, donde se verifica:

$$AC / AB = AB / AD$$

y por lo tanto

$$AB^2 = AC \times AD.$$

Por consiguiente, no es correcta la división de la igualdad (3) por $AB^2 - AC \times AD$, porque equivale a la división por cero, inadmisibles en las transformaciones algebraicas.

108. He aquí, como complemento, el mismo sofisma aplicado a una igualdad aritmética semejante a la (2) de la demostración anterior:

$$8/4 + 4 = 8/2 + 2$$

que evidentemente es verdad, ya que $8/4 = 2$ y además $2 + 4 = 6$ en el primer miembro; y $8/2 = 4$ y además $4 + 2 = 6$ también en el segundo miembro.

Cambiando de miembro el 2 y el 4 tendremos:

$$8/4 - 4 = 8/2 - 2$$

(sigue siendo verdad porque $8/4 = 2$, y además $2 - 2 = 0$; y en el segundo miembro $8/2 = 4$, así como $4 - 4 = 0$).

Verificando las dos restas indicadas:

$$\frac{8 - (2 \times 4)}{4} = \frac{8 - (2 \times 4)}{2}$$

(es verdad todavía, pues $0/4 = 0$ y $0/2 = 0$).

Siendo en una proporción el producto de extremos igual al producto de medios:

$$[8 - (2 \times 4)] \times 2 = [8 - (2 \times 4)] \times 4$$

(igualdad equivalente a $0 \times 2 = 0 \times 4$, lo cual es cierto): y dividiendo ambos miembros por el factor común

$$8 = (2 \times 4)$$

Quedará

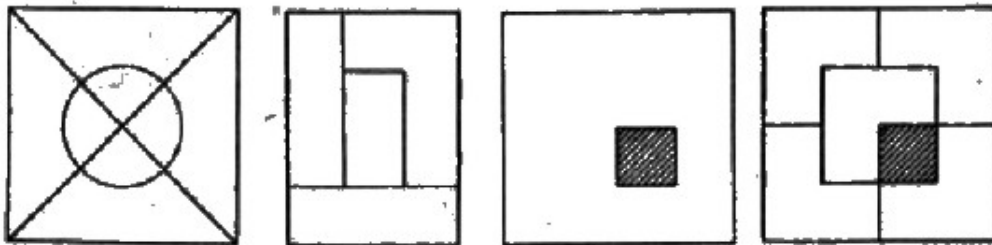
$$2 = 4$$

error crasísimo debido a la división por 8 — 2 x 4 que es un disfraz del cero.

Divisiones condicionales

109. Con tres líneas, dividir un cuadrado en ocho partes.

SOLUCIÓN. La indicada en la figura 69: una de las tres líneas es la circunferencia.



Figuras 69, 70, 71 y 72

110. Dividir un rectángulo en cuatro porciones tales que cada una de ellas linde con las otras tres.

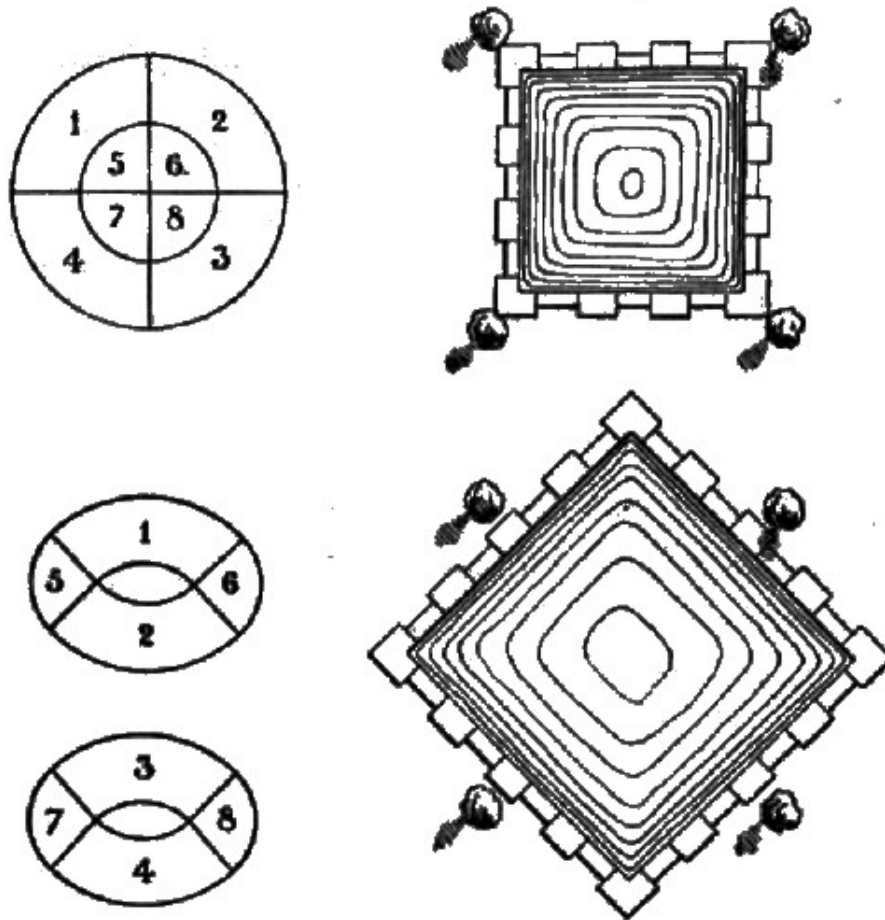
SOLUCIÓN. Figura 70.

111. Dividir en cinco partes, iguales en forma y en extensión, el campo representado en la figura 71, descontando el cuadrado rayado, que está ocupado por un edificio.

SOLUCIÓN. Figura 72.

112. Transformación de un círculo en dos óvalos.

Dividido el círculo en ocho partes, mediante dos diámetros perpendiculares entre sí y un círculo concéntrico de radio mitad (figura 73), se dispondrán aquéllas cuatro a cuatro en la forma indicada en la parte inferior de la misma figura.



Figuras 73 y 74

Verdad es que en los óvalos obtenidos queda una porción central hueca, pero la forma del contorno es la requerida.

El estanque ampliado

113. Quiso un propietario duplicar el área de un antiguo estanque, de superficie cuadrada, imponiéndose la condición de conservar la forma cuadrada sin destruir los cuatro hermosos árboles situados en los vértices (figura 74).

El ejemplar amor de ese propietario a los árboles le sugirió una idea que le permitió satisfacer su propósito: los árboles, en lugar de ocupar los vértices, quedaron situados junto a los puntos medios de los lados del estanque ampliado.

Pasarela compuesta

114. En la Dehesa, el hermoso parque de Gerona, hay un jardincito rodeado por un ancho canal que le sirve de valla. Dan ingreso al jardín dos pasos sobre el canal, con verjas de hierro, que se cierran a última hora de la tarde.

Unos muchachos, deseosos de flores, quieren entrar en el jardín burlando la vigilancia del guardián. Van provistos de un par de tablas, con las que piensan establecer una pasarela sobre el canal.

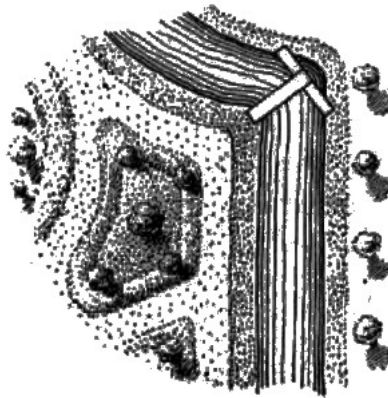


Figura 75

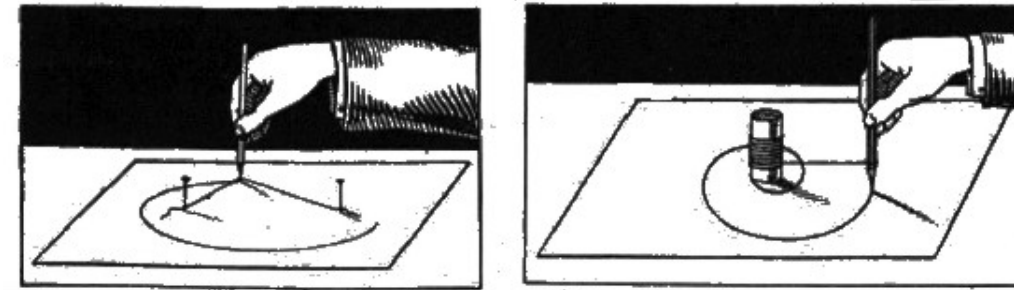
Mas al ir a hacerlo, advierten que han elegido unas tablas demasiado cortas, pues no llega su longitud a la anchura del canal.

Sin embargo, yendo además provistos de ingenio, estos muchachos no retroceden: en uno de los ángulos del canal arman con las dos tablas una pasarela compuesta y logran realizar su intento (figura 75).

Trazado de la elipse

115. La elipse trazada con un hilo. Éste es el procedimiento más frecuentemente seguido por los jardineros para dar a los parterres bellos contornos de forma elíptica.

Dos estacas, clavadas en los focos de la elipse que se va a construir, se atan a los extremos de una cuerda floja.



Figuras 76 y 77

Con un punzón aplicado al suelo se pone tirante la cuerda y manteniendo esa tirantez se corre el punzón de un lado a otro: en su movimiento describe la elipse. En pequeño se puede llevar a cabo la misma construcción sobre el papel substituyendo las estacas por agujas, la cuerda por un hilo de coser y el punzón por el lápiz (figura 76).

Trazado de una espiral

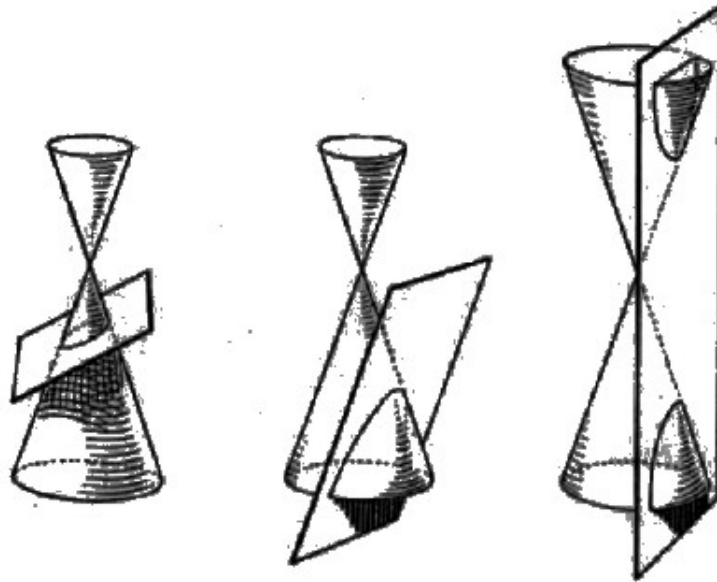
116. Fíjese sobre el papel verticalmente un cilindro de cualquier materia (trozo de lápiz, tubo de vidrio, etc.) que lleve arrollado un hilo con un extremo sujeto al mismo cilindro; átese el otro extremo del hilo a un lápiz, y con éste, cuya punta estará aplicada al papel, procédase a desarrollar el hilo (figura 77). Se obtendrá de este modo una espiral, en el sentido vulgar de la palabra.

En lenguaje geométrico la curva que se obtiene por este procedimiento es una evolvente de círculo.

Secciones cónicas

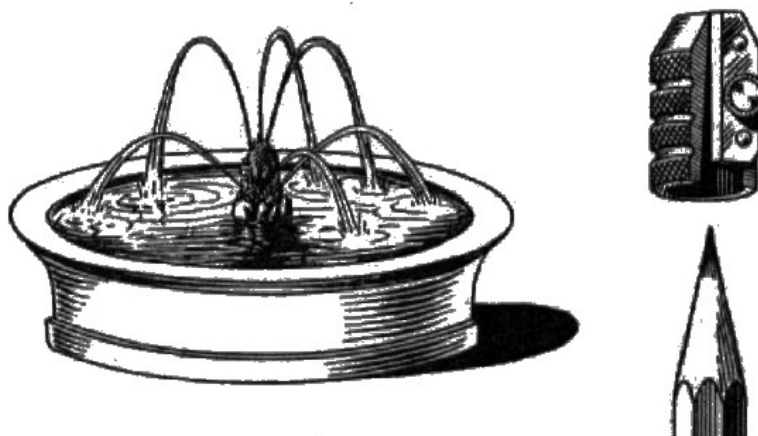
117. Cortando un cono recto de base circular con planos que no pasen por el vértice, la sección es de forma circular cuando el plano secante es normal al eje del cono; es una elipse cuando el plano secante es oblicuo al eje, pero corta a todas las generatrices (figura 78); es una parábola cuando el plano secante es paralelo a una generatriz (figura 79); es una hipérbola cuando es paralelo a dos generatrices

(figura 80). Por esto elipse, parábola e hipérbola reciben el nombre de secciones cónicas.



Figuras 78, 79 y 80

De la elipse hemos hablado ya (115): multitud de objetos caseros tienen forma de elipses, así como las perspectivas de casi todas las figuras circulares. Hermosos ejemplos de parábolas son la curva descrita por una piedra arrojada oblicuamente al aire y los chorros de los surtidores inclinados (figura 81).

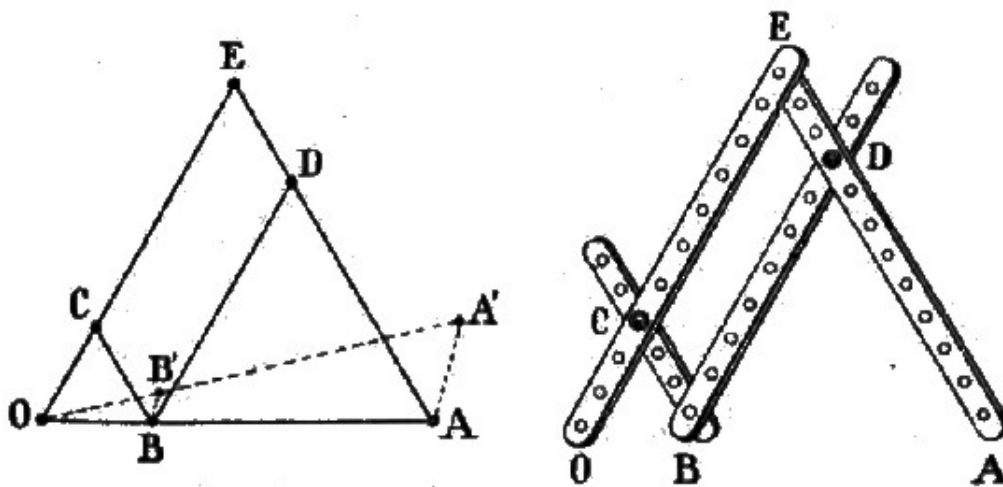


Figuras 81 y 82

Un notable ejemplo de arcos de hipérbola (E.) son los formados en la madera de los lápices prismáticos cuando la punta se ha sacado con máquina (figura 82).

El pantógrafo

118. Este aparato, destinado a la copia de dibujos reducidos o aumentados según determinada escala, consiste en un paralelogramo articulado, con dos lados adyacentes prolongados (figura 83) de manera que los puntos O, B y A estén en línea recta.



Figuras 83 y 84

Fijando el punto O, para que todo el aparato pueda girar a su alrededor en el plano del dibujo, y siguiendo con el extremo A un contorno cualquiera, el punto B describirá un contorno semejante de tamaño reducido en la proporción $OA : OB$, pues siempre la línea descrita por B es paralela a la descrita por A y están ambas comprendidas dentro de un mismo ángulo, con vértice en O. Así, mientras A describe la recta AA', B describe la BB'.

La forma práctica del aparato construido con delgados listones de madera está representada en la figura 84. Las clavijas de C y D son fácilmente separables. Para reducir un dibujo, se sigue con la punta aplicada en A, y se dibuja con el lápiz en B; para ampliarlo, se sigue con la punta aplicada en B y se dibuja con el lápiz en A.

Una valla complicada

119. Alrededor de la fuente (figura 85) están agrupadas ocho casas: las 1, 2, 3 y 4 y la fuente pertenecen a un propietario; las 5, 6, 7 y 8 pertenecen a otro propietario.

Deseando el primero que sólo sus inquilinos puedan proveerse de agua en la fuente, ha mandado construir una valla que permita el acceso a la fuente de los habitantes de los edificios 1, 2, 3 y 4 y lo impida a los habitantes de los edificios 5, 6, 7 y 8.

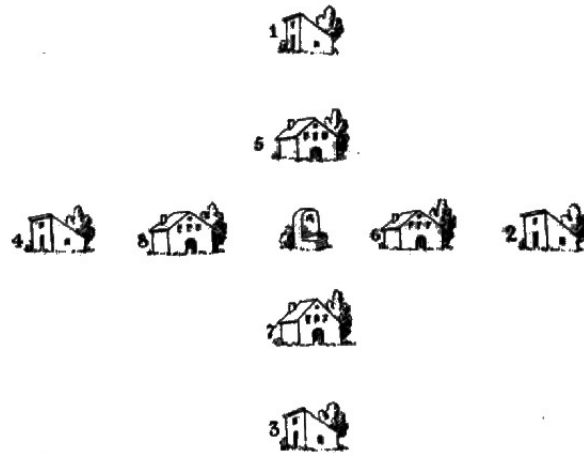


Figura 85

SOLUCIÓN. Figura 86.

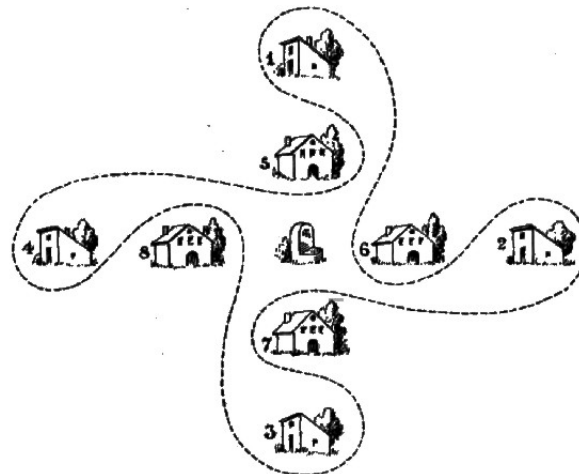
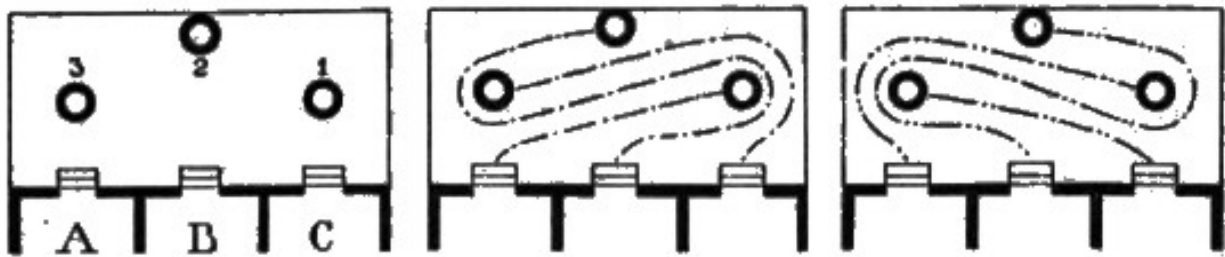


Figura 86

Los pozos de la casa de vecindad

120. Los tres departamentos A, B y C de una casa de vecindad dan al patio y en éste hay tres pozos (figura 87).



Figuras 87, 88 y 89

Por razones que no es del caso indagar ni exponer, la vecina de A ha de surtirse de agua en el pozo 1, la de B en el 2 y la de C en el 3. Son revoltosas comadres esas vecinas, y para evitarles ocasiones de andar a la greña, el casero previsor les ha cercado en el patio, con espino artificial, los respectivos caminos de los departamentos a los pozos. Claro está que estos caminos no han de cruzarse. ¿Cómo ha logrado el casero conseguir que esta condición se cumpla?

SOLUCIÓN. Se trazaron los caminos según la figura 88 según la 89.

La Geometría de los palillos

121. El uniforme tamaño de los palillos se presta a formar con ellos figuras geométricas más o menos complicadas, sobre las cuales se pueden resolver interesantes y divertidas cuestiones, por la facilidad de suprimir, agregar y distribuir diversamente sus líneas, constituidas por palillos sueltos. En los siguientes párrafos se exponen algunos ejemplos de semejantes cuestiones.

Claro está que en vez de palillos (o de medios palillos, para ocupar menos espacio) se pueden emplear cerillas, clavos, alfileres, etc.

122. ¿Cuántos palillos se necesitan para construir dos triángulos? Desde luego, parece ser que seis. Pero no habiéndose impuesto condición ninguna que impida dar a los dos triángulos un lado común, van a bastar cinco palillos (figura 90).

123. Al pie de la letra. De la figura 90 preparada con los cinco palillos deben separarse tres y reponerse dos y ha de resultar una figura idéntica.

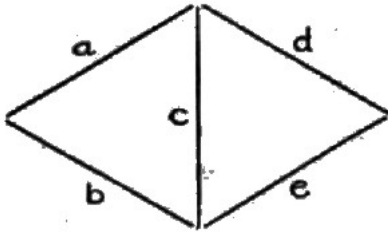
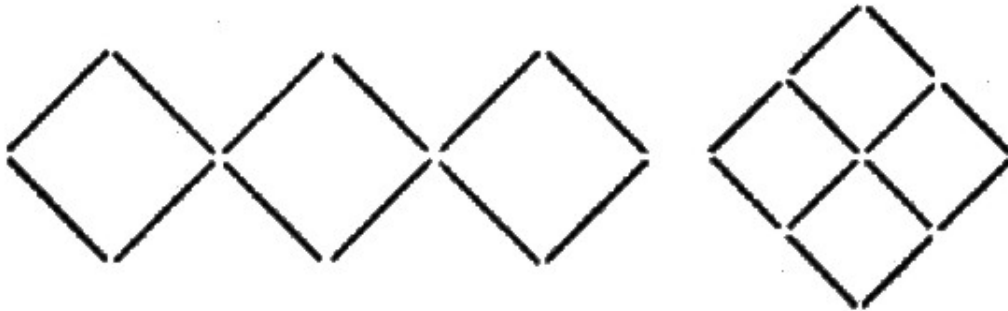


Figura 90

exactamente igual a la primitiva.

SOLUCIÓN. Sepárese a, b y c y dispónganse al lado en igual forma. Repónganse los d y e restantes junto a los a, b y c y habremos separado tres y repuesto dos, como se nos pedía, y obtenido una nueva figura

124. Con doce palillos pueden construirse tres cuadrados: dispónganse como indica la figura 91.



Figuras 91 y 92

Trazada esta figura propóngase la siguiente cuestión: por el cambio de lugar de cuatro palillos convertir la figura en otra que comprenda cuatro cuadrados.

SOLUCIÓN. 14a que se indica a continuación en la figura 92.

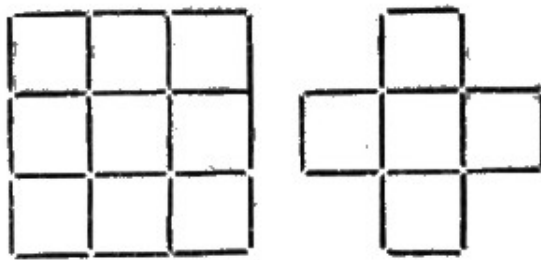
125. De la figura 92 ó 93 deben separarse dos palillos de modo que queden dos cuadrados.



Figuras 93 y 94

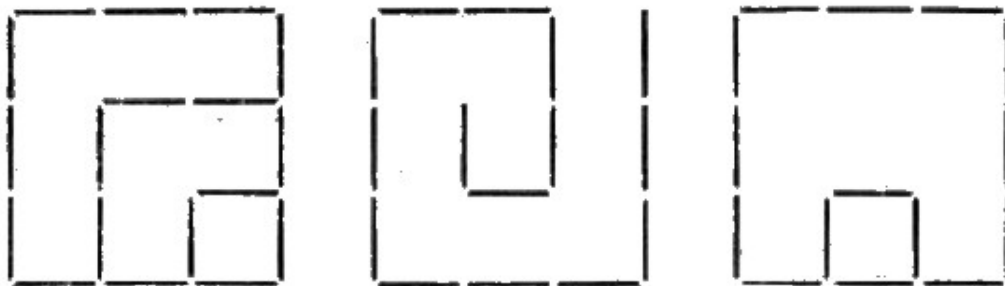
SOLUCIÓN. La da, sin necesidad de más explicaciones, la figura 94.

126. Preparada con veinticuatro palillos la figura 95, suprimir ocho palillos de manera que quede otra figura constituida únicamente por cinco cuadrados.



Figuras 95 y 96

SOLUCIÓN. El resultado es la cruz que representa la figura 96.



Figuras 97, 98 y 99

127. De la figura 95 separar seis palillos, de modo que queden sólo tres cuadrados.

SOLUCIÓN. Figura 97.

128. De la figura 95 separar seis palillos, de modo que no quede ninguno de los cuadrados, grandes ni pequeños, que la constituían.

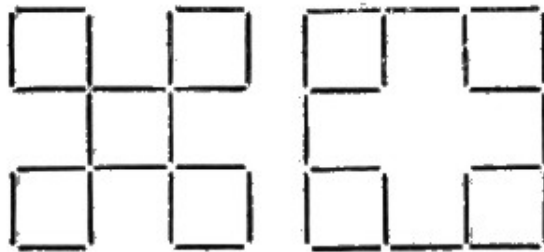
SOLUCIÓN. La greca rectangular representada en la figura 98.

129. En la figura 98, cambiar de sitio tres palillos, de manera que resulte otro dibujo formado por la reunión de dos cuadrados.

SOLUCIÓN. La de la figura 99.

130. De la figura 95 quitar cuatro palillos para que resulten cinco cuadrados.

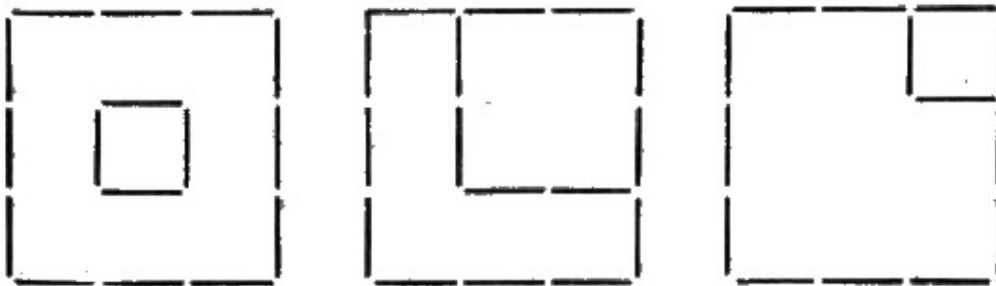
SOLUCIONES. Existen dos muy elegantes: las de las figuras 100 y 101.



Figuras 100 y 101

131. De la figura 95 deben separarse ocho palillos para que queden dos cuadrados.

SOLUCIONES. Hay por lo menos dos, figuras 102 y 103.

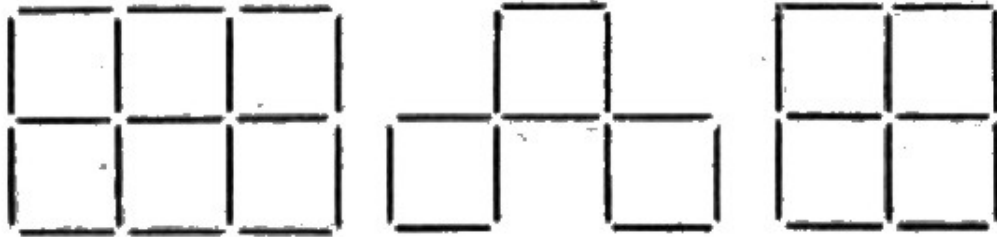


Figuras 102, 103 y 104

132. De cualquiera de las dos figuras 102 y 103, separar otros dos palillos, de manera que todavía queden en ella dos cuadrados.

SOLUCIÓN. Es preciso cambiar algunos palillos de lugar (figura 104).

133. Dispuestos diecisiete palillos en la forma representada por la figura 105, separar cinco palillos de modo que queden tres cuadrados.

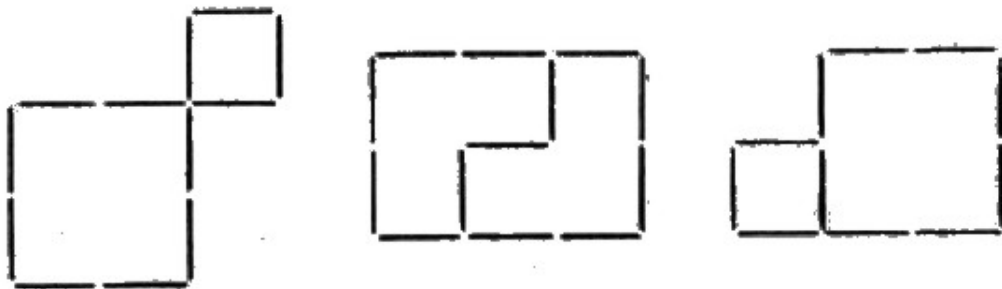


Figuras 105, 106 y 107

SOLUCIÓN. Hay la de la figura 106 y su simétrica.

134. En la figura 106 cambiar la posición de tres palillos para que resulten cuatro cuadrados.

SOLUCIÓN. Las diversas soluciones se reducen en el fondo a una sola (figura 107) .



Figuras 108, 109 y 110

135. En la figura 106 cambiar la posición de seis palillos para que resulte otra constituida solamente por la reunión de dos cuadrados.

La solución está en la figura 108.

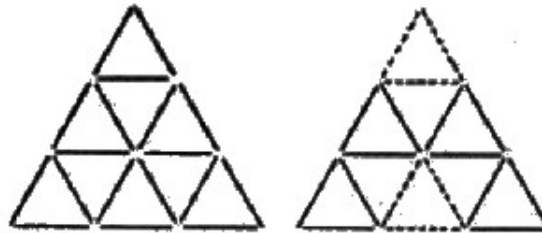
136. De la figura 105 separar cuatro palillos de manera que queden dos hexágonos iguales.

La solución está en la figura 109.

137. De la misma figura 105 separar ahora seis palillos de modo que quede un dibujo formado por la reunión de dos cuadrados.

SOLUCIÓN. Figura 110.

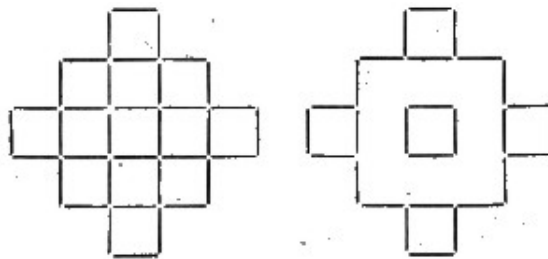
138. De la figura 111, que contiene nueve triángulos, se deben separar seis palillos de manera que queden sólo cuatro triángulos iguales.



Figuras 111 y 112

SOLUCIÓN. Los cuatro triángulos quedarán como indica la figura 112.

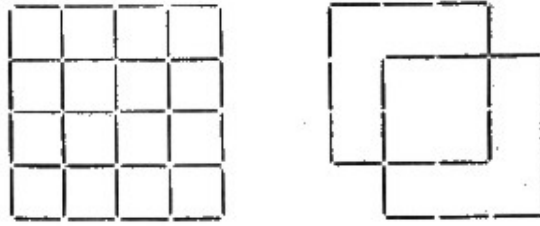
139. De la figura 113 separar ocho palillos de manera que el dibujo que resulte continúe siendo simétrico y contenga seis cuadrados.



Figuras 113 y 114

SOLUCIÓN. Es relativamente fácil atinar en la que da la figura 114.

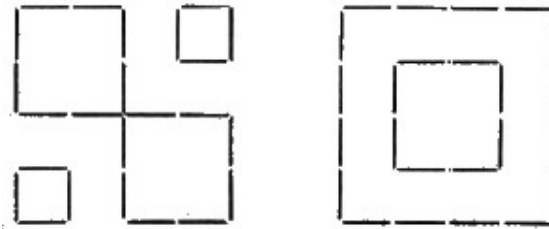
140. De la figura 115, separando dieciséis palillos y sin tocar los restantes, deben quedar dos grandes cuadrados iguales.



Figuras 115 y 116

SOLUCIÓN. Figura 116.

141. Disponer los palillos de la figura 116 de manera que formen dos cuadrados grandes y dos pequeños.



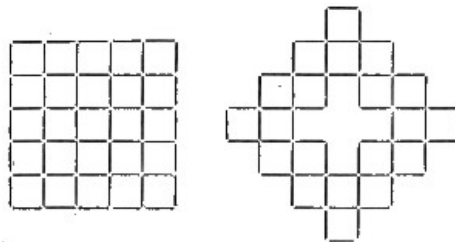
Figuras 117 y 118

SOLUCIÓN. Figura 117.

142. Ordenar los palillos de la figura 117 de manera que resulten dos cuadrados desiguales.

SOLUCIÓN. Figura 118. Puede partirse también de la figura 115.

143. En la figura 119 se deben cambiar de lugar doce palillos de manera que resulten veinte cuadrados (es decir, cinco menos) iguales y simétricamente dispuestos alrededor del centro de la figura.



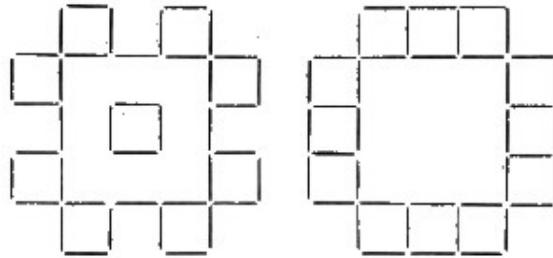
Figuras 119 y 120

SOLUCIÓN. Es fácil dar con la solución indicada en la figura 120.

144. De la misma figura 119 se deben eliminar veinte palillos de manera que queden en ella solamente diez cuadrados.

SOLUCIÓN. Figura 121.

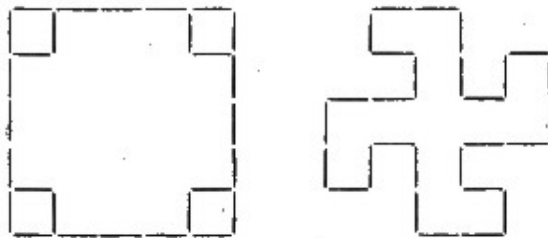
145. Cambiar la posición de cuatro palillos en la última figura, de manera que con este solo cambio se formen tres cuadrados más.



Figuras 121 y 122

SOLUCIÓN. Figura 122.

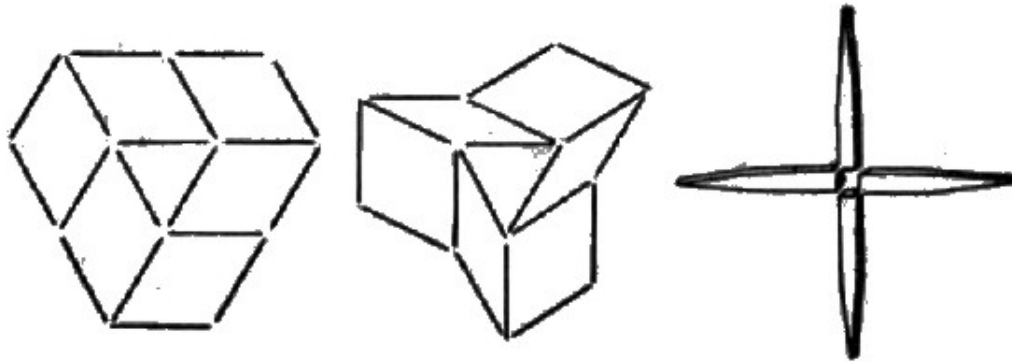
146. Cambiando la posición de doce palillos en la figura 123, componer una cruz de brazos en ángulo, o sea una cruz escalonada.



Figuras 123 y 124

SOLUCIÓN. Es algo complicada hasta acertar con la figura 124.

147. Convertir la figura 125 en otra muy parecida, pero cuyos seis rombos, en vez de ser todos iguales, sean sólo iguales tres a tres, manteniéndose sin variación alguna el triángulo central.



Figuras 125, 126 y 127

SOLUCIÓN. La que representa la figura 126.

Variando la forma y el tamaño de las figuras, con un poco de paciencia y de ingenio, puede el lector prolongar indefinidamente el número de semejantes problemas. No hay que decir que la tarea es mucho más fácil para el que propone el problema que para el que lo haya de resolver, pues el primero cuenta con la casualidad, que le ayudará a encontrar bonitas combinaciones sin gran esfuerzo intelectual, mientras que el segundo operará siempre sobre un pie forzado.

En muchos de estos problemas, la solución no es única, pudiendo darse el caso de que la persona "a quien se propongan los resuelva de conformidad completa con los términos del enunciado, pero dando figuras totalmente distintas de la que imaginara el que planteó la cuestión.

148. Epigramas.

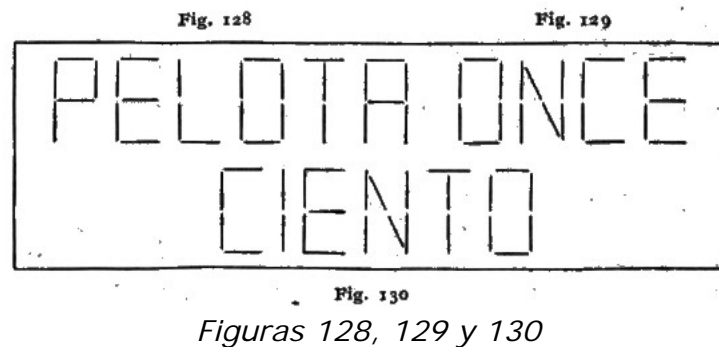
- a. ¿Cómo es posible disponer en cruz dos palillos sin cruzarlos? SOLUCIÓN. ¡Partiéndolos! (figura 127).
- b. Según todos los matemáticos, con segmentos de recta no puede formarse una superficie curva. Pues bien: es posible la resolución del problema

siguiente: con veintiocho palillos formar una esfera. SOLUCIÓN. La palabra pelota, como indica la figura 128.

c. Convertir veintiséis palillos en ciento sin cortarlos. SOLUCIÓN. Figura 130.

d. Demostrar con palillos que ciento menos cinco es igual a once. SOLUCIÓN. De la palabra ciento, escrita según la figura 130, separar cinco palillos y disponer los restantes según la figura 129.

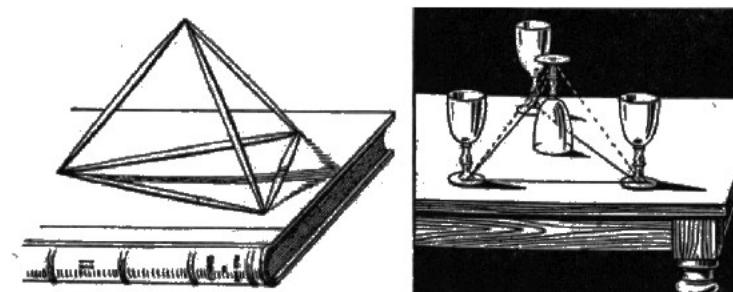
Fácil es idear otras muchas combinaciones semejantes.



El tetraedro

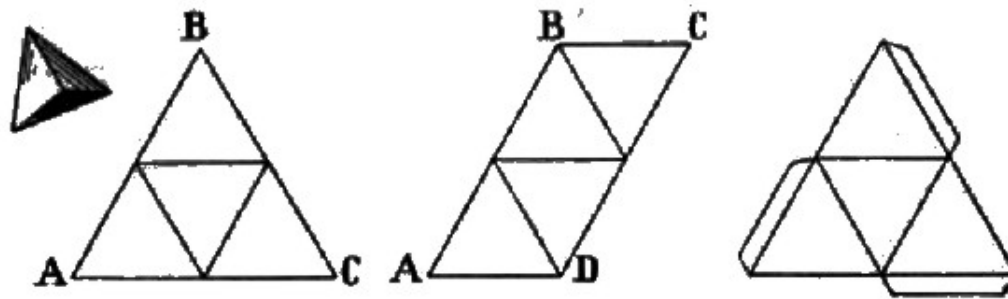
149. Construir, con seis palillos iguales, cuatro triángulos también iguales.

Este problema no se puede resolver si se pretende colocar los seis palillos en un solo plano.



La única solución posible consiste en disponerlos como indica la figura 131, según las aristas de un tetraedro regular. Los cuatro triángulos pedidos corresponden a las cuatro caras del tetraedro.

150. Colocar cuatro copas iguales de manera que sus pies equidisten entre sí.

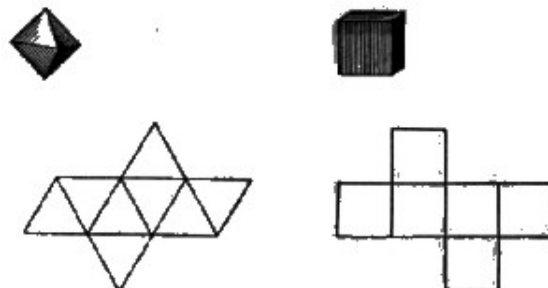


Figuras 133, 134 y 135

Tampoco este problema se puede resolver en un plano, pues si bien los cuatro vértices de un cuadrado equidistan tomados dos a dos consecutivamente, ya no distan lo mismo dos diagonalmente opuestos. En cambio, recordando que los cuatro vértices de un tetraedro equidistan entre sí, colocaremos tres copas en los vértices de un triángulo equilátero, y la cuarta copa, boca abajo, en el centro del mismo triángulo, con lo que el pie de esta última copa vendrá a estar situado en el cuarto vértice del tetraedro ideal que tiene por base el triángulo cuyos vértices ocupan los pies de las otras tres copas (figura 132).

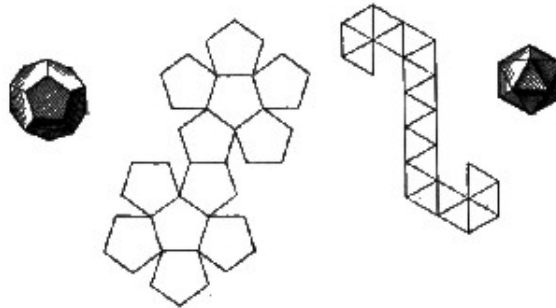
Poliedros de cartulina

151. Dibujando sobre una hoja de cartulina las caras de un poliedro, recortándolas y pegándolas convenientemente, se forma el poliedro, hueco, de cartulina: así se pueden preparar hermosas colecciones de cuerpos geométricos, sencillos unos y complicados otros.



Figuras 136 y 137

Pero al dibujar las diversas caras sobre la hoja de cartulina, conviene disponer unidas el mayor número posible de ellas, para hacer más fácil y corta la operación de pegarlas luego entre sí, al formar el poliedro.



Figuras 138 y 139

Por ejemplo, si se trata de construir un tetraedro regular, cuyas cuatro caras son triángulos equiláteros iguales, no dibujaremos sobre la cartulina estos cuatro triángulos separados entre sí, sino en una de las formas representadas en las figuras 133 ó 134, de manera que una vez recortado el gran triángulo ABC o paralelogramo ABCD, baste doblarlos a lo largo de las líneas que los dividen en triángulos iguales, y pegar convenientemente los bordes libres.

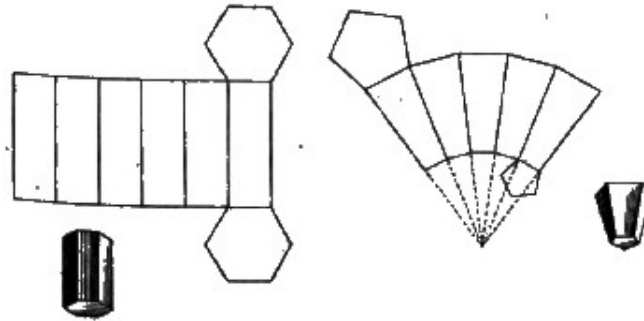
La operación de doblar se facilita pasando ligeramente una hoja cortante por las líneas según las cuales se deba doblar la figura.

La operación de pegar los bordes se simplifica también evitando el uso de tiras sueltas de papel engomado: a este fin se dejan rebordes de la misma cartulina junto a los bordes que hayan de unirse.

Pero si se dejaran estos rebordes en todos los lados, la unión de los rebordes formarla crestas entrantes en el interior del cuerpo de cartulina; basta por consiguiente dejar rebordes en la mitad de los lados (figura 135) y pegar la cara exterior de cada reborde con la interior de la cara a que se haya de unir.

Las figuras 136, 137, 138 y 139 representan el desarrollo de los otros cuatro poliedros regulares: octaedro, cubo, dodecaedro e icosaedro.

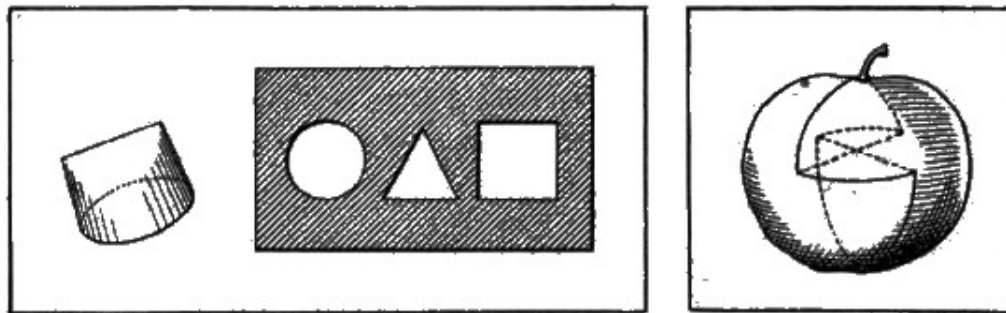
La figura 140 representa el desarrollo de una pirámide truncada, y la 141 el de un prisma hexagonal.



Figuras 140 y 141

El tapón triple

152. Un tapón de corcho, cortado en la forma representada en la figura 142, puede servir indistintamente para obturar orificios circulares, cuadrados o rectangulares.



Figuras 142 y 143

Aunque, como todas las cosas que sirven para muchos usos, no obture bien ni los orificios circulares, ni los cuadrados, ni los triangulares.

Partir una manzana

Problema sencillo ¿verdad? pero que deja de serlo al imponer la condición de que las dos mitades, exactamente iguales, no estén separadas por un solo plano diametral.

La figura 143 representa las dos mitades que se pueden obtener, y la dirección y extensión de los cortes que se deben dar a la fruta.

Dibujos condicionales

154. La figura 144 se debe dibujar sin levantar el lápiz del papel y sin pasar dos veces por el mismo lado o por la misma diagonal.

SOLUCIÓN. Dibújese según este orden: ADEFBECBAFCD.

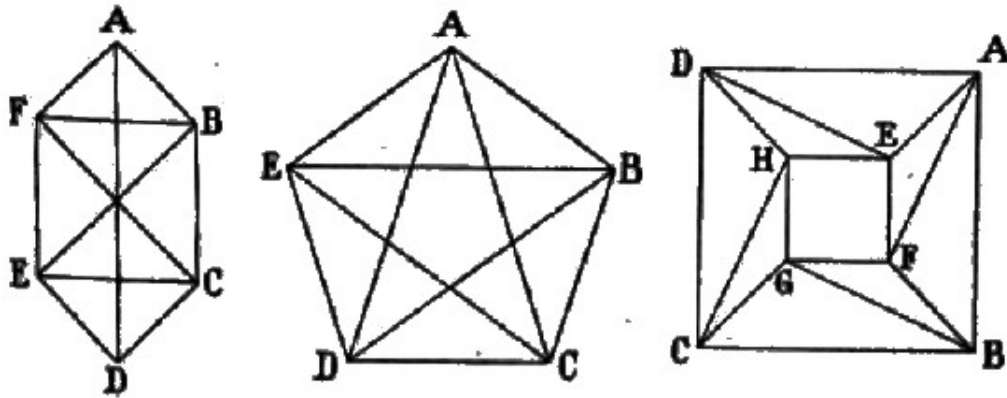


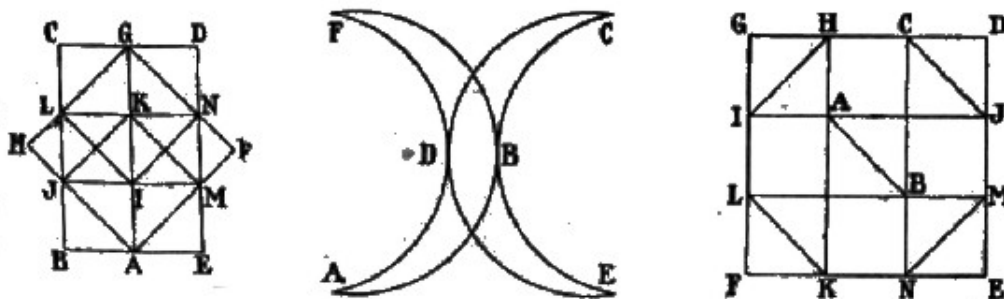
Figura 144, 145 y 146

155. Dibujar, sujetándose a la misma condición, la figura 145.

SOLUCIÓN. Basta dibujar la estrella según el orden ADBECA y seguir luego el contorno del polígono ABCDEA.

156. Dibujar, imponiéndose la misma condición, la figura 146.

SOLUCIÓN. Se puede seguir primero el cuadrado exterior ABCDA, pasar a dibujar el interior, AEFGE, y trazar las restantes líneas en este orden EDHCGBFA.



Figuras 147, 148 y 149

157. En iguales condiciones, dibujar la figura 147.

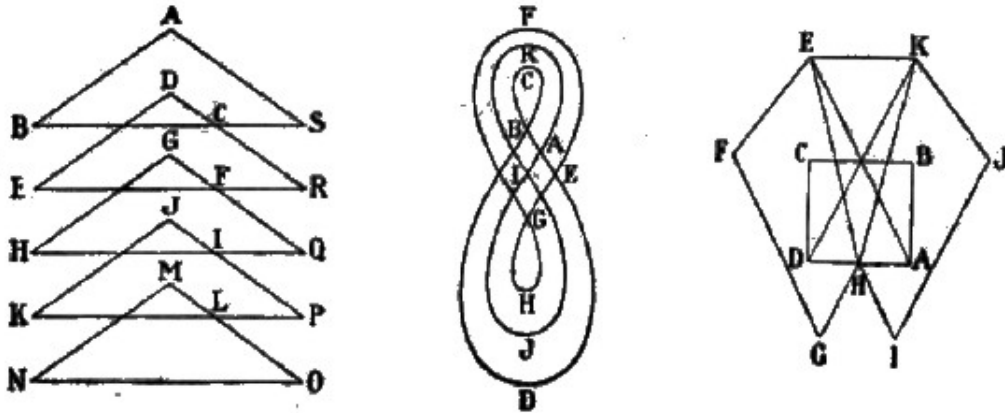
SOLUCIÓN. Se seguirá el orden ABCDEAFGHAIJKLIKMINKG.

158. Dibujar en las mismas condiciones la figura 148 (llamada firma de Mahoma).

SOLUCIÓN. Dibujarla en el orden ABCDEBFDA.

159. Dibujar en las mismas condiciones la figura 149.

SOLUCIÓN. Puede seguirse el orden ABCDEFGHIJCHKLMNB.



Figuras 150, 151 y 152

160. Dibujar en las mismas condiciones la figura 150.

SOLUCIÓN. Se dibujará recorriendo los vértices en este orden: ABCDEFGHIJKLMNOPQFRCSA.

161. Dibujar en las mismas condiciones la figura 151.

SOLUCIÓN. Se seguirá el orden ABC BDEFGHGEAIIJKA.

162. Dibujar en las mismas condiciones la figura 152.

SOLUCIÓN. Se seguirá el orden ABCDAE FGHIJKHEKD.

163. No todas las figuras pueden ser dibujadas por un trazo continuo como las que han sido objeto de los últimos párrafos. Por ejemplo: en vano se ensayará lograrlo con un cuadrado y sus diagonales, con una circunferencia y dos diámetros, y tantas otras de apariencia sencillísima.

La condición a que debe satisfacer una figura para que sea posible recorrerla por un trazo continuo sin pasar dos veces por ningún lado, es la siguiente: no debe tener

más que dos vértices (así exteriores como interiores) impares, entendiendo por tales aquellos en que concurran lados en número impar. Fácil es comprobar que se cumple esta condición en las figuras 144 a 152, sobre las que han versado los precedentes problemas.

164. Substituyendo la palabra *lado* por PUENTE y la palabra *vértice* por ORILLA o ISLA, la cuestión anterior queda convertida en la de los puentes que enlazan las dos orillas de un río y estas mismas orillas con las islas del mismo río: ¿es posible recorrer todos los puentes sin pasar dos veces por ninguno?

El célebre matemático Euler estudió este problema en 1739, para los siete puentes de Königsberg, sobre el Pregel, y llegó a la conclusión de que era imposible lograrlo, por haber entre los datos más de dos orillas o islas impares, es decir, de las cuales partieran puentes en número impar.

Resoluciones ingeniosas

165. Dibujar dos circunferencias concéntricas sin separar el lápiz del papel, es decir, con un trazo continuo.

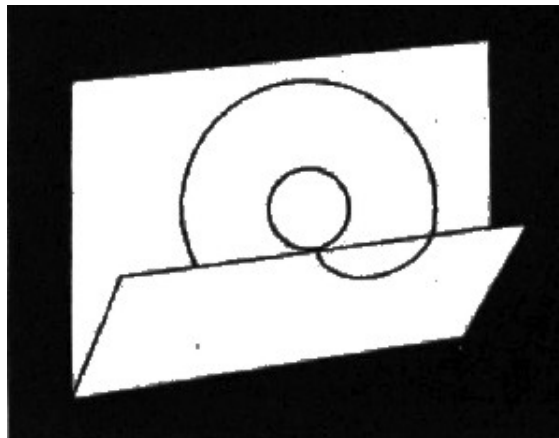
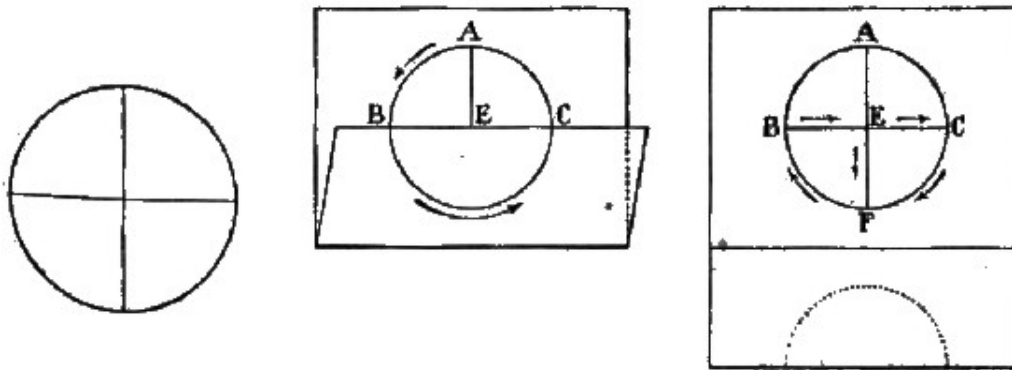


Figura 153

SOLUCIÓN. Una vez dibujada una de las circunferencias, se doblará el papel (figura 153) y sirviendo el dorso de puente para el lápiz, se pasará a dibujar la otra circunferencia.

Variante del mismo problema se puede considerar el siguiente, bastante más divulgado. Escribir el número 10000, orlado de una elipse, sin separar el lápiz del papel.

166. Dibujar de un solo trazo, sin levantar del papel la punta del lápiz, y sin pasar dos veces por la misma línea, una circunferencia con dos diámetros en cruz (figura 154).



Figuras 154, 155 y 156

SOLUCIÓN. Se procederá doblando el papel y empezando el dibujo por A (figura 155) y siguiendo por B, C, A, E; al llegar a este punto se desdoblará el papel y se acabará la figura por F, B, E, C, F (figura 156).

De manera análoga se puede dibujar, sujetándose a la misma condición, un cuadrado o un rectángulo con sus diagonales.

167. Alfabeto mayúsculo concentrado. Es muy notable el dibujo reproducido en la figura 157, porque a pesar de su apariencia geométrica y relativa sencillez contiene todas las letras mayúsculas del alfabeto latino.

No creemos necesario dar la solución detallada, pues sobre ser muy sencilla resultaría de exposición extremadamente larga.

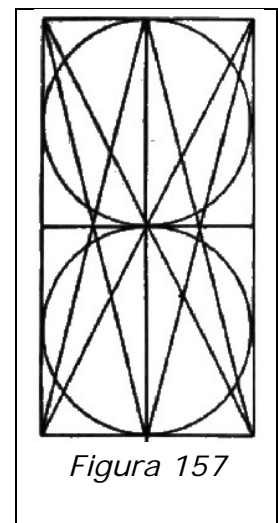


Figura 157

168. Separar entre sí, con un trazo continuo, todos los puntos de la figura 158 a.

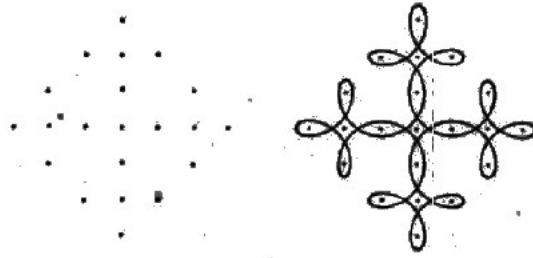
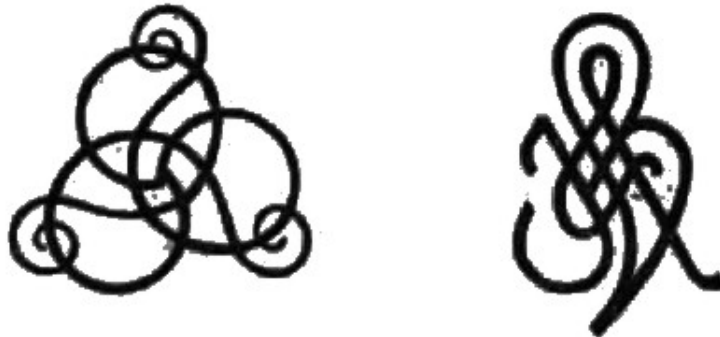


Figura 158

SOLUCIÓN. El problema admite multitud de soluciones. Si se admite la condición de que el trazo, además de ser continuo, constituya una línea cerrada y con las mayores condiciones de simetría posibles, el trazado ya se complica para el que no esté en el secreto. Una elegante solución es la de la figura 158 b.

Dibujos difíciles de recordar

169. Por sencilla que se presente la solución del anterior problema, no queda fijada en la memoria tan fácilmente como a primera vista parece, y constituye una engañosa cuestión la de proponer la repetición de la cuestión del párrafo anterior a aquel que se haya enterado por primera vez de la solución expuesta.



Figuras 159 y 160

Otros dibujos presentan la misma propiedad de ser muy difíciles de fijar en la memoria. De esta naturaleza es el representado por la figura 159. Ensáyese lo que cuesta reproducirlo de memoria, aun después de haberlo estado observando con la mayor atención y minuciosidad.

Lo mismo sucede con el de la figura 160, que representa la marca de fábrica de la casa Hartmann & Braun.

CAPITULO 3

Cuestiones varias

Adaptación de un tapón

171. El tapón de corcho recién sacado de la botella se ha dilatado de tal manera que no es posible volverlo a entrar. Para poderlo usar habrá que adelgazarlo. Mas ¿cómo?

El procedimiento ordinario de cortar con el cuchillo virutas más o menos gruesas de la superficie del tapón del mismo modo que se saca punta al lápiz, es muy inconveniente, por la dificultad de lograr que la nueva superficie sea cónica como la primitiva.

Es mejor procedimiento el siguiente: separar del interior del tapón una porción formada por dos cuñas, con la cabeza en una de las bases del tapón y la arista en la proximidad de la otra, y dispuestas de manera que se corten normalmente en el eje. Esto se consigue con cuatro cortes de cuchillo.

El tapón queda formado por cuatro partes unidas sobre la base mayor y separadas hacia la base menor: apretándolas para juntarlas, resulta un

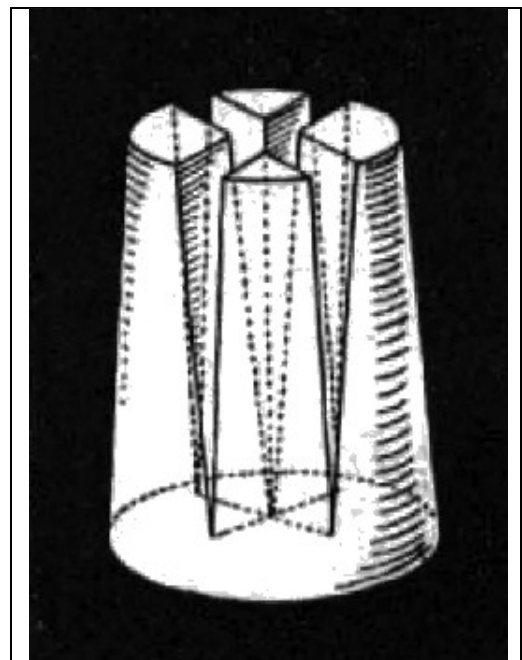


Figura 161

tronco de cono que por su base menor penetra perfectamente en el cuello de la botella y cierra muy bien por ser su superficie sensiblemente cónica y lisa, como la del tapón primitivo (figura 161).

Los tres cuadradillos

172. Tres cuadradillos pueden apoyarse recíprocamente de manera que sólo estén en contacto con la mesa por un extremo.

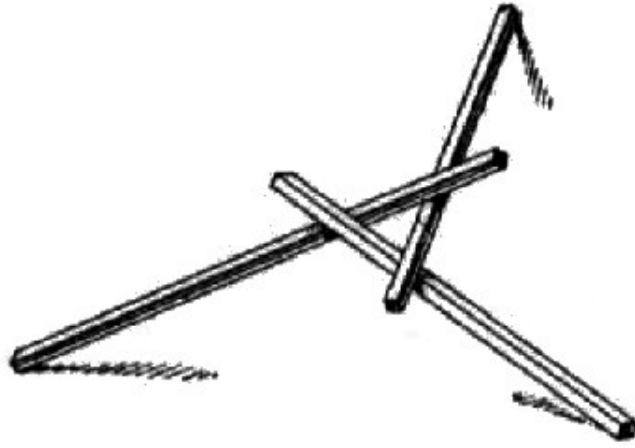


Figura 162

Claro está que basta unir los otros tres extremos de manera que vengan a formar los cuadrillos tres aristas de un tetraedro; pero el equilibrio conseguido de esta manera es muy inestable, y basta una trepidación para destruirlo.

Consíguese, en cambio, un equilibrio muy estable y se satisface la condición impuesta entrelazando los tres cuadrillos de la manera representada en la figura 162. Hasta tal punto es estable este equilibrio, que el trípode resultante puede servir de soporte a otros objetos bastante pesados, como una copa, un tintero, etc.

Tres cuchillos y tres copas

173. Tres cuchillos apoyados sólo por los mangos en los bordes de tres copas, sostienen perfectamente si se cruzan las hojas de la manera representada en la figura 163. Y no sólo se sostienen recíprocamente, sino que sobre las hojas puede colocarse, como sobre una mesa, un objeto pesado, como un plato, una botella llena de agua, etc.

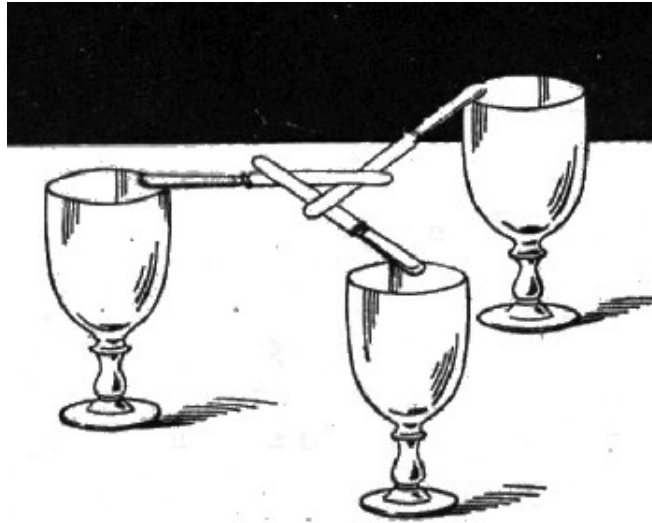


Figura 163

El equilibrio del dominó

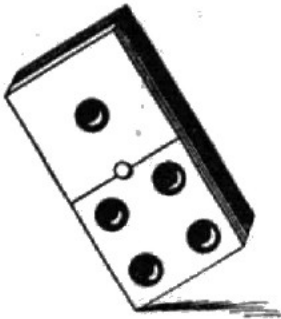
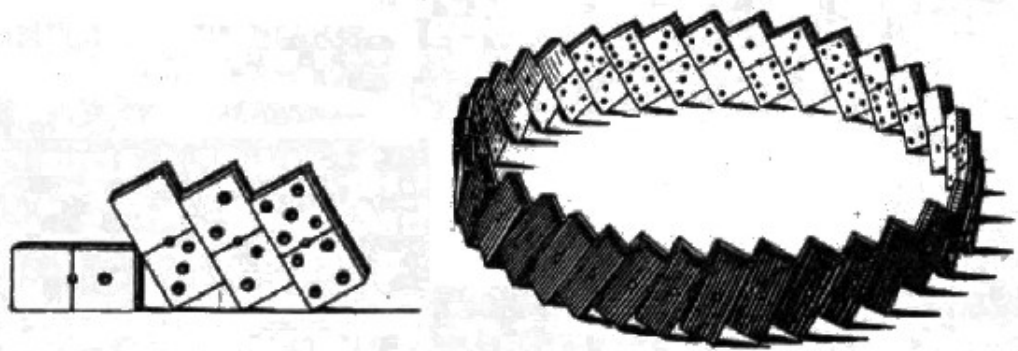


Figura 164

174. ¿Es posible lograr que todas las fichas de un dominó se sostengan de canto, como está representado en la figura 164?

Sí: es posible y hasta es fácil; basta colocarlas en círculo sobre la mesa de manera que cada una sostenga a la anterior. La única duda está en la manera de comenzar a disponerlas, mas esto se consigue fácilmente apoyando la primera ficha bien puesta sobre otro objeto, por ejemplo,

sobre otra ficha (figura 165) y colocando bien ésta cuando se vaya a cerrar el círculo (figura 166).



Figuras 165 y 166

Asientos improvisados

175. Es una cuestión parecida a la anterior: sentarse todos, estando el suelo mojado y careciendo de sillas (figura 167).

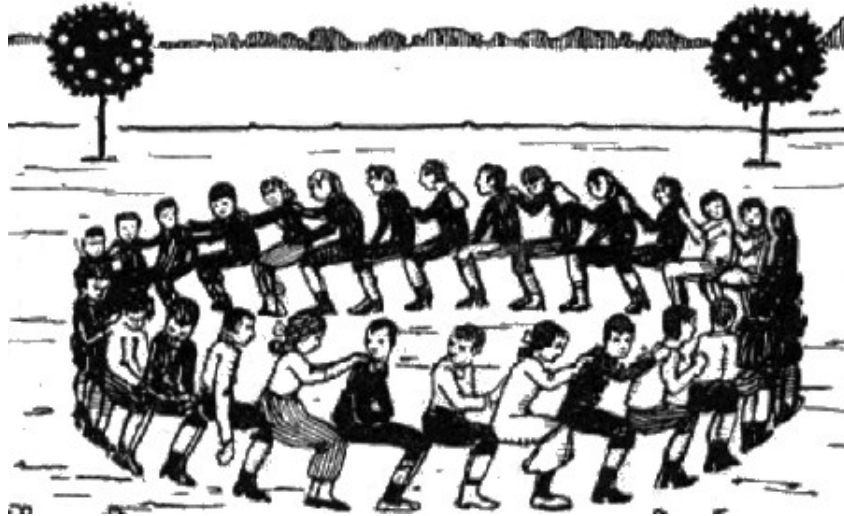


Figura 167

Dícese que alguna vez han resuelto de la misma manera el problema de descansar, las tropas de África, marchando por llanuras cenagosas.

El problema de las cinco pesetas

176. Cinco pesetas sueltas deben colocarse de tal manera sobre la mesa que cada una de ellas esté en contacto con las otras cuatro.

La solución está representada en la figura 168.



Figura 168

Colóquese una moneda de plano, sobre ella otras dos también de plano que se toquen por el borde; y sobre éstas, de canto, las dos últimas, de modo que se apoyen una en otra y que se introduzcan por sus bordes inferiores para llegar al contacto de la primera moneda, en la escotadura formada por las otras dos monedas puestas de plano.

Tres palillos sostenidos en el aire por uno solo

177. Hendido el extremo de un palillo con el cortaplumas, se le afianza otro de modo que formen una V; ésta se pone con las patas en la mesa y el vértice al aire apoyado por un tercer palillo, de manera que el conjunto forme un trípode.

Propóngase ahora la cuestión de levantar los tres palillos con otro transversal, sin tocar más que éste con los dedos.

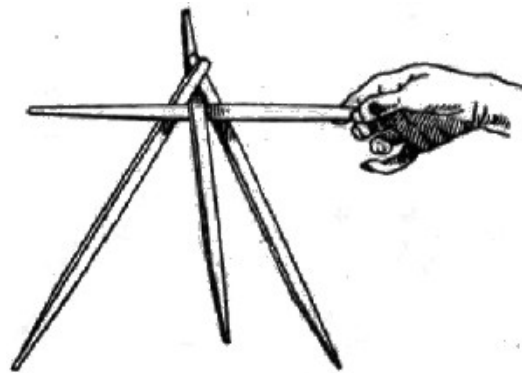


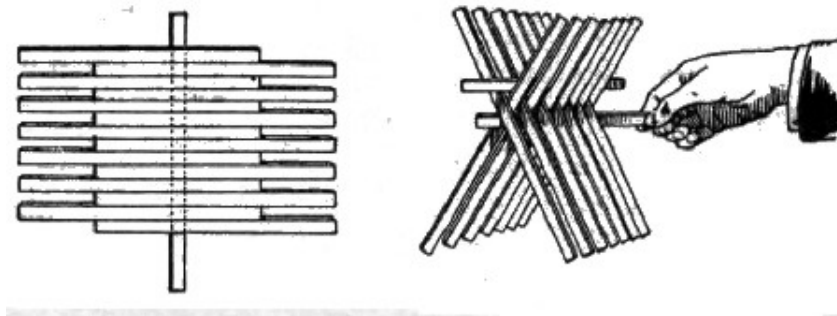
Figura 169

Difícil es conseguirlo, porque con el palillo transversal pasado por entre las patas del trípode o se levanta sólo la A y se viene al suelo, al quedar suelto, el tercer palillo, o no se levanta ninguno.

El artificio que permite conseguir lo propuesto consiste en pasar el palillo transversal entre la A y el palillo suelto, dar un ligero empuje a la A para separarla del tercer palillo, con lo cual éste pasará a apoyarse sobre el transversal, que también sostendrá, por otro lado, la A; bajar un poco el palillo transversal, para que el extremo del palillo suelto penetre en el ángulo de la A, y elevar horizontalmente el cuarto palillo (figura 169).

¿Se pueden levantar y sostener quince palillos con uno solo?

178. A lo largo del palillo-sostén, puesto sobre la mesa, dispónganse catorce palillos, de manera que alternativamente sobresalgan más por la derecha o por la izquierda. Paralelamente al primero y sobre los catorce, colóquese el decimoquinto de manera que deje libre el extremo por el cual asiremos al primero. Bastará entonces elevar éste horizontalmente para que los catorce palillos (siete de los cuales tenderán a caer hacia la derecha y los otros siete hacia la izquierda) queden trabados entre el superior y el inferior sin que se caiga ni uno solo.



Figuras 170 y 171

La figura 170 muestra la manera de disponer los palillos en la mesa, y la figura 171 la manera como quedan sostenidos.

Cuestiones resueltas por la flexibilidad del papel

179. Pasar una moneda por un orificio circular de diámetro menor que el suyo. Abierto en una hoja de papel un orificio de unos 20 mm de diámetro, se puede hacer pasar por él una moneda de 5 céntimos (diámetro, 25 mm). Se dobla el papel según un diámetro del orificio, se aplica al orificio la moneda sujeta entre los dos dobleces del papel, Y se separan con cuidado los extremos del orificio, rectificando los contornos semicirculares del mismo (figura 172).

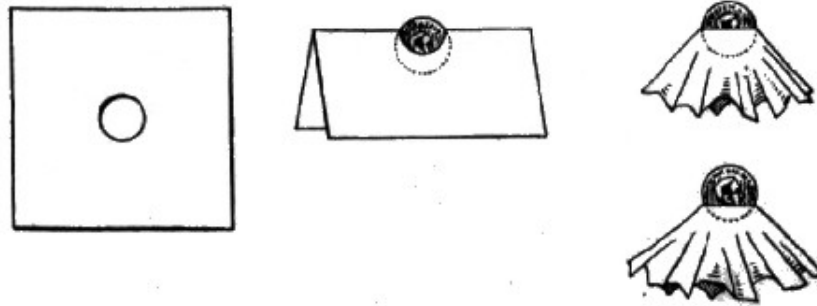
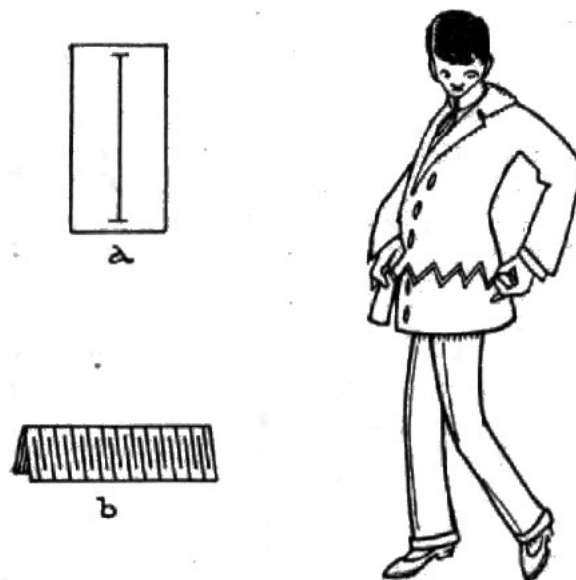


Figura 172

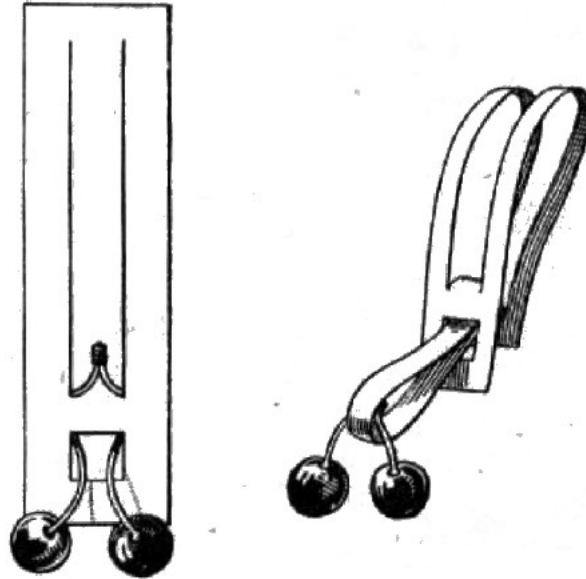
180. Pasar un hombre por un orificio abierto en una tarjeta de visita.



Figuras 173 y 174

Cortando una tarjeta según su eje mayor sin llegar a los bordes (figura 173 a), doblándola según el mismo eje, y recortándola alternativamente por uno y otro lado, sin llegar al lado opuesto (figura 173 b), se conseguirá practicar en ella una abertura por la que podrá pasar sin dificultad una persona (figura 174).

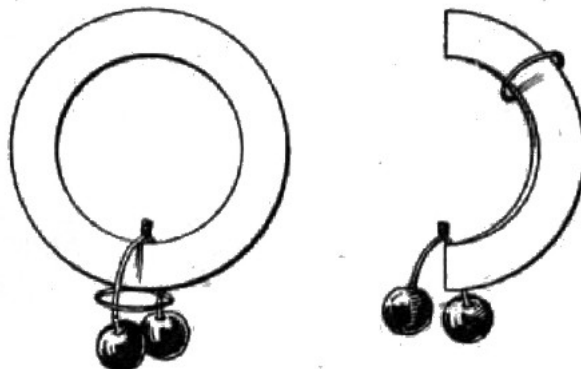
181. Córtese longitudinalmente una tira de cartulina según dos líneas paralelas a los bordes (figura 175) y al pie de estas líneas ábrase una ventana de igual anchura que la distancia entre aquellas dos.



Figuras 175 y 176

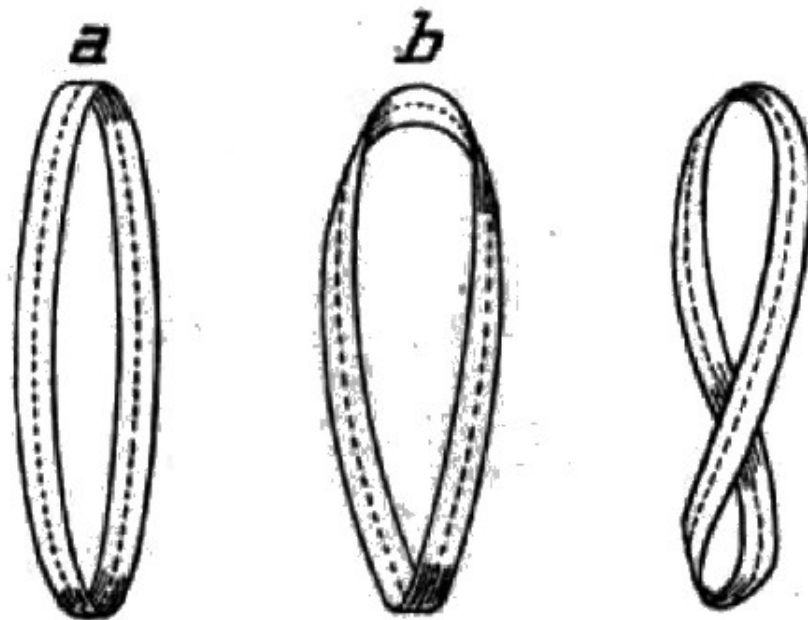
Encorvando la tira de cartulina y haciendo que la porción media de la cinta limitada por los dos cortes paralelos atraviese la ventana, se podrá suspender de aquella cinta un par de cerezas. Desdoblado el conjunto y entregándolo a alguien que ignore el procedimiento empleado para colgar las cerezas, no comprenderá cómo ha podido procederse, ya que no pasan las cerezas por la ventana, y no sabrá cómo separarlas.

182. Constituye un problema de la misma índole la separación de un par de cerezas (no estando en primavera, un par de tapones unidos por un hilo) suspendidas de un aro de papel y sujetas por un anillo (figura 177). Doblando el aro queda solucionado el problema (figura 178).



*Figuras 177 y 178***Aros de papel**

183. Con largas tiras de papel de unos tres centímetros de anchura se pueden preparar unos aros, de gran diámetro, que a primera vista parecerán iguales, pero al recortarlos a lo largo de las tiras producirán efectos muy diversos.

*Figuras 179, 180 y 181*

El secreto de la preparación es sencillo: en el primero se habrán pegado los extremos de la tira de papel sin retorcerla (figura 179); en el segundo se habrán pegado aquellos extremos, después de haber torcido media vuelta la tira de papel (figura 180); en el tercero se habrán pegado los extremos después de dar una vuelta entera, torciéndola, a la tira (figura 181).

Si los aros son de pequeño diámetro, se reconoce con demasiada facilidad el artificio; pero si se emplean tiras muy largas, su misma flexibilidad impide darse cuenta de la torsión a aquel a quien se entreguen los tres aros para que los someta a la operación de dividir las tiras de papel longitudinalmente con las tijeras.

Entonces, el primer aro queda convertido en dos, del mismo diámetro, independientes; el segundo aro, de torsión igual a media vuelta, queda convertido

en un aro único, de diámetro doble que el primitivo; del tercer aro, de torsión igual a una vuelta entera, resultan dos aros enlazados.

El aro mayor, resultante del corte del segundo, tiene la misma torsión que el tercero, y, por lo tanto, cortado longitudinalmente a su vez, dará dos aros enlazados.

Pueden prepararse también aros con torsión de vuelta y media, de dos vueltas, etc., y al cortarlos longitudinalmente se obtendrá un solo anillo siempre que el número de medias vueltas de la torsión sea impar, y dos anillos enlazados siempre que el número de medias vueltas de la torsión sea par (o entero el número de vueltas), pero así el anillo único como el doble se presentan complicados por nudos y entrecruzamientos en tanto mayor número cuanto mayor sea la torsión del papel en el anillo primitivo.

Anudamientos difíciles

184. De sobremesa, doblada una servilleta diagonalmente, propóngase esta cuestión.

Hacer un nudo en la servilleta, sujetándola por los extremos, sin soltarlos hasta que se termine la operación.

La solución es muy sencilla: anúdense los brazos antes de asir los extremos de la servilleta, es decir, crúcense los brazos, tómense las puntas de la servilleta y tírese de ellas hasta dejar hecho el nudo (figura 182).



Figura 182

185. Anudarse un cordel en la muñeca de la mano izquierda, sin servirse de la mano derecha.

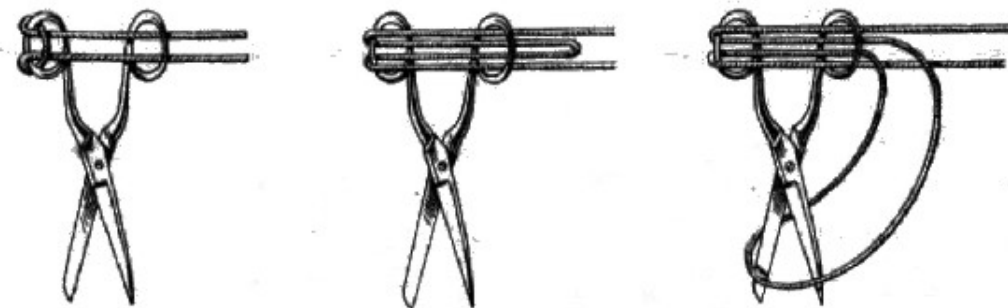


Figuras 183 y 184

Sujeto un extremo del cordel con la mano izquierda, mediante un movimiento rápido se hará que el cordel dé vuelta a la mano. El extremo que se sujetaba se soltará sobre el cordel, al otro lado de la mano, y se recogerá con la misma mano por debajo (figs. 183 y 184).

Lazos enigmáticos

186. Suspendidas unas tijeras de un cordel en la forma representada en la figura 185 y sostenidos los extremos del hilo con la mano o atados a un objeto fijo, propóngase la cuestión de desatar las tijeras sin cortar el hilo ni soltar los extremos. Las figuras 186 y 187 muestran dos fases de la marcha que hay que seguir para lograrlo.



Figuras 185, 186 y 187

187. Dos tarjetas de visita, con dos agujeros circulares cada una, se atan como está representado en la figura 188.



Figura 188

El problema está en desatarlas sin deshacer el nudo ni cortar el hilo.

Esta cuestión, muy semejante a la de las tijeras del párrafo anterior, se soluciona de la misma manera, liberando las dos tarjetas una tras otra.

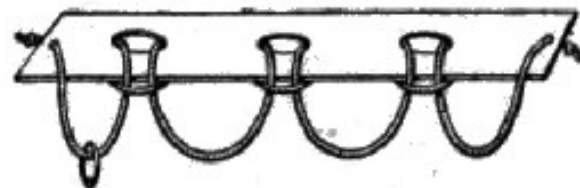
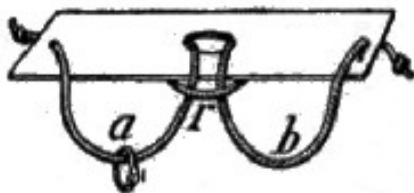
Tirando del ramal r se pasa por el orificio b, y ensanchando la malla formada, se pasa por ella la otra tarjeta: así quedará inmediatamente libre la primera. La liberación de la segunda no tiene dificultad.



Figura 189

La figura 189 representa el mismo juego ligeramente modificado. (Figura defectuosa: los nudos extremos deben ser como el a r de la figura anterior.)

188. En una tira de cartón ábrase un orificio por el que no pueda pasar una sortija, y enlácese un cordel en la forma representada en la figura 190, anudándolo en dos orificios practicados en los extremos de la tira, y no olvidándose de suspender en uno de los ramales la sortija.



Figuras 190 y 191

La cuestión está en hacer pasar la sortija de a a b: se tira de r para aflojar el lazo y pasarlo por encima al otro lado del cartón; se tira ahora de los dos ramales de a y b que por delante salen del agujero, hasta que por este mismo agujero asome su punto de unión r arrastrando dos anillas formadas por los ramales de a y b que parten de los nudos. Entonces aflojando esas anillas se puede hacer pasar a su través la sortija por r de a a b, y repitiendo en sentido inverso las operaciones queda resuelto el problema.

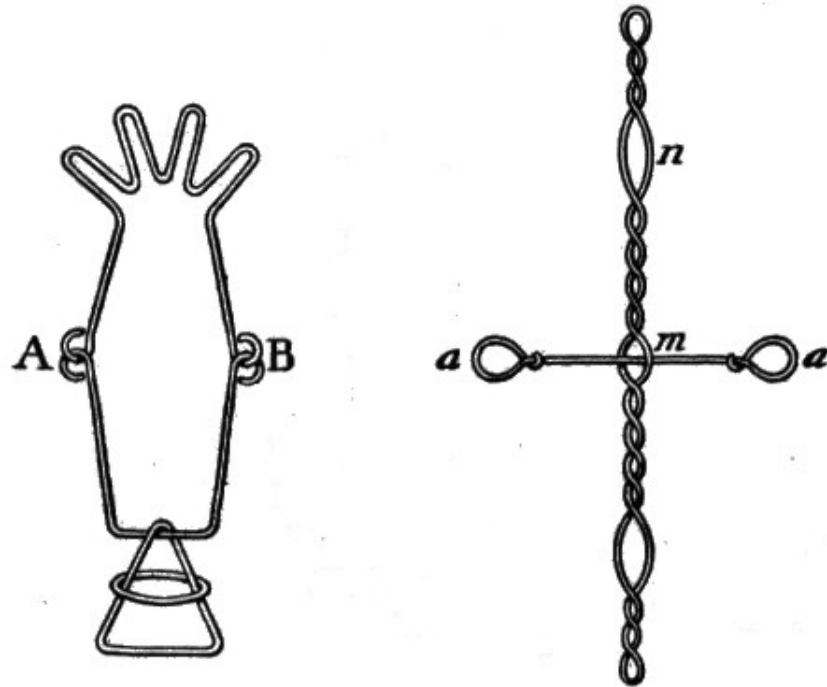
Para complicar más el problema, aunque sin dificultarlo más, se usa una tira con varios orificios y un cordel con otros tantos lazos, del modo indicado en la figura 191.

Alambres enigmáticos

189. Para construir las siguientes enigmáticas figuras de alambre se empleará hilo de cobre o de latón no recocido, de 1 mm de diámetro. Para doblarlo se usarán dos alicates: unos de punta redonda, para formar los ojetes, y otros de punta plana para las porciones rectas.

Anillas se encuentran en cualquier tienda de quincalla o de ferretería. La figura 192 representa una de esas enigmáticas construcciones de alambre: ¿cómo libertar la anilla?

SOLUCIÓN. Condúzcase anilla y triángulo al punto A, dóblese la figura alrededor de A B, y corriendo la anilla, se suelta por B.



Figuras 192 y 193

190. ¿Cómo puede separarse del alambre retorcido (figura 193) el trozo de alambre recto que lleva en sus extremos unos ojos más anchos que el ojo por él atravesado en el alambre retorcido?

SOLUCIÓN. Se introduce el alambre recto en las espiras superiores y se le va dando vueltas, como atornillándolo, hasta llegar a n , más ancho que m y que los ojos de los extremos del alambre recto.

Facilísimo

191. Colóquense sobre la mesa tres monedas: una de 10 céntimos y, a cada lado de ella, una de 5 céntimos, e invítese a una persona que se precie de lista a quitar de en medio la moneda de 10 céntimos sin tocarla directa ni indirectamente.

Lograse perfectamente tomando una de las monedas de 5 céntimos y colocándola al otro lado de la del mismo valor: ahora la que está en medio es una de las monedas de 5 céntimos y no la de 10 céntimos.

Adivinación fácil y segura

192. Invítese a una persona a escribir una frase sobre una hoja de papel que le ofreceremos, junto con la carpeta en que colocarla y lápiz, y a guardar la hoja escrita tan secretamente como quiera. Al devolvernos la carpeta nos entregará, sin darse cuenta, copia del escrito, si hemos sabido preparar el juego disponiendo sobre la carpeta una hoja de papel de calco y otra de papel blanco. Aprovechando un momento de distracción de los circunstantes podemos leer la copia y asombrarles luego con nuestras evidentes facultades adivinatorias.

Escritura secreta

193. Clave de cifras. Por su reducido número (diez) es muy fácil formar una clave de cifras y valerse de ella para un sistema de numeración sólo inteligible para los que posean aquella clave.

Uno de los sistemas más empleados en el comercio, consiste en valerse de palabras más o menos extravagantes, formadas de diez letras distintas, y atribuir a cada una de estas letras la representación de la cifra correspondiente al lugar por ella ocupado en la palabra.

Por ejemplo, adoptando la palabra *Barcelonis*, el número 439,25 se expresará así: cri,ae; y adoptando la palabra *Pondichery*, el mismo número se expresará así: dnr,oi.

194. Las palabras *Cortinajes* y *Murciélago* pueden servir para el mismo objeto.

Las claves anteriores tienen la ventaja de ser al mismo tiempo gráficas y habladas, es decir, de poderse usar igualmente en la escritura y en el lenguaje. Como clave destinada solamente a la escritura, es notable la resumida en el siguiente cuadro:

1	2	3
4	5	6
7	8	9

representándose cada número por las dos, tres o cuatro rectas que limitan la correspondiente casilla. El cero puede representarse por un punto o por dos trazos paralelos = o || o por una N (nulo). Así, el número 439,25 se expresará así:



195. Clave de letras. El ser mucho más numerosas las letras que las cifras impide llegar a substituir simplemente aquéllas por éstas en la escritura, pero es muy fácil substituir las mismas letras por otras letras, sin temor a la confusión que acarrearía el empleo de una clave de cifras en que éstas se substituyeran por otras cifras.

Para formar una clave de letras escríbase ordenadamente el abecedario, y debajo escríbase de nuevo, pero esta vez desordenadamente, cuidando sólo que se correspondan las letras de debajo con las de encima: en la escritura se substituirán las letras del primer abecedario por las correspondientes del segundo:

a b c d e f g h i j k l m n ñ o p q r s t u v x y z
h n i m d o r e s a t p c v ñ x b k y u l g z q f j

Así, la frase:

Llegaré mañana por la tarde

se escribirá así, empleando la clave anterior:

ppdrhyd chñhvh bxy ph lhymd.

196. Se ha usado también como clave de letras un cuadro de doble entrada en el que las cinco vocales repetidas en línea vertical y en línea horizontal servían de indicadoras de 25 casillas en que estaban alojadas en cualquier orden las 25 principales letras del abecedario. Cada letra se designaba por las vocales que encabezaban la vertical y la horizontal que pasaba por la correspondiente casilla.

He aquí uno de esos cuadros:

	a	e	i	o	u
a	l	s	o	c	i
e	g	b	h	u	x
i	p	ñ	r	v	d
o	f	a	z	q	m

u	j	y	n	t	e
---	---	---	---	---	---

según el cual la l estará indicada por aa; la r por ii, la d por iu; la z por oi, etc.

Por ejemplo, la frase

Saldremos el jueves

vendrá expresada así:

aeoeaaiuiuuouaiaie uuaa uaeouuiouuae.

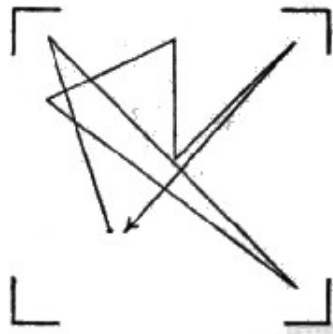
Para dificultar que llegue a descifrarse el escrito por quien no conozca la clave, conviene no establecer separación entre las distintas palabras:

aeoeaaiuüuuouaiacuuaauaeouuiouuae.

Claro está que en vez de vocales podrían ponerse números.

197. Correspondencia por diagramas.

<i>l</i>	<i>s</i>	<i>o</i>	<i>c</i>	<i>i</i>
<i>g</i>	<i>b</i>	<i>h</i>	<i>u</i>	<i>x</i>
<i>p</i>	<i>ñ</i>	<i>r</i>	<i>v</i>	<i>d</i>
<i>f</i>	<i>a</i>	<i>z</i>	<i>q</i>	<i>m</i>
<i>j</i>	<i>y</i>	<i>n</i>	<i>t</i>	<i>e</i>



Figuras 194 y 195

Sobre un cuadriculado que contenga sin orden todas las letras del alfabeto, se coloca una hoja de papel translúcido y con lápiz o tinta se van señalando con trazos rectos los pasos consecutivos de una a otra de las letras que formen la palabra o frase. La hoja con el diagrama se envía al destinatario: éste la coloca sobre su cuadro-clave, y siguiendo los trazos va deletreando la interpretación del diagrama.

Claro está que en el diagrama deberán marcarse los ángulos del cuadro (por lo menos dos opuestos) para que el destinatario pueda hacer la superposición exacta. Así, el diagrama de la figura 195, colocado sobre la clave de la figura 194, dará la palabra Alegoría. Pero el diagrama se complica extraordinariamente en cuanto se hayan de representar más de tres o cuatro palabras.

198. Es también un medio de correspondencia secreta el empleo de un libro convenido, substituyendo en el escrito cada palabra por la indicación de la página, línea y situación en la línea en que la palabra se encuentre. El escrito así formado resulta indescifrable para quien no esté en el secreto del libro convenido.

199. Las tintas simpáticas, que se describirán más adelante, resuelven de un modo muy diferente la misma cuestión de la correspondencia secreta.

Transmisión del pensamiento

200. En salas de espectáculos preséntanse a menudo artistas que realizan, según dicen, experimentos magnéticos o hipnóticos, de televisión, etc., encaminados a transmitir el pensamiento de uno a otro extremo del local. En un extremo, de cara a la pared y de espaldas al público, se sienta uno de los artistas, generalmente una mujer, con los ojos perfectamente vendados, mientras el otro artista, paseándose entre el público, pide determinados objetos a los espectadores, e interpela respecto de ellos a la sibila, la cual va contestando con sorprendente exactitud a todas las cuestiones: así, adivina el número de cigarros de una cigarrera, el color de un traje, el dinero contenido en un monedero, etc.

En el fondo, no se trata más que de una ingeniosa farsa: el pensamiento es transmitido, como de ordinario, por la palabra, pero no por la palabra normal, sino por otras, previamente convenidas entre los dos artistas. Así, según la forma en que el artista que interroga pregunte cuál es el número de cigarros de una determinada cigarrera, responderá el otro artista que uno o cinco, o los que sean. Muchas veces, para facilitar al artista interrogado el recuerdo de la correlación entre las preguntas y las respuestas, aquéllas empiezan por la inicial de éstas; pero no hay ninguna precisión de que así sea. Además, a cada forma de pregunta pueden corresponder

varias respuestas, según lo preguntado sea un número, un color, un tamaño, etc. Nada más fácil que formar una clave semejante, que pueda ser utilizada para un divertido juego de sociedad; por ejemplo:

PREGUNTA	NÚMERO	COLOR	...
Oye, ¿quieres decirme...	cero	negro	...
¿Puedes saber ...	uno	gris	...
Dime...	dos	blanco	...
¿También me dirás ...	tres	rojo	...
¿Cuál es... ¿Cómo es...	cuatro	amarillo	...
Veamos si dices...	cinco	verde	...
¿Sabrás decirme...	seis	azul	...
Si sabes dime...	siete	morado	...
Atiende...	ocho	rosa	...
¿No podrás decirme ...	nueve	pardo	...

EJEMPLOS: ¿Puedes saber cuántas pesetas hay en este monedero? — Una.

¿También me dirás el color de esta corbata? — Rojo.

Para números superiores a nueve se modifican ligeramente y de una manera convenida, las preguntas anteriores, por ejemplo: anteponiendo a ellas «A ver» para números comprendidos entre 9 y 19 (el «A ver» valdrá 10), anteponiendo «Hola» para números comprendidos entre 19 y 29 (el «Hola» valdrá 20), etc.

Además, es muy útil para el mayor éxito la siguiente convención: una pregunta fuera de clave, indicará la no existencia del objeto acerca del cual se pregunta; por ejemplo:

Este pañuelo, ¿de qué color es?

No hay tal pañuelo.

Es verdad, tienes razón: no es un pañuelo sino un monedero: ¿no podrás decirme cuántas pesetas contiene?

Nueve.

Claves mnemotécnicas

201. Los tratados de Mnemotecnia (arte de auxiliar y desarrollar la memoria) señalan claves de correspondencia entre las cifras y determinadas consonantes. Para recordar un número, se le substituye por una o varias palabras en que se sucedan en el mismo orden que sus cifras las consonantes correspondientes; para facilitar el recuerdo se procura que la palabra adoptada tenga alguna relación con la que el número haya de expresar.

También se procura, al formar la tabla, que cada consonante esté relacionada con el nombre o significado de la correspondiente cifra; así, para la cifra 3, se elige la t (su inicial) o la m (que tiene tres piernas).

Combinaciones difíciles de movimientos

202. Aplicado a la nariz el dedo índice de la mano derecha y a la oreja derecha el índice de la mano izquierda, trátase de pasar rápidamente el índice de la mano derecha a la oreja izquierda y el índice de la mano izquierda a la nariz (la nueva posición es simétrica de la anterior). No se logrará realizarlo sin tropezones.



Figura 196

Sin embargo, se puede hacer con trampa, haciendo que los dedos se mantengan fijos en el espacio y moviendo rápidamente la cabeza de izquierda a derecha. Pero no está lo difícil en el movimiento de la cabeza, sino en tener ésta fija y mover los brazos.

203. Muévase la mano derecha horizontalmente describiendo una circunferencia ideal y al mismo tiempo, con el pie derecho levantado, describase otra circunferencia ideal... en sentido contrario al de la mano (figura 196).

Aun comenzando bien, antes de dar una vuelta entera el pie descompone su movimiento y emprende el de la mano.

204. De la misma índole son los trabalenguas, o frases de difícil expresión, que parecen entorpecer los movimientos de la lengua y de los labios en cuanto se trate de pronunciarlos con cierta rapidez o reiteradamente.

Todos los idiomas los poseen, más o menos ingeniosos: recordaremos aquí, entre los castellanos, el siguiente conocidísimo:

*«El cielo está enladrillado.
¿Quién lo des-enladrillará?
El que lo desenladrillare,
buen desenladrillador será.»*

O bien la repetición, continuada con cierta rapidez, de las palabras «un tigre, dos tigres, tres tigres».

Y entre los catalanes, el «plou poc però plou prou» y tantos otros, abundantísimos en el folklore.

¿Son» o «hacen»?

205. En una conversación no atendemos, en general, más que a aquello sobre lo cual nuestro interlocutor nos llama la atención, con la inflexión de la voz, con la vista o con los ademanes. Podríamos decir que únicamente nos fijamos en lo que se nos subraya, y muchas veces, sin advertirlo, dejamos pasar las mayores tonterías o falsedades, por la sencilla razón de no haberlas oído subrayadas.

El siguiente juego, muy conocido, prueba lo antedicho. Le preguntan a un individuo, si conviene decir que siete más cinco son trece que hacen trece, y como ha notado que se le recalcan las palabras «son» y «hacen», el preguntado atiende sólo a la cuestión gramatical, entreteniéndose en la comparación de las dos expresiones, mientras comete el desatino de aceptar el error de que cinco más siete sumen trece, cuando en realidad suman doce.

El gesto

206. Alguien ha dicho que el gesto, la mímica, que tanto prodigan los oradores meridionales, es un verdadero atavismo o por lo menos una reconocida insuficiencia

de los medios de expresión oral. En efecto, algo debe de haber de verdad en ese concepto del gesto, por lo menos en el gesto prodigado, que constituye un vicio, más que un adorno, de la oratoria.

Además, cuando los novelistas han querido pintar los caracteres de un orador perfecto, han señalado casi siempre la sobriedad en el gesto. Por ejemplo, Benson, en *El amo del mundo*, dice de Felsenburgh: «*Mientras pronunciaba su discurso, permaneció inmóvil con las manos apoyadas en el pasamano de la barandilla: una sola vez, en el período más culminante de su peroración, hizo un gesto que arrancó un suspiro de todos los pechos, como si el auditorio se sintiera aliviado de una pesada carga que le oprimiera*».

Que la insuficiencia de expresión oral puede ser el origen del gesto, lo prueba el siguiente divertido experimento: Pregúntese a uno o a varios individuos: «¿Qué significa compacto?», y como no se tendrá pensada la definición, ni se sabrá improvisar con claridad, aunque todos tengan el concepto de compacidad, inmediatamente moverán los dedos uniéndolos y alejándolos alternativamente, queriendo expresar con el gesto lo que no se atina a expresar con la palabra.

También la generalidad responde con gestos a la pregunta: «¿Qué es una escalera de caracol?»

Las serpientes

207. En la selva vivían cuatro serpientes irreconciliablemente enemistadas. Halláronse juntas un día las cuatro y deseosas de devorarse, acometiéndose con todo furor, cada una de ellas empezó a engullir la cola de otra. Así se unieron en círculo las cuatro serpientes, con la cola de cada una en la boca de la siguiente (figura 197) y fueron engulléndose las cuatro con igual rapidez.

El círculo debió de irse estrechando... ¿hasta cuándo?
¿Cuál debió de ser el término de la lucha?



Figura 197

La escuela de los sofistas

208. Protágoras, el sofista (488-420 a. de C.), admitió a Euathlus en su escuela con la condición de que la segunda mitad de los honorarios los pagaría el discípulo el día en que ganase el primer pleito. Terminados los estudios, y pasando los días sin que se encargara de ningún pleito, Euathlus fue difiriendo la segunda paga; impaciente Protágoras, se la reclamaba, diciendo que si llevaban la cuestión a los tribunales y los jueces fallaban a favor de Protágoras, Euathlus en cumplimiento de la sentencia debería hacerle efectiva la cantidad convenida; y si los jueces fallaban a favor de Euathlus, éste, habiendo ganado el primer pleito, debería asimismo pagarle a Protágoras lo convenido.

A lo cual replicaba Euathlus que en manera alguna le debería pagar, pues tratándose de su primer pleito, si lo perdía no estaba obligado a pagarle a Protágoras la segunda mitad de los honorarios, y si lo ganaba, en cumplimiento de la sentencia de los jueces, tampoco debía pagarle.

Dícese que llevado, en efecto, el asunto a los tribunales, los jueces quedaron perplejos, y murieron uno tras otro sin haber llegado a dictar sentencia.

El asno de Buridán

209. Juan Buridán, filósofo del siglo XIV, para investigar si los animales poseían o no libre albedrío, propuso que se realizase un célebre experimento.

Someter un asno a riguroso ayuno, y colocarlo después a igualdad de distancia de un cubo de agua y de una medida de cebada: si el asno careciese de libre albedrío, equilibrándose la atracción que sobre su sed ejercería el agua y la que sobre su hambre ejercería la cebada, debería dejarse morir de hambre y de sed por no poder decidirse... Este es el extravagante argumento que ha perpetuado el nombre de Buridán y ha elevado a su asno a la categoría de prototipo de la gente indecisa.

La petaca de oro

210. He aquí un sofisma de origen relativamente moderno.

Un caballero que en una joyería compraba una petaca de oro, eligió entre dos, una de 500 pesetas y otra de 1000, la de 500 pesetas; pagó su importe y se marchó. Mas al cabo de algunas horas, volvió a la joyería para decirle al joyero que si no tenía inconveniente en ello, se quedaría con la petaca de 1000 pesetas en vez de la

de 500 que antes había elegido. No opuso obstáculo el joyero, y le entregó la petaca de 1000 pesetas, devolviéndole el cliente la de 500 pesetas y diciéndole: 500 pesetas que le entregué a usted antes, y 500 pesetas que vale la petaca que le devuelvo, son las 1000 pesetas de la petaca que ahora me llevo. Y así se quedó el caballero con la petaca de 1000 pesetas sin haber pagado por ella más que 500.

Unos zapatos y un billete

211. Cuestión análoga a la anterior es la siguiente, muy popular, que en su obra «*Axiomas de los negocios*» expone Casson en esta forma:

«Un sujeto entró en una tienda, compró un par de zapatos por el precio de una libra y dio al dependiente un billete de cinco libras. Como el dependiente no tenía cambio, hubo de correr al banco en busca de él. Dos horas después de partir el cliente, el cajero del banco corrió a la zapatería y manifestó que el billete de cinco libras era falso. El dependiente hubo de quedarse con él y dar un billete bueno al cajero. Así, entre el cliente y el banquero, ¿cuánto perdió la zapatería?»

»He propuesto este problema a varios hombres de negocios y he recibido hasta cinco respuestas distintas: 10 libras; 10 libras y los zapatos; 9 libras y los zapatos; 5 libras; y 4 libras y los zapatos. La respuesta última es la verdadera. Los tres elementos en este caso fueron el cliente, la tienda y los zapatos. El banquero, naturalmente, no ganó ni perdió. Sólo interviene en este caso para enredar las cosas. Hay aquí dos operaciones que la mayor parte de los cerebros no desenredan desde el primer momento. En una de ellas intervienen la tienda, el billete falso y el banco. En la otra la tienda, los zapatos y el cliente. La pérdida ocurrió únicamente en la última operación.»

LIBRO SEGUNDO

Observaciones y Experimentos

CAPÍTULO 1

Física

MECÁNICA Y GRAVEDAD

La plomada.

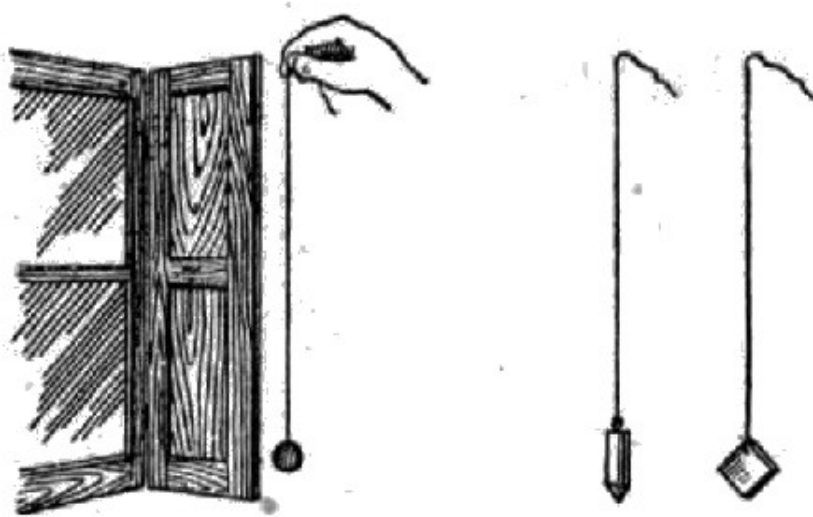
212. Una piedra, un libro, un tapón de cristal, cualquier objeto suspendido de un hilo puede formar una plomada, pues el peso del objeto, poniendo tirante el hilo, hará que éste se mantenga rectilíneo y vertical. Una moneda puede servir también para el caso, en especial una moneda agujereada, como las de níquel de ciertos países, tan fáciles de enhebrar.

Se ha de procurar que la rigidez del hilo empleado no sea excesiva con respecto al peso suspendido: esto casi equivale a decir que conviene valerse de un hilo delgado, pero no hay que exagerar la delgadez, para no caer en el inconveniente de que el hilo deje de ser visible a una discreta distancia.

Con el aparato así preparado se puede comprobar la verticalidad de las paredes, de las esquinas, de las puertas y de los postigos (figura 198), suspendiendo la plomada a una distancia de unos pocos centímetros de la línea recta o plano cuyo grado de verticalidad se trate de averiguar, y comprobando que el hilo tenso de la plomada le sea perfectamente paralelo. Muchas sorpresas depara el examinar con la plomada las puertas y postigos de una habitación a las que siempre, por no fijarnos, habíamos creído rigurosamente verticales: la madera, desecándose, se alabea, y lo que en un principio había sido una recta vertical, al cabo de algún tiempo ni es vertical ni es recta.

213. Pero la plomada que se ha descrito en el párrafo anterior, no sirve para resolver problemas de la índole del siguiente. Determinar en el suelo el punto que cae en la misma vertical que otro punto más elevado, por ejemplo, un punto del techo.

Estorba en tal caso el volumen del cuerpo suspendido del hilo; porque suspendida nuestra plomada del punto dado, ¿quién es capaz de decir de una manera exacta cuál de los diversos puntos del suelo que el cuerpo pesado (piedra, moneda, libro, tapón) oculta, es el que se encuentra en la prolongación de la recta vertical marcada por el hilo?



Figuras 198 y 199

De aquí que las buenas plomadas lleven un cuerpo pesado terminado en punta por la parte inferior y la masa de dicho cuerpo esté simétricamente repartida alrededor de la recta que une la punta en cuestión y el punto por el cual el peso está unido al hilo. Con una plomada así constituida, se sabe que la punta del cuerpo pesado está en la misma vertical que el hilo y por lo tanto con ella se puede resolver el problema propuesto.

Para construirse uno mismo una plomada con punta inferior que se sitúe siempre en la vertical marcada por el hilo, basta tomar un trozo de lámina de plomo de unos 2 mm de grueso y recortar en ella un cuadrado de unos 2 cm de lado. Una lámina semejante de plomo, en tan pequeña cantidad, siempre puede obtenerse, aunque sea aprovechando un trozo de tubo de plomo viejo, abriéndolo y aplastándolo con el martillo. A martillazos no sólo podremos darle forma plana, sino reducir su espesor al requerido, en el caso de que fuese excesivo el del tubo. ¡Es el plomo un metal tan blando!... Para cortarlo podrá emplearse un cuchillo.

Obtenido el cuadrado metálico, con una barrena delgadita, mejor que con un clavo y el martillo, abriremos junto a un vértice un orificio para atarle el hilo. Así habremos preparado una plomada de mucha utilidad y precisión (figura 199).

Conviene ahora señalar la necesidad de lavarse bien las manos con abundante jabón después de haber estado tocando con mucha insistencia plomo, pues la suciedad que la piel recibe de este metal es venenosa.

214. El problema propuesto en el párrafo último, hallar en el suelo el pie de la vertical que pasa por un punto superior, se puede resolver sin plomada, recordando que los cuerpos en su movimiento de caída siguen la misma vertical marcada por la plomada. Por lo tanto, dejando caer libremente unas gotas de agua desde el punto dado, esas gotas caerán precisamente al pie de la vertical que pasa por el punto desde el cual se han soltado. En el párrafo siguiente veremos una aplicación de este procedimiento.

Rotura de una nuez por la caída de un cuchillo

215. Una nuez puede romperse golpeándola con el mango de un cuchillo, pero el impulso necesario en vez de recibirlo del brazo, puede también recibirlo el cuchillo de su propia caída.

Es decir, dejando caer el cuchillo desde conveniente altura, por el choque también podrá romperse la nuez.

La única dificultad está en colocar la nuez en el punto conveniente para que reciba el choque del mango.

Para solventarla se clava el cuchillo, por la punta, en la cara inferior del dintel de una puerta y se busca el pie de la vertical que pasa por el extremo del mango, mojando este mango con el agua contenida en un vaso y observando después en qué punto del suelo caen las gotas desprendidas (figura 200). En este punto se colocará la

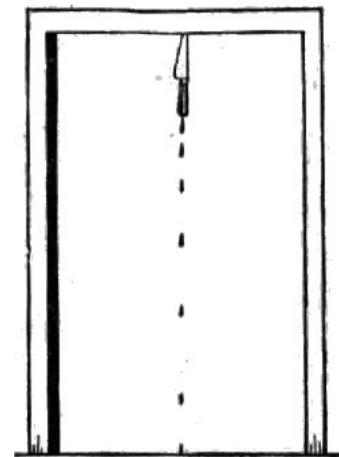


Figura 200

nuez. Golpeando el marco con el puño se producirá el desprendimiento del cuchillo, y éste, al llegar al suelo y dar con la nuez la romperá.

Construcción de una balanza casera

216. En el borde de un estante se fijan dos clavos, a una distancia de 50 cm. A estos clavos se fija por sus extremos un bramante, de unos 75 cm de longitud, provisto de un nudo en su centro.

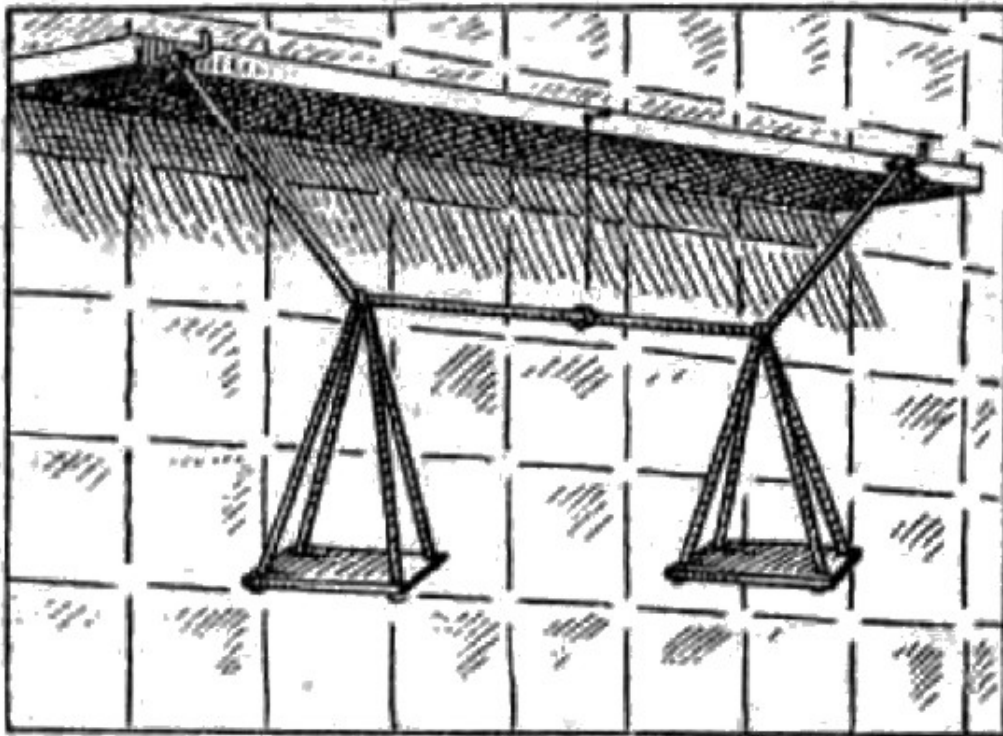


Figura 201

De puntos equidistantes del nudo, se suspenden, mediante cuatro hilos, las tablas cuadradas que desempeñarán el papel de platillos. Por fin, en el mismo estante, se clava verticalmente y hacia abajo una aguja cuyo extremo inferior caiga exactamente sobre el nudo, a la distancia de unos 2 cm (figura 201).

El uso de esta balanza es muy sencillo: el nudo sirve de fiel y la aguja vertical indica la posición de equilibrio. Cuando los platillos estén desigualmente cargados, el nudo se mantendrá separado de la aguja. Cuando los platillos estén igualmente cargados, el nudo caerá en la vertical de la aguja.

Construcción de una balanza de resorte

217. Arrollando un alambre de latón o de cobre delgado (1 a 1,2 mm de diámetro) alrededor de una caña o palo del grosor de un dedo, hasta dar un centenar de vueltas, se obtendrá un resorte que se puede utilizar como balanza (figura 202). El alambre no debe estar recocado. Es recomendable el de cuerdas de piano.

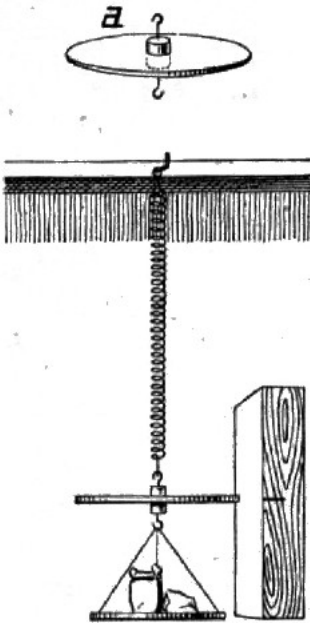


Figura 202

A tal fin, con los alicates, se formará un ojete en un extremo, para fijarlo al borde de un estante, de una silla o de una mesa, o al dintel de una puerta. Del otro extremo, también terminado en ojete, se suspenderá un disco de cartón *a*, comprendido entre dos arandelas de corcho, atravesado todo por el centro con un trozo de alambre terminado en gancho por ambos extremos. Uno de los ganchos se pasará por el ojete del resorte; del otro gancho se suspenderá a su vez horizontalmente un platillo de cartón mediante tres hilos.

Para pesar con esta balanza, bastante exacta, se cargará el platillo con un número determinado de gramos, por ejemplo, 50 (cincuenta céntimos en calderilla), y se señalará como mejor convenga la altura a que queda el disco de cartón, el cual ha de servir de fiel. Puede fijarse esta altura con un trazo sobre una tabla puesta vertical al lado de la balanza, o con un alfiler clavado sobre una vela puesta al lado también, etc.

El peso de un objeto (de menos de 50 gr) se obtendrá colocando el objeto en el platillo y agregando pesas (o monedas) hasta conseguir que el disco de cartón que hace de fiel venga a coincidir con la altura antes marcada. Restando de 50 gr los gramos que ahora se han añadido, se tendrá el peso del cuerpo.

El centro de España

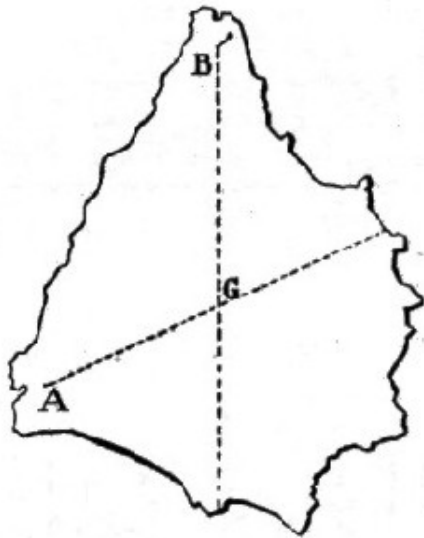
218. ¿Qué significación tiene la palabra centro aplicada a una superficie de contorno tan irregular como la de una región geográfica?

Significación geométrica, ninguna. No es posible en general señalar un punto dentro de una superficie irregular que divida por mitad a todas las cuerdas que por él pasen.

Pero puede tener una significación física: puede entenderse por centro de una superficie irregular el centro de gravedad de una lámina u hoja que tenga el mismo contorno.

Por lo tanto, se podrá hallar el centro de España, buscando el centro de gravedad de un mapa de España recortado en cartulina: se le suspenderá de un punto y se trazará sobre él la vertical que pasa por el punto de suspensión; se suspenderá por otro punto y se trazará la nueva vertical. El punto G de intersección de las dos líneas así trazadas (figura 203) será el centro de gravedad pedido. Podremos comprobarlo, sosteniendo horizontalmente la figura sobre la punta del lápiz aplicada al punto hallado: el mapa recortado quedará en equilibrio.

La voz popular señala como centro de España el cerro de los Ángeles, cerca de Madrid.



Figuras 203 y 204

Casos notables de equilibrio

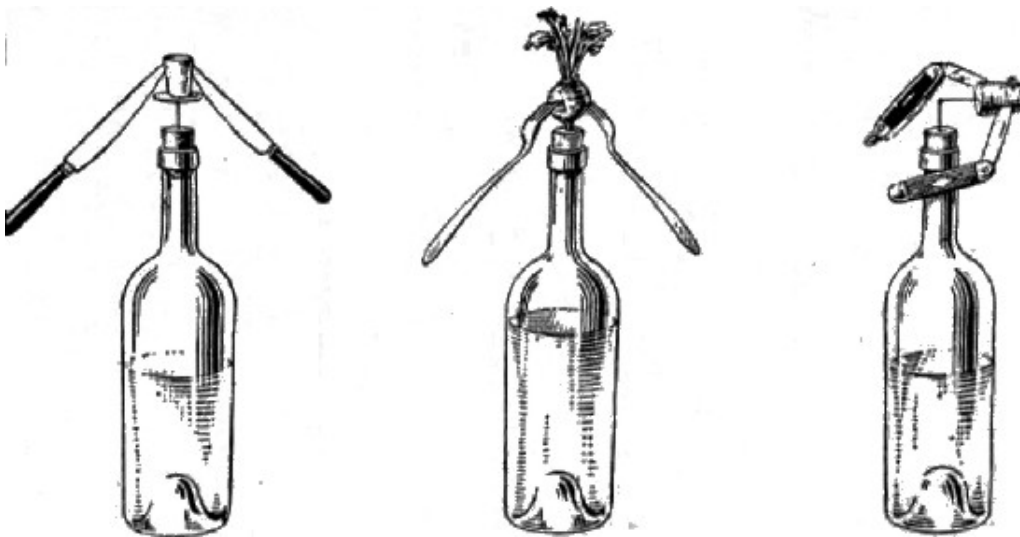
219. El portaplumas apoyado en la punta de la pluma. Clavando a un portaplumas la punta de un cortaplumas con la hoja medio abierta, en la forma representada en la figura 204, se obtiene un conjunto cuyo centro de gravedad está más bajo que la punta de la plumilla, y, por lo tanto, se sostiene en equilibrio verticalmente sobre el dedo.

220. Una moneda y un corcho en equilibrio sobre la cabeza de un alfiler. Igual fundamento que el juego anterior tiene el siguiente.

En el corcho que cierra una botella, clávese verticalmente un alfiler: apoyada en la cabeza del alfiler sosténgase horizontalmente una moneda y sobre ella colóquese un corcho que lleve clavados lateralmente dos cuchillos.

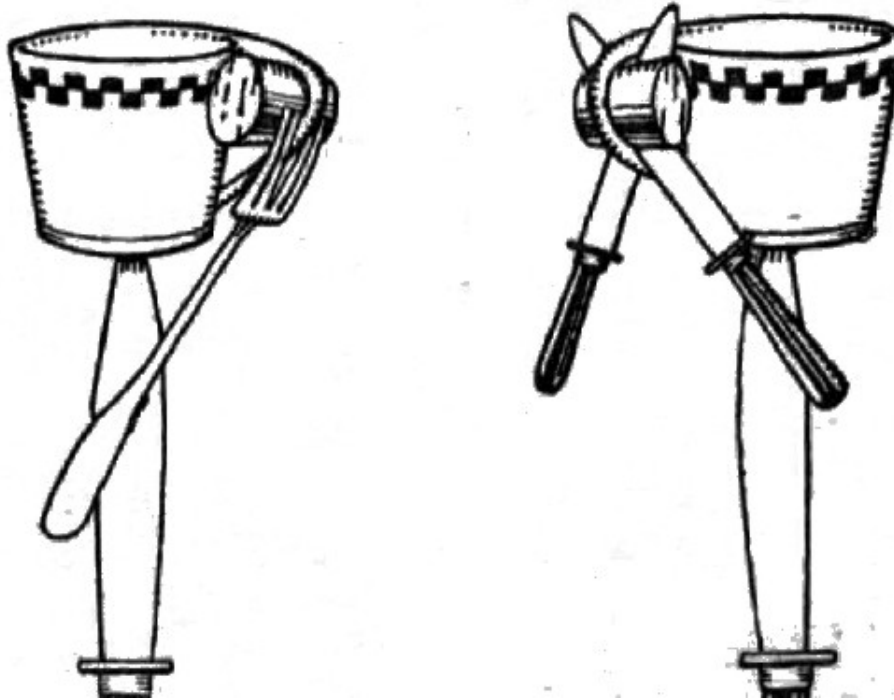
El conjunto, que tiene el centro de gravedad más bajo que la cabeza del alfiler, se mantendrá en equilibrio sobre ella, y aun se podrá hacer girar a su alrededor (figura 205).

221. Equilibrios de un rábano. Trátase de una variante del experimento anterior: los tenedores se clavan en un rábano, que así se sostendrá por la punta sobre el tapón de una botella (figura 206).



Figuras 205, 206 y 207

222. La figura 207 representa el equilibrio, sobre dos agujas, de un tapón de corcho lastrado con dos cortaplumas.



Figuras 208 y 209

223. Se puede hacer sostener horizontalmente una botella vacía sobre un hilo o sobre un borde horizontal, con sólo encajar en el cuello de la botella el mango de un bastón de cayado, o de un paraguas.

224. La figura 208 representa el equilibrio, sobre la punta de un cuchillo, de una taza de porcelana lastrada con un tenedor clavado en un tapón de corcho atravesado en el asa de la primera.

225. La figura 209 representa el equilibrio de la misma taza lastrada con dos cuchillos cuyas hojas, cruzadas en el asa, se sujetan mediante un tapón.

226. El tapón automático. Cerrada una botella con un tapón de mayor diámetro que el gollete, se puede conseguir que se abra automáticamente cada vez que la botella se incline, y vuelva a cerrarse al ponerla vertical, clavando en el corcho dos cuchillos o tenedores de manera que el tapón forme con ellos un conjunto rígido con el centro de gravedad bastante más bajo que el gollete: al inclinar la botella, el

sistema gira alrededor del punto más alto del gollete dejando libre la boca de la botella (figura 210).

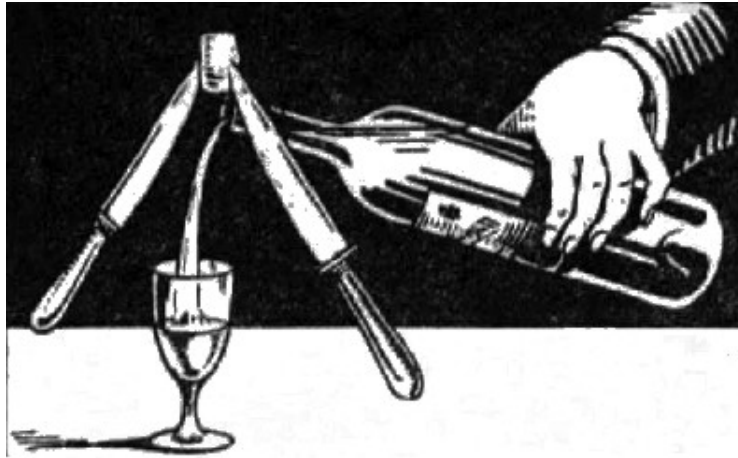


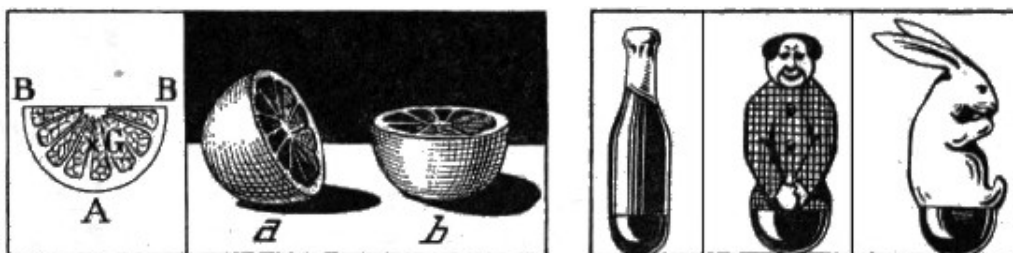
Figura 210

El equilibrio de media naranja

227. Una naranja, tan redonda, queda en equilibrio de cualquier manera que la dejemos sobre una mesa horizontal. Su centro de gravedad está en su centro geométrico y por lo tanto en todas las posiciones de la naranja está aquel centro a la misma altura sobre la mesa.

Ninguno de los movimientos de la fruta puede favorecer la tendencia de su centro de gravedad a acercarse a la mesa.

Nada de esto sucede con la naranja partida. Cada una de las dos mitades tiene su centro de gravedad G menos distante de A que de B (figura 211), y por esto siempre que coloquemos la media naranja en una posición tal como la que se ve en a , al soltarla recobrará en seguida la posición b (figura 212).



Figuras 211, 212, 213, 214 y 215

Los tentemozos

228. Lo dicho del equilibrio de media naranja vale para toda semiesfera. Por ejemplo, la mitad de una bala de plomo se comporta de la misma manera, y tiende a recobrar la posición b siempre que se aparta de ella (figura 212).

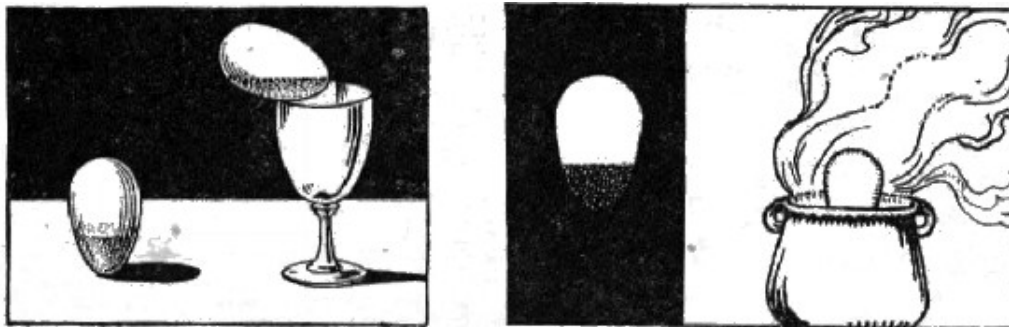
Armando sobre la cara plana de media bala de plomo un trozo de corcho en forma de botella, de soldado, de campanario, etc., el exiguo peso del corcho hará correr poquísimo el centro de gravedad de la bala hacia arriba, de modo que a pesar de la adición señalada, persistirán las condiciones antes indicadas, y la botella, el soldado, el campanario recobrarán rápidamente, al soltarlos, la posición vertical, que es la que corresponde a la posición b de la semiesfera de plomo que les sirve de base (figuras 213 a 215).

El huevo de Colón

229. Un huevo, convenientemente vaciado, se presta a realizar notables experimentos.

Para vaciarlo sin romperlo, se abre con un alfiler un orificio en cada extremo y se ejerce por uno de ellos con la boca una enérgica y repetida succión, hasta haber agotado el contenido. La ligera caja obtenida conviene dejarla secar abandonándola por veinticuatro horas.

Obturando uno de los orificios con un poco de cera reblandecida entre los dedos, se introduce por el otro arena finísima, o limaduras, hasta llenar, aproximadamente, una quinta parte de la capacidad total del huevo.



Figuras 216, 217 y 218

Así preparado, habremos obtenido un verdadero huevo de Colón, que se sostendrá perfectamente de punta sobre la mesa, o de costado sobre el borde de una copa, etc., pues dirigiéndose siempre la arena al punto más bajo (coadyuvando a ello, si preciso fuere, mediante ligeras sacudidas), con ella se traslada el centro de gravedad del conjunto, que depende muy poco del peso de la cáscara, despreciable al lado del peso de la arena (figura 216).

230. Aun es posible hacer que el huevo se sostenga siempre con el eje vertical, cualquiera que sea la posición en que se le abandone.

Preparada la cáscara como se ha explicado en el caso anterior, y cerrado con un poco de estopa o papel el orificio de la punta.

Llénese de perdigones y trocitos de cera o de parafina hasta la quinta parte de su capacidad total (figura 217); introdúzcase la punta durante uno o dos minutos en agua hirviente con objeto de fundir la cera (figura 218), y déjese luego enfriar colocado en una huevera. Después ciérrense los orificios, para disimularlos, con cera blanca, quitando, si es posible, del de la punta, el papel o la estopa con que interinamente se había cerrado.

El huevo así obtenido se comportará como un tentemozo a causa de ser el peso de la cáscara despreciable con respecto al del lastre que lleva en la punta.

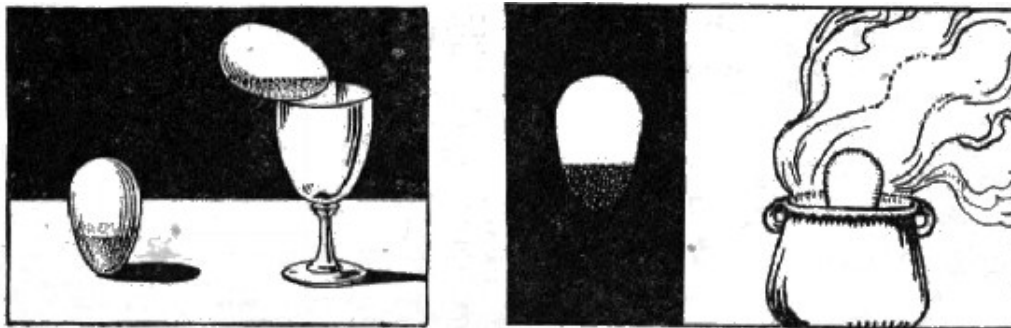
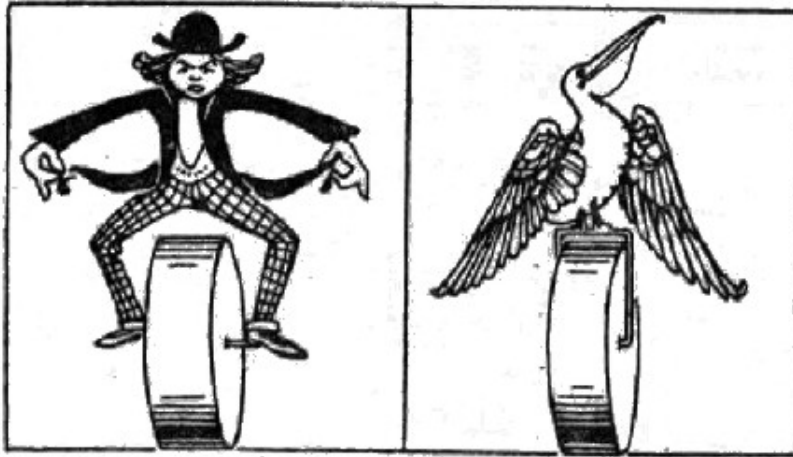


Figura 216, 217 y 218

Figuras equilibristas

231. Una caja cilíndrica de cartón, de madera o de hoja de lata, se atraviesa por el eje con un alambre algo grueso, que esté encorvado en su punto medio y lleve suspendida de la porción curva una bala de plomo.

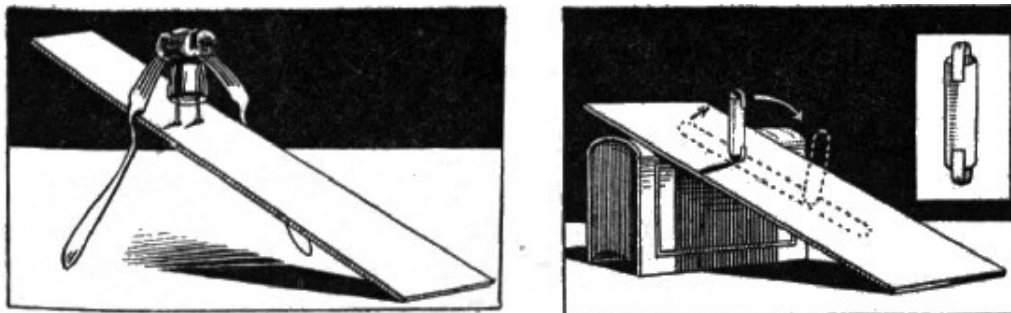


Figuras 219, 220

El peso de esta bala hará que aun haciendo rodar la caja, con el eje horizontal, el alambre conserve constantemente su posición con la porción curva hacia abajo; y por la misma razón se mantendrá constantemente vertical una figura recortada en cartulina, con los pies rígidamente unidos a los extremos salientes del alambre (figuras 219 y 220).

Tapón que anda

232. De piernas servirán dos alfileres; de pies, las cabezas de los mismos; de calle, una regla plana o un listón de madera inclinados. Para mantenerlo derecho, habrá que lastrarlo con un par de tenedores (figura 221).



Figuras 221 y 222

Soltándolo en la parte superior de la rampa y dándole un ligero impulso lateral, el tapón emprenderá su camino de descenso, levantando y apoyando alternativamente los dos pies en el suelo, con un paso rítmico y seguro.

Canuto acróbata

233. Con papel fuerte se prepara un canuto de diámetro igual al de una bola de piedra o de vidrio, como las que emplean en sus juegos los chiquillos.

El tubo, con la bola dentro, se obturará por sus dos extremos con tiras del mismo papel, procurando que éstas, frente a las bocas del tubo, adopten la misma curvatura del cilindro de papel, y por consiguiente la misma de la bola.

Abandonado sobre una tabla inclinada, en dirección longitudinal, el canuto así preparado emprenderá el descenso a volteretas, como si se tratara de un travieso acróbata.

La explicación de este sorprendente movimiento es muy sencilla: la bola corre, rodando, a la parte inferior del tubo echado sobre la tabla; mas al tropezar con la tira de papel, redonda como ella, sigue rodando, arrastrando la tira de papel, y así se levanta el ligero canuto y da el primer tumbo. Mas entonces la bola corre, por dentro del tubo, al extremo opuesto, que ha pasado a ser el más bajo, y allá se repite la misma rotación de la bola envuelta en la tira de papel, y se produce el segundo tumbo; y así sigue, rodando la bola, y dando tumbos el canuto (figura 222).

No hay ningún inconveniente en substituir la bola por un cilindro metálico macizo; y el tubo de papel, por una caja de cartulina en forma de petaca.

Rodillos mágicos

234. Un rodillo de cartón o un aro convenientemente lastrado produce este curioso efecto: abandonado sobre un plano inclinado, en vez de bajar sube (paradoja dinámica).

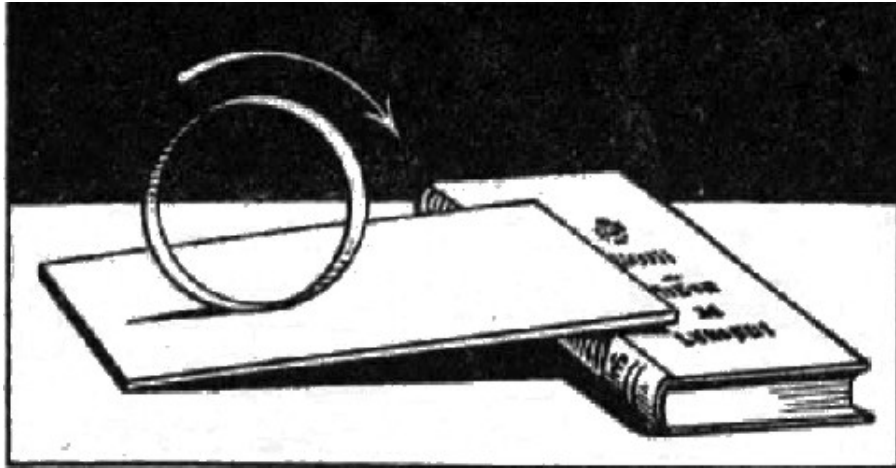


Figura 223

Todo el secreto consiste en lastrarlo con un trozo de plomo o de hierro, pegado con cera, o con lacre, o con tiras de papel engomado, en un punto de la superficie cilíndrica interna (figura 223). El centro de gravedad del conjunto no se halla ya en el eje de la caja; o del aro, sino casi en la periferia, muy cerca del lastre metálico, y cuando el cilindro se ve subir, la envoltura de cartón realmente sube, pero el centro de gravedad del conjunto constituido por el cilindro y el lastre de metal, baja.

235. Más notables son todavía unas cajas cilíndricas de cartón lastradas de manera que haciéndolas rodar sobre una mesa, retroceden, al soltarlas, a lo largo del camino recorrido.

El contrapeso metálico lleva un apéndice mediante el cual está suspendido de dos gruesas tiras de goma elástica fijadas por sus extremos a los centros de las tapas de la caja (figura 224). Cuando ésta gira, giran los extremos de las tiras de goma, pero no pudiendo girar sus puntos medios, por impedirsele el peso que de ellos cuelga, las tiras se retuercen, y al soltar la caja entra en juego la elasticidad de la goma para destorcer las tiras y hacer girar los discos de cartón que cierran la caja, y por consiguiente, la caja entera, con lo cual el rodillo retrocede.

236. Con la caja lastrada como se ha descrito en el párrafo anterior se puede obtener también el siguiente efecto. Tomada con la mano derecha y agitándola circularmente siempre en el mismo sentido y normalmente al eje, se consigue que

el contrapeso vaya dando vueltas alrededor de las tiras, y, por lo tanto, que éstas se retuerzan.

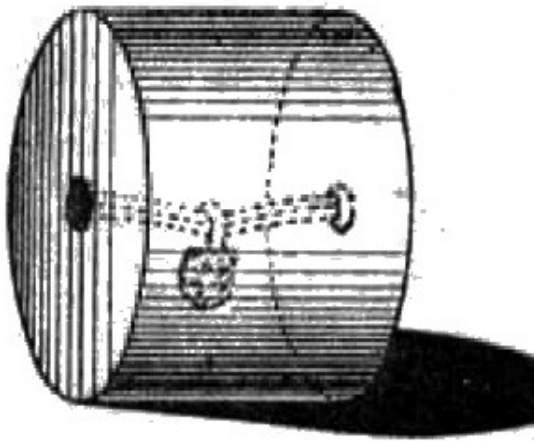


Figura 224

Es como si se diera cuerda al aparato. Al dejar el rodillo en el suelo o en la mesa se pondrá en movimiento espontáneamente por distenderse las tiras de goma.

El centro de gravedad del cuerpo humano

237. A una persona sentada en una silla, con las piernas verticales y el dorso

apoyado en el respaldo (figura 225), propóngasele que se levante sin inclinar el cuerpo hacia delante ni dirigir las piernas hacia atrás.

A pesar de que no parece difícil lo propuesto, al ensayarlo se sentirá la imposibilidad de llevarlo a cabo, por no poder elevar el centro de gravedad sin que la vertical que por él pasa caiga dentro de la base de sustentación.

238. Una persona colocada frente a una pared, a una distancia aproximada de 50 cm, apoyando la cabeza en la pared, y sosteniendo un taburete con las manos, no puede ponerse derecha sin soltar el taburete, cuyo peso hace que el centro de gravedad del conjunto (cuerpo humano y taburete) se adelante hacia el pecho del individuo, y como entonces cae lejos de la que ha de ser base de sustentación; los pies y los brazos no están libres para dar un impulso hacia atrás, resulta la imposibilidad en que se halla el individuo para levantarse sin soltar el taburete o apoyarlo en la pared o en el suelo (figura 226).



Figura 225

El cepillo y la moneda

239. Colóquese una moneda en la palma de la mano y trátese de quitarla pasando un cepillo, como si se quitara el polvo (figura 227).

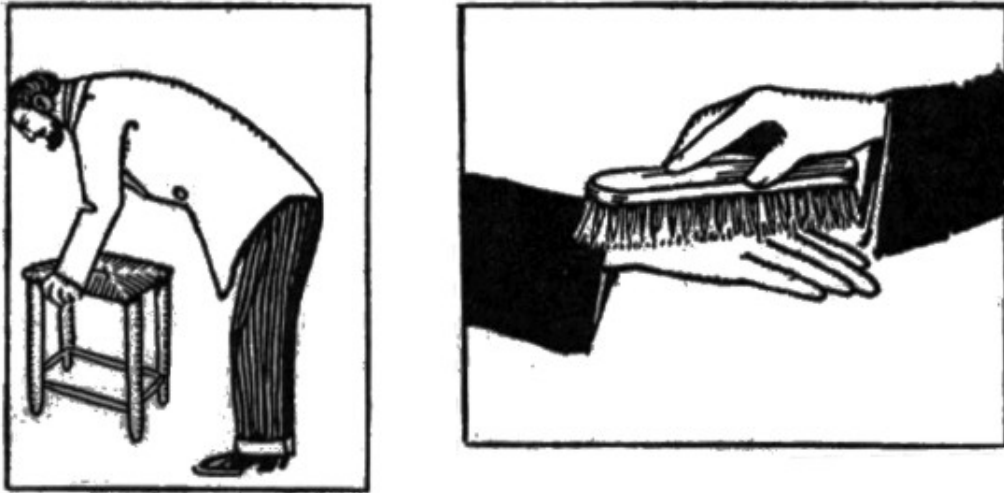
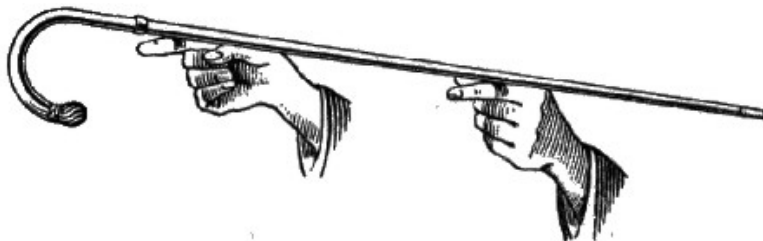


Figura 226 y 227

Será inútil, y tampoco se logrará el efecto apretando más el cepillo sobre la moneda, pues si bien es verdad que cuanto más se apriete mayor será el empuje que recibirá la moneda hacia fuera, también lo es que en parecida proporción crecerá la presión con que las cerdas dobladas aplicarán la moneda a la mano, y por consiguiente, crecerá de la misma manera el rozamiento que se ha de vencer.

El centro de gravedad de un bastón

240. He aquí un problema: sosteniendo un bastón (con puño o sin él, pero de superficie lisa) horizontalmente sobre los dedos uno de cada mano, vamos a acercar uno a otro los dos dedos (figura 228): al tratar de efectuarlo, observaremos que sólo uno de los dedos corre por debajo del bastón, manteniéndose inmóvil el otro: ¿cuál de los dos es el que se mueve?



Figuras 228

Se moverá, ¡perogrullada!, el que encuentre menos resistencia a moverse. Pero esta resistencia se llama rozamiento y tratándose de las mismas superficies, es mayor donde sea mayor la presión. Luego el dedo que esté más alejado del centro de gravedad del bastón, siendo aquel en que el efecto del peso del bastón se deje sentir menos, es el que se moverá.

Pero moviéndose, se acercará al centro de gravedad del bastón, punto que debe estar situado entre ambos dedos, ya que de lo contrario el bastón no quedaría sostenido por ellos. Llegará, por lo tanto, a un punto que distará del centro de gravedad lo mismo que el otro dedo, pero no se detendrá todavía, ya que siendo el rozamiento durante el movimiento menor que en el momento de emprenderlo, podrá el dedo avanzar un poco más.

Ya avanzó demasiado; ya el otro dedo, hasta ahora fijo, se encuentra en mejores condiciones que el primero (presión menor) para emprender el movimiento. Se acercará a su vez al centro de gravedad, llegará a un punto en que distará de ese centro lo mismo que el otro dedo, y lo rebasará; pero pronto reemprenderá su movimiento el primer dedo, para pararse en seguida; y lo reemprenderá el segundo para pararse a su vez...

Mientras tanto los dos dedos han llegado a estar muy cerca: el centro de gravedad sigue comprendido entre ellos. Júntense al fin, debajo del centro de gravedad, y el bastón, horizontal, se mantiene sobre ellos en equilibrio.

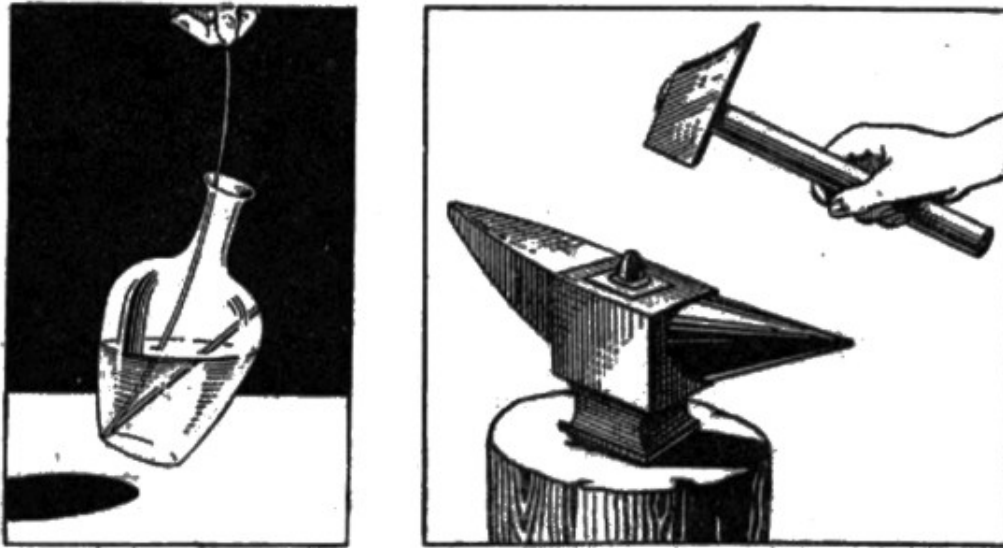
Resistencia de una paja

241. En general se tiene una falsa idea de los esfuerzos que pueden resistir los ligeros tallos huecos, como pajas y plumas, que tanto abundan en la naturaleza.

Después de la siega, si se dispone de un manojo de largas pajas, se puede ensayar el siguiente experimento de Tissandier en que una simple paja resiste el peso de una botella de cristal llena de agua.

Doblada la porción inferior de la paja e introducida en la botella, después de haber atravesado el cuello, por su propia elasticidad y por la humedad se separa de la otra porción, trabándose contra las paredes de la vasija en forma tal que al tirar del extremo exterior de la paja arrastraremos la botella, en la forma representada en la figura 229.

Es necesario, para el éxito del experimento, que la paja empleada no presente ajadura ni magulladura alguna en la porción inferior doblada.



Figuras 229 y 230

Plomo aplastado sobre el lacre

242. Sobre un yunque colóquese un sello de lacre, y sobre él una bala de plomo. Aplástese la bala con un martillazo dado de plano, enérgico y seco. El plomo de la bala se habrá adaptado perfectamente a todas las desigualdades del sello de lacre, formando del mismo una impronta fidelísima. El sello, a pesar de la fragilidad del lacre, se hallará intacto (figura 230).

Es necesario que la bala de plomo se haya obtenido por fusión. El plomo comprimido, laminado o batido no conviene para este experimento.

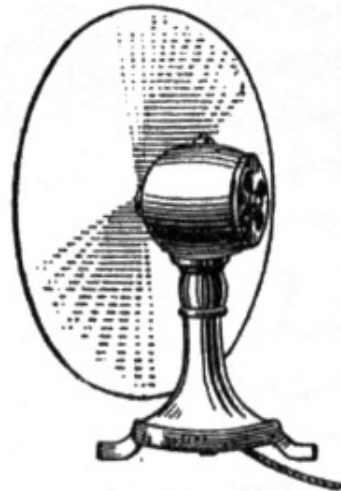
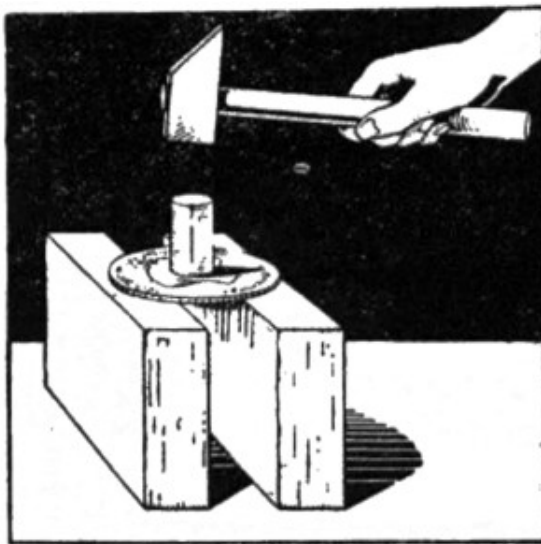
Se ensayará este procedimiento de obtención de improntas, con sellos sin valor, y sólo quien haya adquirido, por prolongado aprendizaje, una seguridad absoluta de éxito, podrá aplicarlo a sellos de valor histórico.

Una moneda taladrada por una aguja

243. Aun siendo el acero más duro que el cobre, la operación de taladrar con una aguja de coser una moneda de cobre parece imposible. Cuantas veces se ensaye, la aguja no se torcerá, en verdad, como un clavo ordinario, pero se romperá.

Un sencillo artificio hace factible lo que parecía imposible. Se clava primero la aguja en un corcho que tenga la misma longitud, y así protegida, guiada enteramente por el corcho, resiste sin romperse fuertes martillazos, y se hunde en el metal de la moneda hasta dejarla atravesada.

Para evitar que la moneda se doble y permitir al mismo tiempo que la aguja atravesase la moneda, conviene que ésta se apoye sobre una pieza metálica agujereada, por ejemplo, sobre una tuerca de hierro, o sostenerla entre dos prismas de madera (figura 231), o bien sobre la misma mesa si aquella sobre la cual se procede al experimento no tiene valor alguno: entonces la aguja quedará clavada en la mesa.



Figuras 231 y 232

Sierras de papel

244. Lo de que el cuerpo más blando sea rayado por el cuerpo más duro no es siempre cierto. A veces es el más blando el que hace mella en el más duro, sobre todo si el primero está cortado en punta y dotado de gran velocidad.

Así, un disco de papel que gire con mucha velocidad llega a cortar la madera y aun cuerpos más duros, como si fuese una sierra metálica.

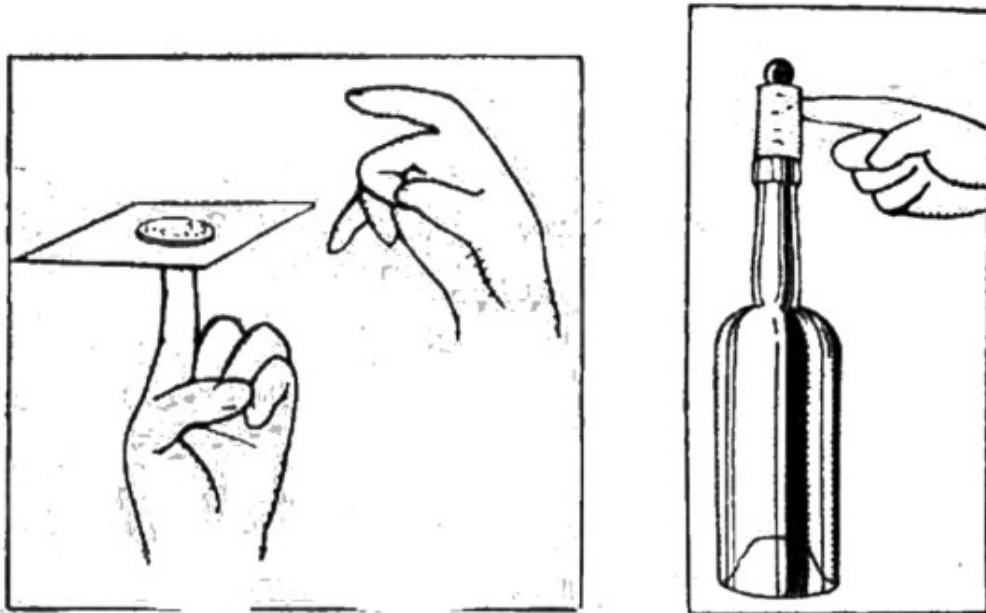
Para comunicar al disco de papel una velocidad suficiente, se le monta como sierra circular sobre un eje que dé un gran número de revoluciones. Aparato casero provisto de un eje muy adecuado es el ventilador eléctrico. Destornillase el cubo de

la hélice y se substituye ésta por el disco de papel, sujeto, por ejemplo, entre dos pequeños discos de corcho (figura 232). También se puede montar el disco sobre el volante de una máquina de coser.

Puesto en marcha el ventilador o la máquina de coser, puede aserrarse un lápiz acercándolo al borde del disco de papel, como si se tratara de una sierra circular. No hay que decir que es preciso cuidar de no cortarse los dedos.

La moneda sobre el dedo

245. Sobre el índice, puesto casi vertical, de la mano izquierda, se mantiene en equilibrio, en posición horizontal, una tarjeta de cartulina que lleve superpuesta una moneda de cinco pesetas o, más modestamente, de diez céntimos.



Figuras 233 y 234

Con el dedo medio de la mano derecha se dará un papirote al borde de la tarjeta (figura 233), y si se ha logrado que el impulso comunicado no la desvíe de su plano, la tarjeta volará y la moneda quedará en equilibrio sobre el dedo.

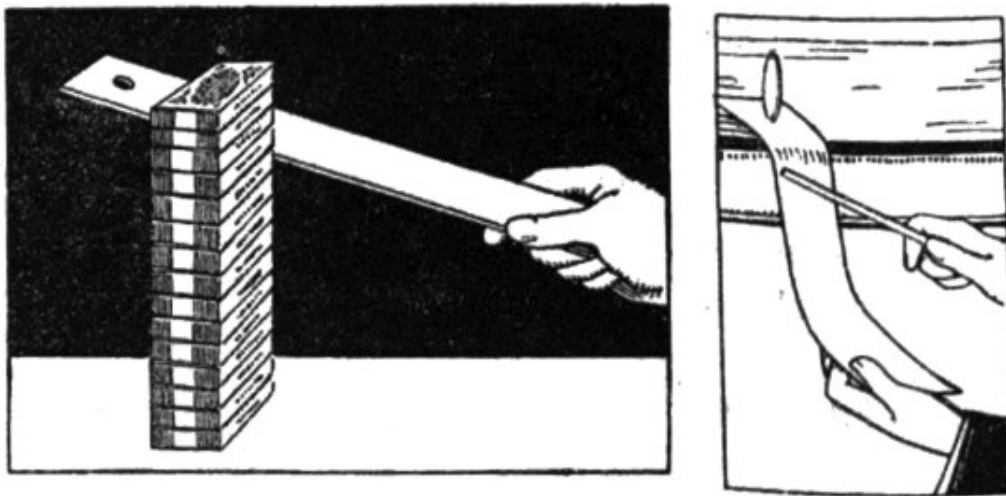
La tarjeta parte con demasiada rapidez para que su movimiento pueda comunicarse a la moneda.

La bala que cae en la botella

246. Colocado sobre una botella un tapón de corcho y sobre el tapón una bala, haciendo saltar el tapón lateralmente mediante un choque brusco, la bala, por la inercia, persiste en su posición y, falta de apoyo, cae dentro de la botella (figura 234).

Pila de objetos

247. Con una pila de cajas de cerillas y una regla se puede verificar un experimento muy parecido a los dos anteriores, pero más sorprendente.



Figuras 235 y 236

Preparada la pila vertical, se cortará con una regla, blandiéndola de canto y lo más horizontalmente posible (figura 235): el corte no producirá otro efecto que la separación de la caja que haya sufrido el choque: las superiores, en virtud de la inercia, no se separarán de su posición; sólo al no hallarse sostenidas por la que se eliminó, caerán en bloque sobre las inferiores, manteniéndose la pila en pie, aunque con un piso menos. Repitiendo los golpes, se irán eliminando cajas, una a una, quedando siempre en pie las pilas de las restantes.

Impasibilidad de una moneda

248. Con cuidado, se puede conseguir que una moneda de cinco pesetas se sostenga de canto sobre una mesa. Verdad es que su equilibrio resulta muy inestable, y puede caerse hasta con los más leves soplos.

Sin embargo, la moneda es capaz de mostrar en determinadas condiciones una impasibilidad muy notable.

Póngase la moneda de canto, no directamente sobre la mesa, sino Interponiendo entre ambas una tira de papel, como si la moneda tuviera que hacerse rodar a lo largo de la tira.

Retirando ahora el papel, con movimiento rápido, la moneda, en virtud de la inercia, no es arrastrada y se mantiene quieta y vertical, Pero apoyada directamente sobre la mesa.

Un poco de habilidad requiere el acto de retirar con rapidez la tira de papel. La manera de proceder para asegurar el éxito del experimento, consiste en sostener la tira con la mano izquierda, por el extremo libre, y dar sobre la porción comprendida entre la mano izquierda y la mesa un enérgico golpe de arriba abajo con una reglilla sostenida horizontalmente (figura 236).

Quitar el mantel estando la mesa puesta

249. Extendido el pañuelo en la mesa, y puestos sobre él algunos libros u otros objetos, se sostiene el pañuelo por los extremos de uno de sus bordes, procurando que éste quede tenso, y se da un tirón enérgico con las dos manos: así retiraremos el pañuelo, y los objetos que tenía encima se hallarán colocados en el mismo orden sobre la mesa, sin haber tirado ninguno. Puede emplearse en vez del pañuelo una hoja de papel.

250. El mismo experimento se puede realizar de una manera más alarmante para los espectadores, substituyendo el pañuelo por una servilleta empleada a modo de mantel, y los objetos ya citados por un servicio de mesa (platos, botellas, cucharas, tenedores, copas, etc.). Sin embargo, recomendamos que no se arriesgue vajilla de algún valor.

Suaviter in modo...

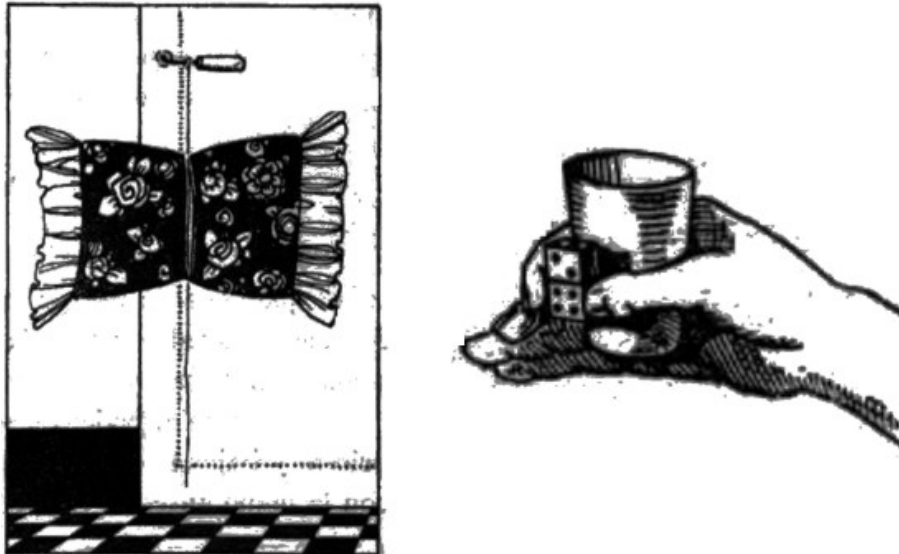
251. A la llave, sin echar, de la puerta entornada, átense dos hilos de coser, del mismo grueso. Tirando de uno de ellos ¿se abrirá la puerta?

Ensayémoslo: tiremos, la primera vez, fuerte y de súbito, y el hilo se romperá sin que la puerta se abra.

Tiremos del otro hilo con suavidad y gradualmente, y la puerta se abrirá paulatinamente.

La inercia de la puerta es la causa del fracaso de la primera tentativa.

252. Un almohadón se suspende de un hilo de suficiente resistencia para soportar su peso, y de la parte inferior del mismo almohadón se hace colgar otro hilo de la misma clase y grueso (figura 237).



Figuras 237 y 238

Dando un tirón fuerte y brusco del hilo inferior, se romperá este hilo, por no haber dado tiempo para transmitir la tracción al hilo superior.

Pero, una vez repuesto el hilo inferior, tirando de él con suavidad y aumentando gradualmente el esfuerzo, llegará a romperse el hilo superior, que sostiene el peso del almohadón, porque en él la tracción ejercida sobre el hilo inferior se suma al peso del almohadón.

Paso de una pila de monedas de un plato a la mesa

253. Se trata de hacer pasar del plato a la mesa una pila de monedas colocada en el primero, sin tocarlas, con sólo dejarlas caer.

Basta bajar el plato, mediante un rápido movimiento, con mayor velocidad que aquella con que caen libremente las monedas: así, las monedas, aunque bajan tras el plato, quedan rezagadas; y hacer seguir aquel movimiento vertical de descenso del plato, de otro movimiento también muy rápido pero horizontal, para dejar el paso libre a las monedas que están cayendo. Con un poco de maña, se logra que las monedas de la pila lleguen a la mesa sin desparramarse. Para que no reboten, se cubrirá la mesa con un tapete o un mantel.

El cubilete y los dados

254. Dos dados, sostenidos entre el índice y el pulgar de la mano derecha (figura 238) deben pasar uno después de otro al cubilete sostenido por la misma mano. El primero de los dados, que en realidad está suelto, apoyado sobre el que los dedos sujetan, pasará con facilidad al cubilete, moviendo la mano para proyectarlo hacia arriba y recibéndolo en el cubilete. Pero este procedimiento no es aplicable al segundo dado, ya que en cuanto lo proyectáramos del mismo modo, arrojaríamos del cubilete el primer dado que ya había entrado. Conviene entonces recurrir al medio descrito en el párrafo anterior: al tiempo de soltar el segundo dado, bajar rápidamente la mano con el cubilete, para adelantarnos al movimiento de caída, y con un ligero movimiento lateral, recibir en el vaso el segundo dado.

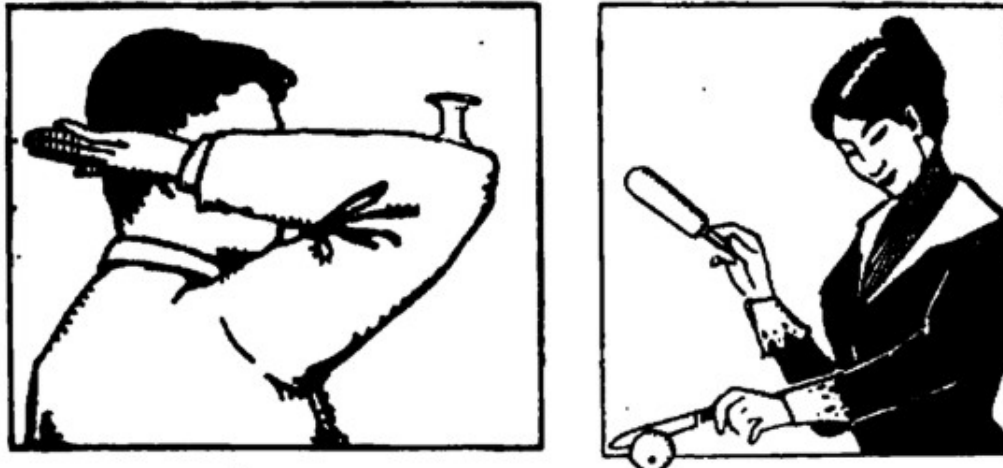
Cazar al vuelo

255. Los dos experimentos anteriores se fundan en que la velocidad que lleva un cuerpo en los primeros instantes de caída libre es fácilmente excedida por la de los movimientos que podemos comunicar a nuestros brazos y a nuestras manos.

Por ejemplo, podemos soltar, a la altura de nuestro pecho, una pelota, y bajando rápidamente el brazo, llegar a tiempo de recogerla con la mano antes de haber tocado en el suelo. Puede substituirse la pelota por una pila de monedas, para que el experimento tenga apariencia de mayores dificultades.

256. Un experimento análogo, más vistoso, pero que requiere más habilidad y algún aprendizaje, puede realizarse así:

Levantando el brazo en la forma que representa la figura 239, se coloca un carrete u otro objeto sobre el codo, y se baja rápidamente éste, al mismo tiempo que la mano, describiendo un arco, caza en el aire los objetos que dejó retrasados el brusco descenso del codo.



Figuras 239 y 240

El melocotón partido con su hueso

257. Introdúzcase la hoja de un cuchillo en un melocotón, no demasiado maduro, y de modo que venga a dar con el canto del hueso. Sujeto el cuchillo por el mango con la mano izquierda y sosteniendo así el melocotón en el aire (figura 240), con el dorso del cuchillo vuelto hacia arriba, se da un golpe seco sobre este dorso con la mano del mortero manejada por la mano derecha: el melocotón queda partido en dos, lo mismo que el hueso y su almendra, pues el brusco impulso que el choque ha comunicado al cuchillo, no ha podido ser tan rápidamente transmitido a la fruta, y por esto ha quedado partida.

Rotura de una caña sostenida por objetos frágiles

258. En los extremos de la caña, por ejemplo, un palo de escoba, se clavan sendas agujas.

Sostiéndose mediante ellas la caña sobre los bordes de dos copas, puestas a conveniente distancia sobre dos sillas (figura 241). Dando con un recio bastón un fuerte golpe en el punto medio de la caña, salta ésta rota en dos pedazos sin que

las copas hayan experimentado daño alguno, y sin que se haya derramado de ellas ni una sola gota de agua, en el caso de haberlas empleado llenas de este líquido.

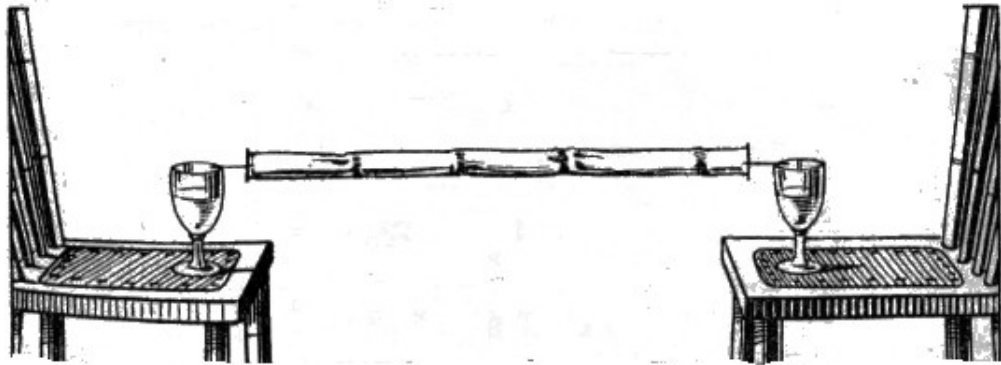


Figura 241

259. El mismo experimento puede realizarse sosteniendo la caña mediante dos aros de papel suspendidos de los filos de dos cuchillos: el golpe energético recibido en el punto medio, rompe la caña sin que el papel se desgarre ni lo corte el cuchillo (figura 242).



Figura 242

En ambos experimentos, es necesario una firme decisión: el temor, la duda, hacen que se atenúe la fuerza del golpe y entonces viene el fracaso. Para llevarlos a cabo con feliz éxito, es necesario dar el golpe con la mayor energía.

Botella destapada sin sacacorchos

260. Puesta la botella horizontal, se dan fuertes y repetidos golpes con su fondo sobre una pared, interponiendo, para evitar roturas, un pañuelo o una servilleta

doblados. Pronto salta con fuerza el tapón y tras él una porción de líquido (figura 243).

Al detenerse la botella por efecto del choque, la masa líquida rebota, e impulsa hacia fuera el tapón.

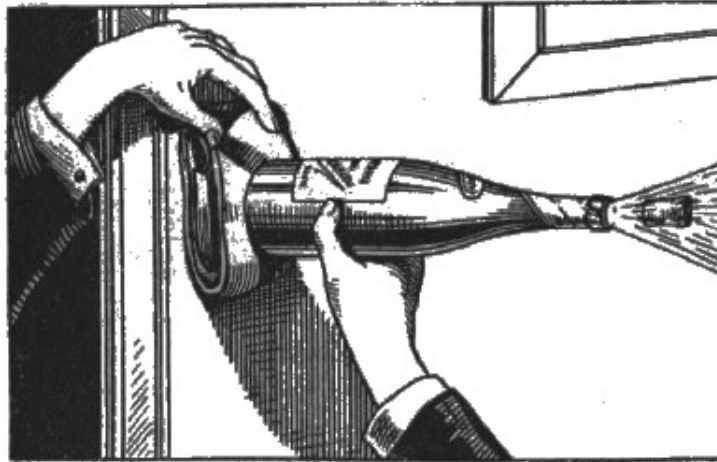


Figura 243

Montañas rusas para el agua

261. Las montañas rusas serán de papel, pero tendremos que prepararlo para que el agua no lo moje; la mejor preparación es el ahumado.

A este fin usaremos la llama de una bujía que dé humo, o la llama de una lámpara de petróleo sin tubo, o una llama ordinaria de gas. La bujía y el gas tienen el inconveniente de que hay que cortar la llama con la superficie que se quiera ahumar; en cambio, la de petróleo sin tubo da espontáneamente humo, y puede ahumarse el papel teniéndolo muy elevado sobre la llama sin peligro de que se quememe.

Prepararemos una tira de papel de 80 cm, o más, de longitud y unos 10 ó 12 de anchura. No es necesario que quede completamente negra por el humo, sino sólo de un color de café.

Sobre la mesa alinearemos tres o cuatro libros de anchura decreciente y con el lomo hacia arriba. Tenderemos sobre ellos la tira de papel, procurando que forme bolsa entre cada dos libros (figura 244).

Las gotas de agua que con una cuchara echemos en el punto más elevado de la tira de papel, correrán una tras otra, descendiendo a los valles y subiendo a las crestas,

hasta llegar al punto más bajo. Para no mojar la mesa, podrá apoyarse el extremo inferior del papel en el fondo de un plato, al cual irán a parar todas las gotas de agua.

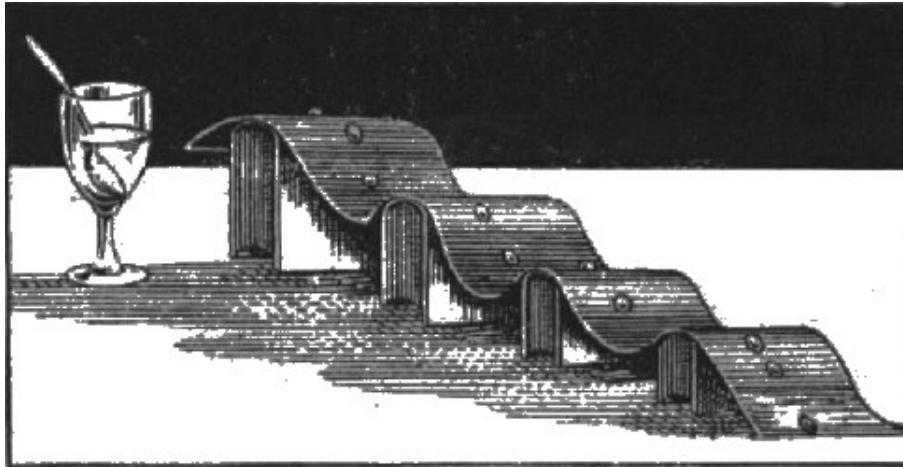


Figura 244

Media peseta obediente

262. Entre dos monedas de diez céntimos que sostienen un vaso boca abajo, sobre una mesa con manteles, se coloca una moneda de media peseta y se propone el siguiente problema. Hacer salir la moneda de plata sin levantar el vaso ni valerse de objeto alguno para alcanzar la moneda por debajo del borde del vaso, al que las monedas de diez céntimos mantienen ligeramente levantado.

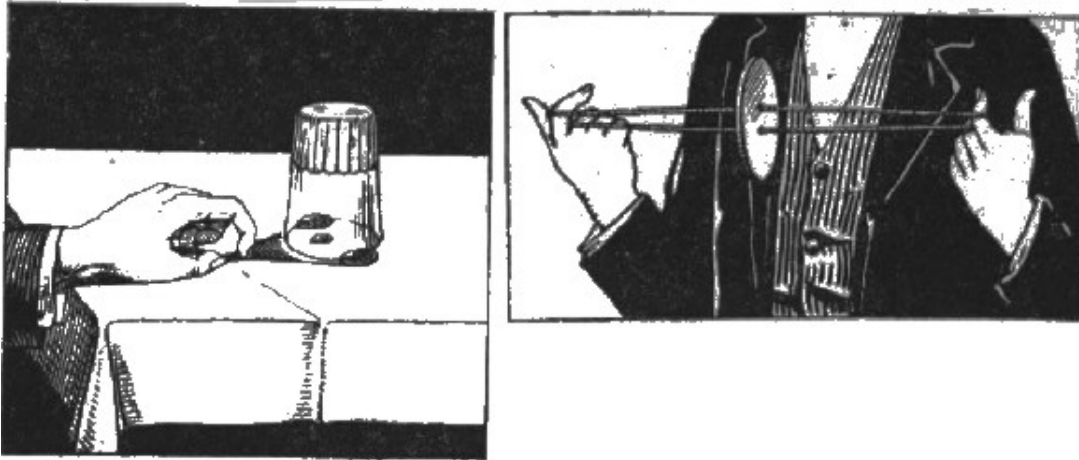
Para lograrlo basta rascar con la uña los manteles en el punto hacia el cual se desee que la moneda se dirija.

La moneda, obediente, irá acercándose poco a poco al borde del vaso, y saliendo del mismo como si, fascinada por la uña, acudiera a su llamada (figura 245), explicación es sencilla. Al rascar, la uña da rápidos y cortos saltos sobre el mantel, de una a otra hebra.

Cada vez que tropieza con una hebra, pone tirante el mantel; cada vez que salta, el mantel queda un momento libre, y en virtud de su elasticidad se encoge, con tanta rapidez, que la moneda, por su inercia, no le sigue, y queda por lo tanto superpuesta a otras hebras más próximas al punto en que el mantel recibe la acción de la uña.

La inercia de un disco

263. Un disco de metal, especialmente de plomo, de dos o tres centímetros de diámetro, se presta muy bien a la realización del siguiente juego. A falta de disco metálico puede emplearse un simple botón de nácar o de corozo, agujereado.



Figuras 245 246

Practíquense en el disco dos agujeros, distantes entre sí cosa de un centímetro, equidistantes del centro y situados sobre un mismo diámetro. Pásense por ellos sendos hilos o bramantes delgados de igual longitud, y anúdense éstos por sus extremos de modo que formen una cuerda *sin fin*.

Sosténgase el disco introduciendo un dedo de la mano derecha entre los extremos del cordel anudados a la derecha y un dedo de la mano izquierda entre los extremos anudados a la izquierda; tírese de esos extremos para poner tirantes los dos ramales del cordel y procúrese que el plano del disco sea normal a la dirección del bramante (figura 246).

Aproximándose a una mesa o a una pared de manera que el canto del disco roce la superficie, muévase las manos de manera que el disco gire como una rueda sobre la mesa o por la pared, con lo cual los dos ramales del bramante se retorcerán uno sobre otro.

Cuando estén bastante retorcidos, sepárese el disco de la mesa o de la pared, y tírese fuertemente de los extremos de los bramantes: el disco emprenderá una rápida rotación y, en virtud de la inercia adquirida, traspasará la posición de equilibrio, correspondiente a la separación de los dos ramales del bramante, para

seguir girando y retorcer el bramante en sentido contrario: podemos favorecer este efecto no tirando de los cordeles durante esta fase del movimiento. De todas maneras, percibiremos la tracción que la nueva torsión de los hilos ejerce sobre nuestras manos.

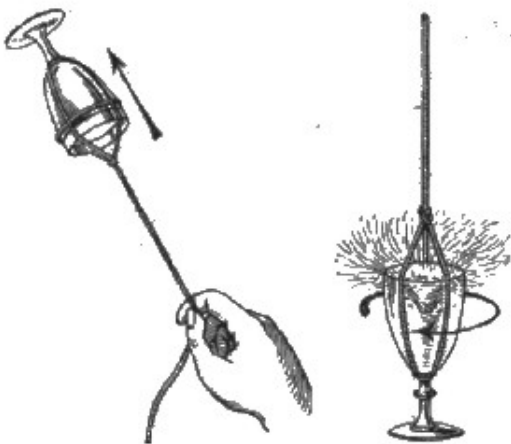
Favoreciendo la nueva torsión de los hilos, y tirando de nuevo una vez retorcidos, para volver a aflojar luego y volver a tirar de ellos, podemos prolongar las rápidas rotaciones del disco, ora en un sentido; ora en el opuesto, durante tanto tiempo como sigamos en ese tira y afloja. Para terminar, bastará oponerse a la acción de la inercia del disco: tirar del cordel cuando el disco, arrollándolo, tienda a acortarlo.

Este juego es popular.

La fuerza centrífuga del agua

264. Un vaso lleno de agua, unido al extremo de un bramante, puede hacerse girar como una honda, sin que el agua se derrame, por más que el vaso, en su movimiento, se ponga periódicamente boca abajo.

Para hacer el experimento conviene emplear una copa, pues por su forma se presta mejor que un vaso sin pie a ser atada (figura 247).



Figuras 247 y 248

265. El mismo experimento puede hacerse con un cubo ordinario, bastando entonces asirlo por el asa, sin necesidad de atarlo a una cuerda. (Popular.)

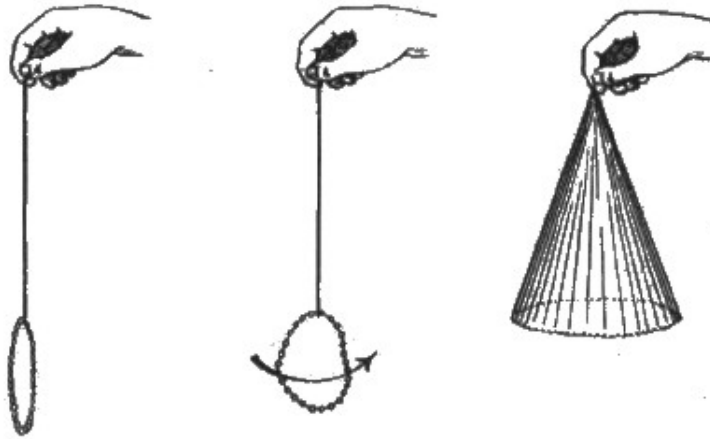
266. Con la misma copa atada que nos ha servido para el experimento del número 264 se puede realizar el siguiente. Suspendida la copa del bramante a modo de plomada,

tuérzase el hilo repetidamente entre los dedos y al fin suéltese la copa, que emprenderá así un rápido movimiento de rotación alrededor de su eje, y el agua, proyectada por la fuerza centrífuga, saltará profusamente dividida en gotas por los bordes de la copa (figura 248).

No estará de más advertir que en todos estos experimentos la copa o vaso saltan fácilmente si no se les ata bien recio de un modo adecuado a su forma.

La rotación de una cadenilla

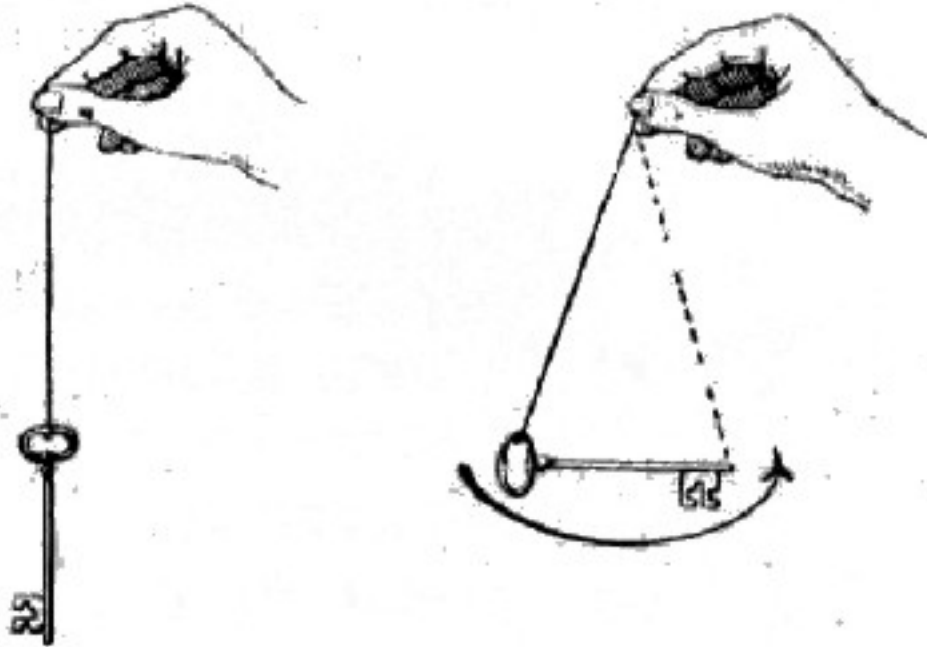
267. Suspendiendo de un hilo una cadenilla metálica cerrada (figura 249) y retorciendo el hilo entre los dedos para comunicarle un movimiento de rotación, la cadena se va abriendo a medida que la velocidad de rotación aumenta (figura 250) hasta extenderse en un círculo perfecto (figura 251) que se mantiene horizontal; entre tanto el hilo describe una superficie cónica algo deformada por la fuerza centrífuga del mismo hilo.



Figuras 249, 250 251

La rotación de una llave

268. El mismo experimento puede realizarse colgando del hilo una llave (figura 252) y haciéndola girar en igual forma. La llave, que al principio está vertical, va inclinándose a medida que la velocidad aumenta, y al fin rueda en posición enteramente horizontal (figura 253).

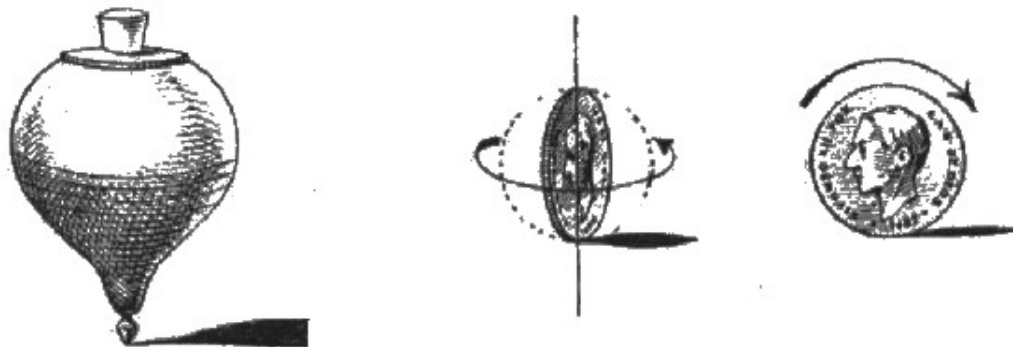


Figuras 252 y 253

Lo mismo la cadena del experimento anterior que la llave en el experimento actual, toman una posición, durante la rotación, enteramente distinta de la que corresponde a su equilibrio estático.

El trompo

269. Igual fundamento que las notables posiciones de equilibrio inestable conseguidas durante la rotación en los experimentos anteriores, tiene la permanencia del trompo, mientras gira, en equilibrio sobre la punta (figura 254).



Figuras 254, 255 y 256

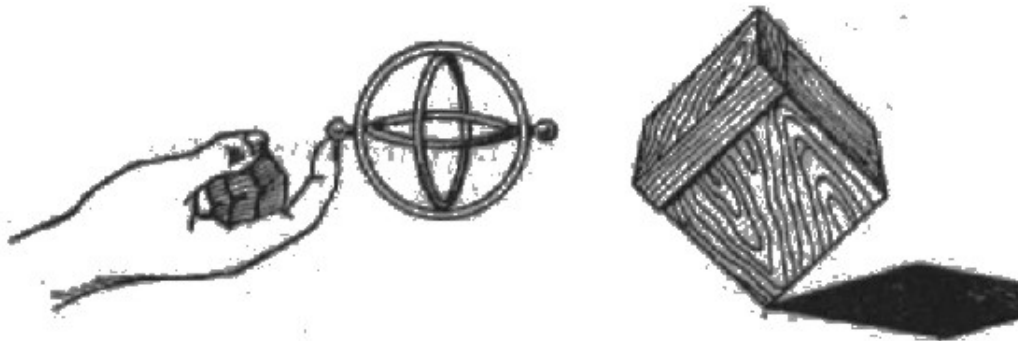
La moneda

270. Tan difícil es hacer que una moneda se mantenga derecha de canto sobre la mesa, como es fácil conseguir que se mantenga así cuando se la hace girar (figura 255), ya alrededor de uno de sus diámetros (como un trompo), ya alrededor de un eje normal a su plano (como una rueda, figura 256).

El giroscopio

271. Los más notables casos de equilibrio, aparentemente no sólo inestables, sino imposibles para un cuerpo en reposo, se consiguen con el sencillo juguete llamado giroscopio que por poco dinero (una peseta) puede adquirirse en cualquier tienda de juguetes. En esencia, no es más que una peonza, pero estando la masa giratoria provista de un armazón formado por dos aros fijos, puede asirse el aparato por ese armazón, y colocarse a voluntad en la posición que quiera ensayarse.

Para producir el giro rápido de la parte móvil se pasa el extremo de un bramante por el orificio que lleva el eje y alrededor de éste se va arrollando el bramante; sosteniendo luego con la mano izquierda el armazón, se tira fuertemente del bramante con la derecha, y el rápido tirón comunica a la parte móvil una notable velocidad de rotación.



Figuras 257 y 258

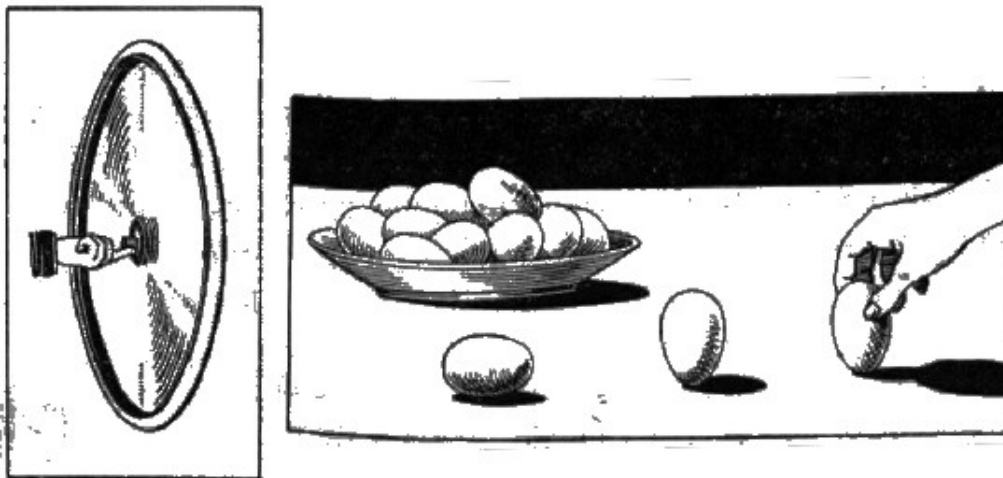
Entonces se puede apoyar el aparato sobre un dedo y se mantiene con el eje horizontal, asombrando al espectador desprevenido que no se da cuenta de cómo resultan alteradas las leyes de la Estática por los rápidos movimientos giratorios (figura 257).

También adopta el giroscopio las más desconcertantes posiciones si se le suspende de un hilo.

272. Aun puede presentarse el mismo efecto de una manera más sorprendente: puesta en rotación la parte móvil del giroscopio, se introduce el aparato en su caja de cartón, de forma cúbica, y se cierra. La caja, verdadera caja mágica, se mantiene entonces en equilibrio sobre un vértice, sorprendiendo extraordinariamente a quien ignore su contenido (figura 258).

La rueda de bicicleta

273. El efecto giroscópico de la conservación del plano de rotación se puede observar y estudiar con una rueda de bicicleta, separada de la máquina (**E.**).



Figuras 259 y 260

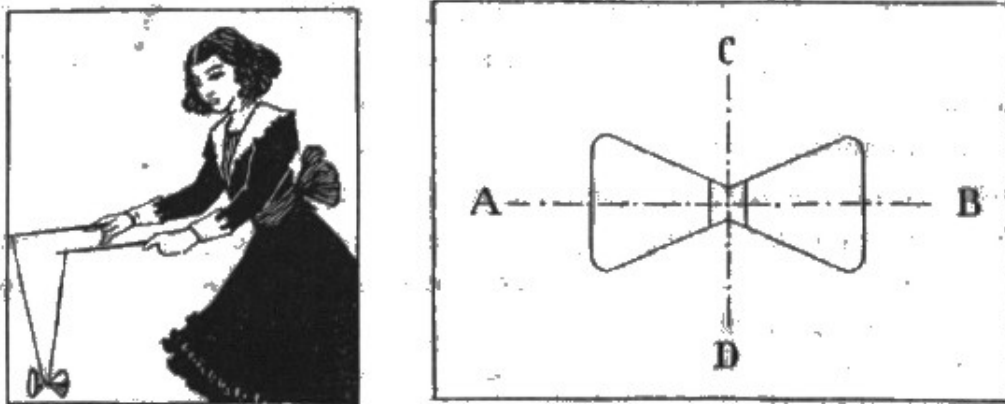
Estando la rueda vertical y sostenido el eje por sus extremos, se le imprime a mano un rápido movimiento de rotación: cuando lo ha adquirido, puede separarse perfectamente uno de los soportes: la rueda, con el eje apoyado sólo por un extremo, prosigue su movimiento y se mantiene vertical, como sin darse cuenta de que uno de los soportes ha sido suprimido (figura 259).

Reconocimiento mecánico de un huevo cocido

274. Entre los huevos de gallina contenidos en un plato los hay crudos y los hay cocidos, ¿cómo podremos distinguirlos para separarlos? De una manera muy sencilla: haciéndolos bailar sobre la mesa como un trompo o peonza. Los huevos endurecidos por la cocción se comportarán como un sólido coherente, y bailarán bien. Los huevos crudos, cuya masa fluida interior, no estando fijamente unida a la cáscara, no puede recibir fácilmente el impulso comunicado a ésta, bailarán mal (figura 260).

El diábolo

275. Otro juego fundado en la perseverancia del eje de rotación es el conocido con el nombre de diábolo. Un cuerpo formado por dos troncos de cono unidos por sus bases menores se suspende de un hilo cuyos extremos están atados a dos palos: moviendo convenientemente estos palos se consigue que por el rozamiento del hilo con el cuello del diábolo, éste se ponga a girar (figura 261).



Figuras 261 y 262

Cuanto mayor sea la velocidad de rotación tanto más fácil resultará conservarla y aumentarla. Cuando es muy grande ya, se tira fuertemente del hilo por ambos extremos, con lo cual el diábolo es proyectado hacia arriba, a veces hasta alturas de más de veinte metros; pero tanto al subir como al bajar sigue rodando alrededor del mismo eje. Recíbese con el mismo hilo y sobre él rebota si lo encuentra tenso, o se sostiene si lo halla flojo. La operación de comunicar al diábolo un rápido movimiento de rotación como la de recibirlo sobre el hilo requieren un poco de aprendizaje.

276. Cuando un cuerpo de revolución gira libremente, el eje de giro pasa siempre por el centro; mas si, por ejemplo, se trata de un objeto de madera en forma de huevo, tendremos que puede girar alrededor del eje mayor o de un eje menor. Si probamos a hacerlo girar alrededor de un eje menor observaremos que tiende a elevarse para girar alrededor del eje mayor; así también la llave del número 268 se ponía horizontal para girar alrededor de un eje normal a su tronco.

Siempre los cuerpos optan por girar alrededor del eje a que corresponde mayor momento de inercia, o dicho en otra forma, alrededor del eje a que corresponda mayor energía de movimiento bajo igual número de vueltas por unidad de tiempo.

El diábolo (figura 262) gira alrededor del eje AB y no de un eje CD, Porque en virtud de su forma, de la distribución de su peso, el momento de inercia con respecto al eje AB es mayor que con respecto a CD. Como comprobación de esta teoría, el físico inglés Boys construyó un diábolo que tenía el mismo momento de inercia con respecto a ambos ejes, con lo cual resultaba inútil para el juego, porque nadie conseguía ponerlo en rotación.

Rompenueces

277. Sorprende la fuerza y resistencia de algunos individuos que con los puños o con la base de la palma de la mano rompen, sobre la mesa o sobre el suelo, nueces y más nueces sin lastimarse. En cambio, quien quiera imitarles sin conocer su ardid, se lastima y se queja a los primeros golpes, sin lograr las más veces su objeto.

El ardid es muy sencillo: consiste en mantener elevada con la mano izquierda la nuez algunos milímetros sobre la mesa o el suelo, mientras la mano derecha descarga sobre ella el golpe. De este modo, el choque que ha de partir la nuez lo recibe la nuez contra la mesa o el suelo y no la mano contra la nuez.

Así también puede llegarse a romper piedras con los puños sin lastimarse.

La fila de monedas

278. Dispuestas sobre la mesa, de plano y en fila, numerosas monedas de diez céntimos, compórtanse como cuerpos elásticos y transmiten con gran perfección los choques que reciben. Esta transmisión se manifiesta de una manera muy sorprendente realizándola en la siguiente forma: a unos dos o tres centímetros de la

primera moneda de la fila, se coloca otra moneda igual, también alineada, Y se la impulsa con viveza contra la fila; cada moneda transmite el choque a la siguiente y sólo la última de la serie se separa de las restantes como si hubiera recibido directamente el impulso.

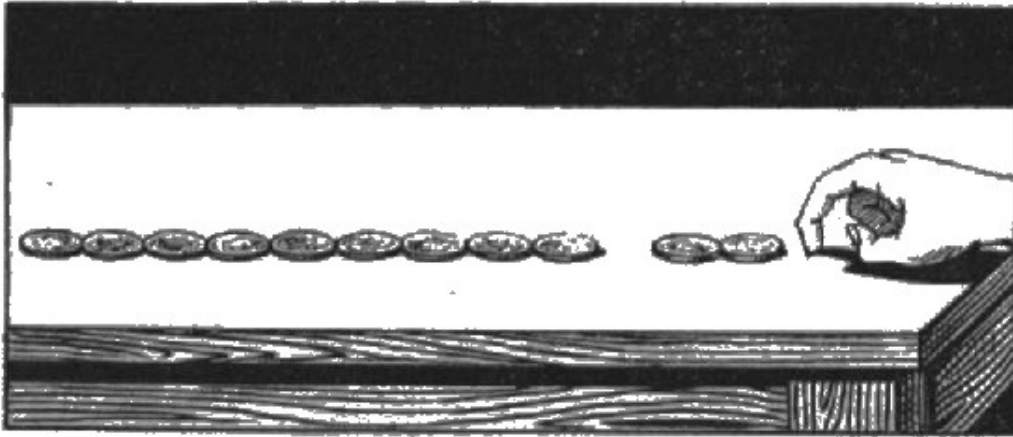


Figura 263

Pero aun hay más: si se repite el experimento haciendo que sean dos las monedas alineadas que vayan a la vez a chocar con la primera de la fila, del otro extremo se destacarán también dos a un tiempo (figura 263).

El péndulo de Airy

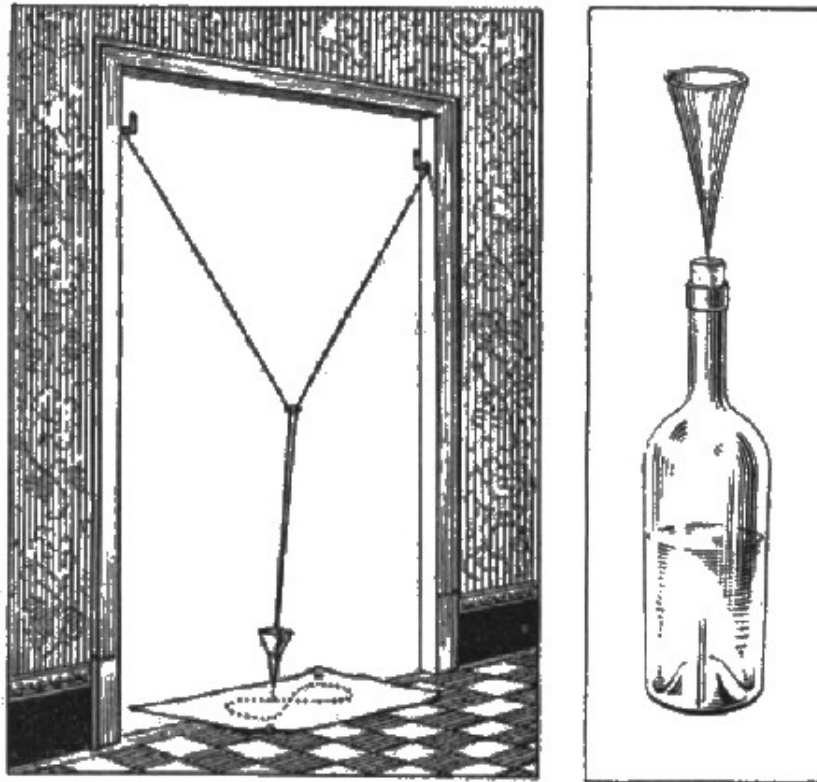
279. Del marco de una puerta suspéndanse, con dos clavos, dos bramantes, y átense uno con otro junto al suelo.

Con un trozo de bramante, átense uno con otro los dos ramales de manera que queden unidos mediante un anillo o manguito corredizo para que a voluntad podamos hacer subir o bajar el punto de unión.

Del extremo inferior en que los dos bramantes se ataron uno con otro, suspéndase un embudo de agujero pequeño, de hoja de lata, hierro esmaltado o cristal, procurando que su punta diste cosa de un centímetro del suelo.

Cubierto el suelo con una hoja grande de papel blanco, llenando de arenilla el embudo y desviándolo de su posición de equilibrio en dirección perpendicular al plano de la puerta, al soltarlo emprenderá una serie de oscilaciones pendulares alrededor del eje que pase por los dos clavos de suspensión, y mientras tanto la

arenilla que vaya saliendo por el embudo irá marcando repetidamente sobre la hoja de papel una recta perpendicular al umbral de la puerta.



Figuras 264 y 265

Desviando ahora el embudo sin separarlo del plano de la puerta, al soltarlo emprenderá también una serie de oscilaciones pendulares alrededor del punto en que se junten los dos ramales de bramante y esté ocupado por el anillo corredizo. Siendo la longitud del péndulo actual menor que la del péndulo anterior, las oscilaciones serán más rápidas. Mientras tanto la arenilla dibujará sobre la hoja de papel una recta en la dirección del umbral de la puerta.

Apartando ahora el embudo de su posición de equilibrio en sentido oblicuo al plano de la puerta, oscilará al soltarlo según los dos péndulos, y sobre la hoja de papel irá dibujando la arenilla el trayecto de la punta, que ya no será una recta normal o paralela u oblicua, sino una curva más o menos complicada, gráfica del movimiento debido a la composición de los dos movimientos pendulares. La forma de esta curva variará al variar la proporción de las longitudes de los dos péndulos (cambiando la

posición del anillo corredizo), pues así se varía la proporción de las duraciones de las dos clases de oscilaciones (figura 264).

El caleidófono

280. Una larga aguja de acero bien clavada verticalmente en el tapón de una botella y desviada de su posición vertical, emprende al soltarla una serie de rápidas vibraciones alrededor de la posición de equilibrio. Si la aguja está provista en su extremo superior de una bolita brillante (como una bola de árbol de Navidad, pegada con lacre) el brillo de esta bola dibujará durante las vibraciones una recta luminosa, en virtud de la persistencia de las imágenes en nuestra retina.

Si al tiempo de soltar la aguja desviada se le comunica un impulso lateral, en vez de verificar sus vibraciones en un plano describirá un cono que se estrechará poco a poco alrededor de la posición de equilibrio. La línea luminosa dibujada por el brillo de la bola superior será una elipse cuyos ejes cambiarán continuamente de dirección. El estudio de esos cambios no deja de ser muy instructivo (figura 265).

Con agujas de acero de sección rectangular, el experimento anterior resulta mucho más notable. Separada de su posición de equilibrio la aguja o varilla en la dirección de su mayor espesor, verifica una serie de vibraciones, que se revelan, merced al brillo de su extremo, en forma de una recta luminosa que tiene la misma dirección del mayor espesor.

Desviada la misma aguja en la dirección del espesor menor, cuando la aguja abandonada vibra, aparece una recta luminosa en esta misma dirección; pero las vibraciones no se verifican con la misma rapidez que en el caso anterior.

Desviada la aguja de su posición de equilibrio en sentido oblicuo a las direcciones de los lados de su sección, emprende a la vez los dos movimientos vibratorios: uno en la dirección del mayor y otro en la dirección del menor espesor, y la bola brillante dibuja la curva más o menos complicada que representa gráficamente el movimiento resultante de aquellos dos.

Disponiendo de varillas de acero rectangulares de diversas dimensiones, se obtienen por este procedimiento variadas curvas luminosas.

Obsérvese que la teoría de la formación de esas curvas es la misma que la de las que se obtienen por composición de oscilaciones en el péndulo de Airy (279).

La preponderancia del trabajo

282. Si a uno le preguntan cuál debe valer más de dos objetos de igual forma, uno de oro y otro de hierro, responderá indudablemente que el de oro. Y sin embargo, no siempre es así.

He aquí una lista de precios de alambres capilares, que figura en el catálogo de una casa productora:

Diámetro en milímetros	0,04	0,03	0,02
Precio del metro en marcos	0,50	0,65	1,00

y estos precios son los mismos para los alambres de oro o platino que para los de cobre, plata, latón, níquel, hierro, acero, bronce, etc.

La explicación de esta paradoja es muy sencilla: por preciosa que sea la substancia de que el hilo esté formado, el valor de la que entre en un metro lineal de alambres tan extraordinariamente delgados, será secundaria con relación al valor del trabajo empleado en su preparación. Y tanto es así, que en la misma lista puede observarse cómo aumenta el precio del alambre a medida que se va adelgazando, es decir, conforme va perdiendo materia y absorbiendo trabajo. Las diferencias de valor entre las distintas substancias desaparecen paulatinamente a medida que se someten a más refinadas elaboraciones.

Presiones en el interior de un líquido

283. Un tubo de quinqué o de mechero Auer, una tarjeta de visita y un ancho vaso de vidrio van a servirnos para realizar un bonito experimento.

Adaptada la tarjeta a los bordes del tubo y sostenida con la mano introduzcamos en el agua del vaso ese extremo cerrado, y en cuanto lo hayamos hundido algunos centímetros, podremos soltar la tarjeta, sin que se caiga: la presión del agua la mantendrá aplicada a la boca del tubo. Pongamos el tubo vertical y hundámoslo hasta unos pocos centímetros del fondo del vaso: la tarjeta, sin caer, se mantiene aplicada al tubo (figura 266).

284. Para saber si vale mucho o poco la fuerza que impide la caída de la tarjeta, o sea Para conocer la presión que la retiene aplicada a la boca del tubo, verteremos agua en el tubo. Esta operación debe hacerse con mucho cuidado, para que el chorro de agua no dé directamente contra la tarjeta, pues podría hundirla el choque: lo mejor será emplear un porrón o botijo, dirigiendo el chorro hacia las paredes del tubo.

También será más vistoso emplear agua teñida o simplemente vino.

La tarjeta seguirá manteniéndose adherida al tubo a pesar de llevar una carga de agua cada vez mayor, hasta el momento en que el nivel del agua de dentro del tubo coincida con el nivel del agua fuera de él: en este preciso momento la tarjeta se desprenderá y caerá al fondo del vaso.

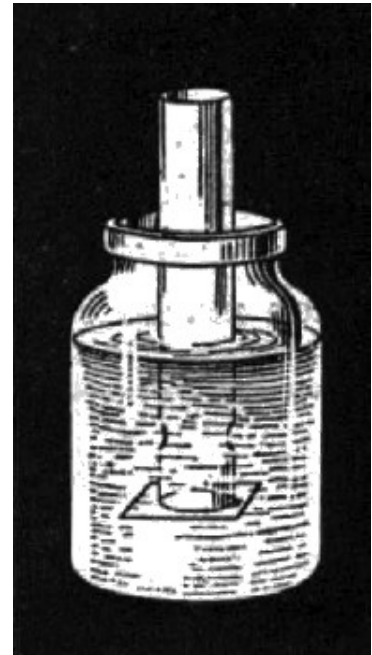


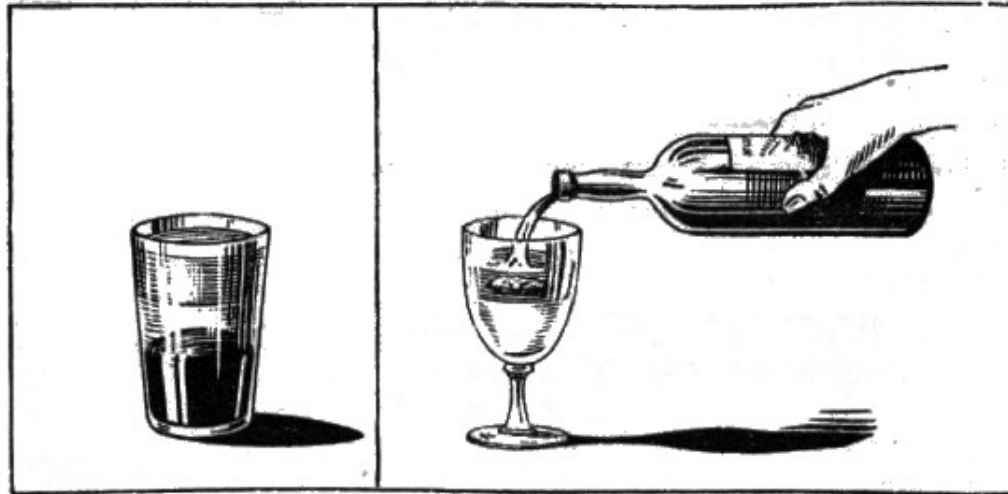
Figura 266

285. Puede realizarse el mismo experimento suprimiendo la operación de verter agua dentro del tubo, haciendo que éste se llene lentamente por sí solo.

¿Cómo? De la manera más sencilla: empleando, al preparar el aparato, una tarjeta con un agujerito. Cuando el aparato lo dejemos preparado como se ha descrito en el párrafo penúltimo, por el orificio penetrará en el tubo el agua formando un surtidor, que luego se reducirá a un ligero movimiento de la superficie del agua que irá llenando el tubo; también en este caso la tarjeta continuará sosteniéndose hasta que el nivel del agua dentro del tubo coincida con el nivel del agua que lo rodea **(E.)**.

Superposición de líquidos

286. Como en «la lámpara del santuario» se mantiene superpuesto el aceite al agua, por ser el primer líquido menos denso que el segundo, puede también superponerse alcohol al aceite, por la misma razón.



Figuras 267 y 268

En vaso un poco alto viértase primero agua, después aceite, y por fin con mucho cuidado, alcohol, haciéndolo resbalar por las paredes del vaso, para que no remueva demasiado el aceite, ya que entonces podría el tercer líquido (alcohol) mezclarse con el primero (agua).

Tiñendo el agua y el alcohol con fucsina roja, los tres líquidos superpuestos presentarán en una forma bien rara la combinación de colores de la bandera española (figura 267).

Herpin (1829) llama redoma elemental a este experimento, denominado por otros tubo de los cuatro elementos.

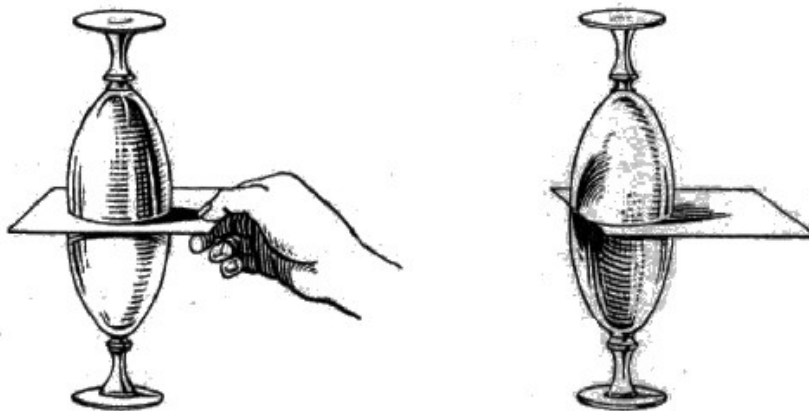
287. En el caso del último experimento los líquidos se mantienen netamente separados por no ser miscibles; pero no se obtendría una separación limpia entre el agua y el alcohol si estos líquidos se superpusieran directamente, pues aun procediendo con sumo cuidado no podríamos evitar que se mezclaran en una zona más o menos profunda.

Puédese, sin embargo, recurrir a un artificio que les mantiene bastante separados. Podemos aplicarlo al agua y al vino, mejor que al agua y al alcohol, porque presentándose el vino naturalmente teñido, se distingue mejor que el alcohol sin teñir, del agua sin teñir.

Sobre el agua que llene una copa hasta la mitad, dejaremos flotar una ancha y delgada miga de pan, destinada a amortiguar el choque del vino que luego

vertamos en la misma copa (figura 268). Así se logra sin tomar muchas precauciones mantener separados agua Y vino en el mismo vaso.

288. También se puede conseguir que dos líquidos, aunque sean miscibles, se mantengan separados (arriba el menos denso) empleando dos copas: una, completamente llena del líquido más denso (por ejemplo, agua), se deja sobre la mesa; la otra, completamente llena del líquido menos denso (por ejemplo, vino), se cierra con una tarjeta, se pone boca abajo, con lo cual la tarjeta queda adherida a la copa, como veremos más adelante, y se superpone así invertida a la primera, de manera que las bocas de las copas coincidan y la tarjeta separe los dos líquidos. Entonces se procede a separar lentamente la tarjeta, sin que los bordes de las copas se separen, y los líquidos quedan superpuestos sin mezclarse más que muy lentamente (figura 269).

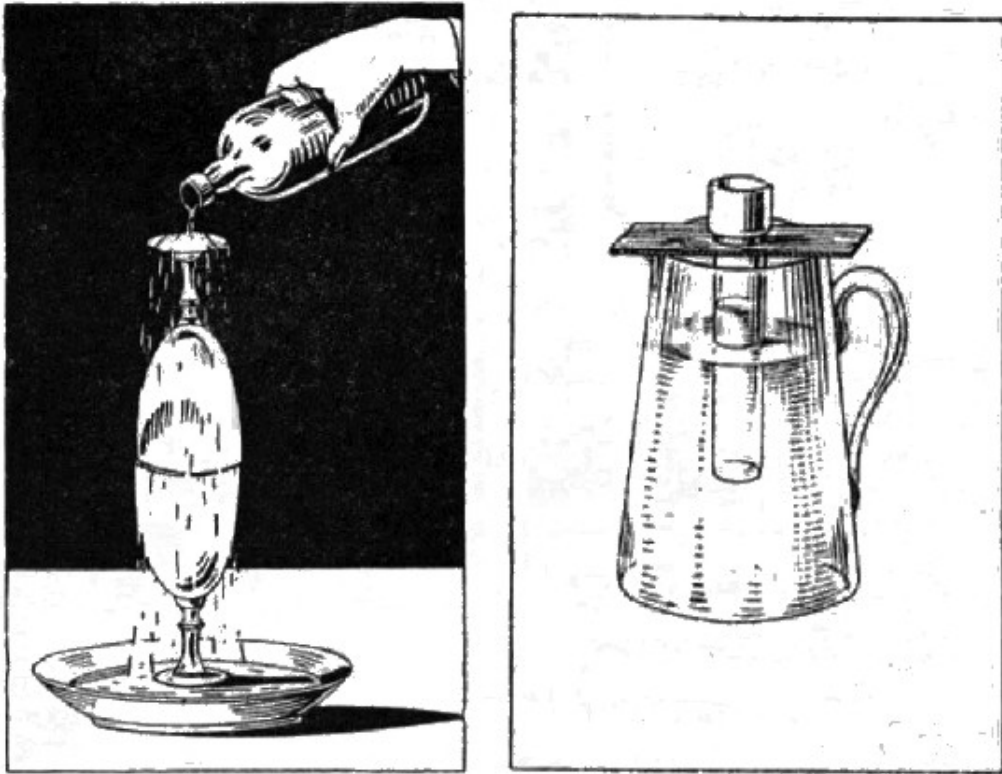


Figuras 269 y 270

289. Repítase el experimento anterior, de superposición de las copas, llenando la inferior con el líquido menos denso y la superior con el más denso. Los líquidos sólo se podrán mantener en esta situación mientras la cartulina los separe, pero en cuanto apartemos un poco la tarjeta, de modo que por uno de los bordes se pongan en contacto, observaremos cómo se establece por esa zona de contacto una corriente ascendente del líquido menos denso y una corriente descendente del líquido más denso. Los movimientos cesarán cuando el líquido menos denso ocupe el vaso superior y el más denso ocupe el inferior. La separación sólo es completa si

los líquidos no son miscibles (por ejemplo, agua y aceite); sin embargo, aun con líquidos miscibles (por ejemplo, agua y vino) la separación de los líquidos es bastante notable (figura 270).

290. He aquí, sobre el mismo asunto, otro experimento que tiene caracteres de juego de prestidigitación.



Figuras 271 y 272

Repetida la superposición de copas, llenas ambas de agua, se procede a separar la tarjeta interpuesta, y a deslizar un poco un borde respecto del otro, de manera que quede entre las dos copas una abertura insignificante; vertiendo entonces vino sobre el pie de la copa superior, este líquido descenderá por las paredes y al llegar a la abertura penetrará por ella y ascenderá en delgados filetes a la copa superior, desalojando de ella el agua; al terminar se hallará el agua de la copa superior enteramente teñida, mientras la de la copa inferior permanecerá incolora (figura 271).

291. Aunque tratando de líquidos miscibles hemos hablado sólo de agua y alcohol o de agua y vino, se puede emplear con más comodidad, sin restar vistosidad a los experimentos, como líquido menos denso e incoloro la misma agua, y como líquido más denso y teñido leche (preferentemente azucarada) o café cargado de azúcar. Para aplicar a estos líquidos los anteriores párrafos, substitúyase en ellos la palabra agua por leche o calé, y la palabra alcohol o vino por agua.

La columna de aceite

292. No es difícil disponer un jarro de vidrio con un tubo de quinqué en el centro, de la manera que puede verse en la figura 272. La tablilla que sostiene boca abajo el tubo de quinqué puede ser una tapa de caja de tabacos, o una simple cartulina, provista de un orificio circular del mismo diámetro que el de la porción estrecha del tubo.

Llenando de agua este doble vaso, siempre se alcanzará el mismo nivel dentro del tubo y fuera de él, en el espacio comprendido entre el tubo y el jarro; y lo mismo dará que se llene por dentro del tubo que por fuera.

Mas si estando casi lleno de agua, se vierte aceite dentro del tubo, se observará que el aceite desaloja el agua, hasta quedar el tubo lleno de aceite y el espacio anular lleno de agua. Fijándose entonces en los niveles alcanzados se observará que el del aceite es superior al del agua por ser aquél menos denso que ésta.

Flotación de un huevo

293. Los huevos de gallina son siempre más densos que el agua; cuando están frescos son también más densos que el agua que contenga 40 gr de sal común por litro; si están pasados son menos densos que esta solución. Los primeros se hunden, los últimos flotan en ella.



Figuras 273, 274 y 275

A medida que el huevo va pasándose, disminuye gradualmente su densidad y aumenta su tendencia a flotar. El huevo fresco, hundido en aquel líquido, se mantiene echado, con el eje mayor horizontal; pero a medida que el huevo envejece, tiende a nadar, y su eje mayor a levantarse; los huevos de tres semanas se hunden todavía, pero su eje mayor se mantiene casi vertical. De la inclinación del eje mayor de un huevo de gallina, en el seno del agua con 40 por 1000 de sal, se puede deducir la edad del huevo; así a los huevos de cuatro a seis días corresponde una inclinación de 20° , a los de ocho a diez días la de 45° , etc. Los huevos muy viejos flotan (figuras 273, 274 y 275).

Para medir con exactitud suficiente el mencionado ángulo de inclinación, se coloca fuera de la vasija una aguja calcetera de modo que tenga una dirección paralela a la del eje mayor del huevo, y se aplica a la misma un reloj, para medir el ángulo de la manera explicada en el número 75.

294. En agua más cargada de sal que la solución señalada en el párrafo anterior, flotan también los huevos frescos. Cargando poco a poco de sal el agua, un huevo de gallina fresco que primero estaba hundido y echado, empieza a levantarse hasta llegar a ponerse vertical su eje mayor, luego asciende y se mantiene en equilibrio en el seno del líquido y por fin llega a la superficie del agua.

Estos hechos se utilizan en la preparación de la salmuera para conservas, pues la flotación del huevo en el seno del líquido se corresponde con la concentración requerida.

Tántalo y la bujía

295. La exigua diferencia de densidad entre el ácido esteárico y el agua es la causa de que una bujía esteárica flote en el agua manteniéndose casi por completo hundida, y baste el más ligero impulso para que se hunda hasta el fondo, de donde vuelve luego por sí sola a ganar lentamente la superficie. Así, resulta muy difícil recoger con los dientes, sin valerse de las manos, la bujía flotante, pues al menor contacto con los labios la bujía se aparta de la boca, convirtiéndose quien lo ensaya en un Tántalo de nuevo cuño (figura 276).



Figura 276

El diablillo de Descartes

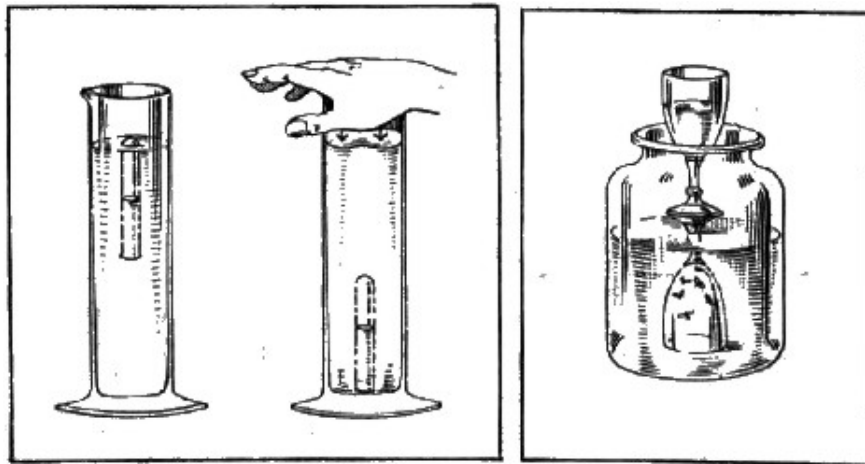
296. Requiere el experimento que vamos a realizar, dos objetos de cristal que no se encuentran entre los de uso doméstico, pero que existen en todos los laboratorios y clases de química; además, son muy baratos y muy útiles¹.

El uno, llamado probeta, es un vaso cilíndrico, con pie y de notable altura; el otro, simple tubo cerrado por un extremo, es llamado por los químicos tubo de ensayo.

¹ No obstante, aunque menos cómodamente, es posible realizar el mismo experimento con objetos de uso corriente, substituyendo la probeta por un jarro de cristal y el tubo de ensayo por una botellita.

Éste cuesta 10 céntimos; la probeta de unos 35 cm de altura y 3,5 cm de diámetro, cuesta 1,50 pesetas.

Llena de agua la probeta, e igualmente lleno el tubo, cerraremos éste con la yema del pulgar y procuraremos introducirlo por su boca en el agua de la probeta, apartando gradualmente el pulgar: el tubo se hundirá. Ensayado esto, repetiremos la operación llenando el tubo sólo hasta la mitad de agua: si todavía se hunde, repetiremos la operación con menos agua; si flota, repetiremos la operación con más agua, hasta conseguir que el tubo flote casi enteramente hundido, asomando sólo en la superficie del agua de la probeta una mínima porción del casquete que constituye el fondo del tubo (figura 277).



Figuras 277, 278 y 279

Entonces, vaciando un poco la probeta, si aplicamos la palma de la mano a la boca de la misma (figura 278) y ejercemos presión, el aire contenido en la parte superior de la probeta la comunicará al agua y ésta penetrará en mayor cantidad en el tubo (comprimiendo al aire en él contenido): el tubo se hundirá; mas al separar nuestra mano de la probeta, el tubo subirá, para flotar de nuevo.

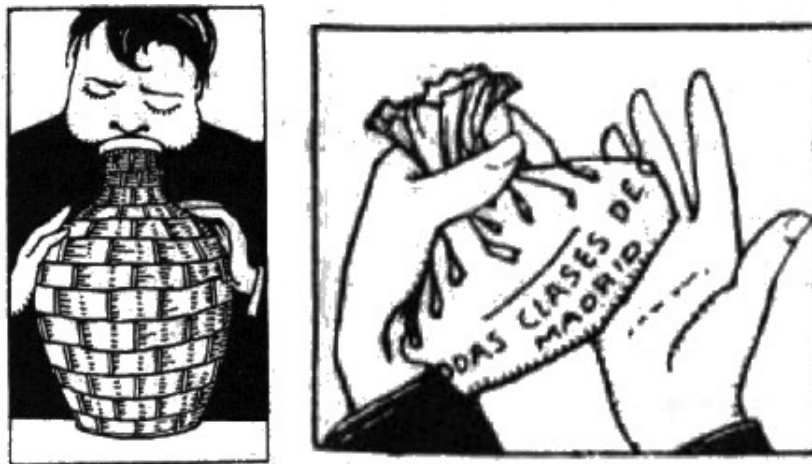
La campana de buzos

297. En el agua contenida en una gran vasija de cristal, sumergiremos una copa boca abajo, y para evitar que flote o que pueda volcarse colocaremos sobre ella otra copa derecha, llena de agua.

Así tendremos dentro del agua una cámara llena de aire algo comprimido, en la cual se podría respirar y trabajar como los buzos en su campana; y unas moscas soltadas a prevención en la misma copa, continuarán revoloteando en ella una vez sumergida (figura 279).

Una botella que sopla

298. Aplicando los labios al cuello de una botella, puede comprimirse en ella el aire mediante la acción de nuestros pulmones.



Figuras 280 y 281

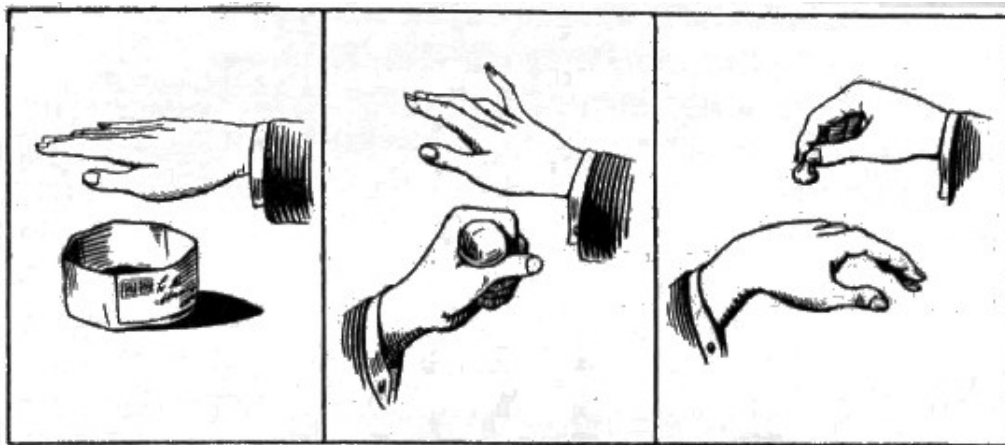
Si la botella es grande (por ejemplo, una bombona de cincuenta o sesenta litros, o mejor si en vez de botella se trata de un tonel), soplando en ella con los labios bien aplicados a su cuello, observaremos que durante algunos segundos la botella admite aire, por comprimirse el que ya la llenaba previamente; después bastará separar de ella los labios, para sentir en el rostro el soplo producido por la salida del exceso de aire (figura 280).

Cuando se emplea una botella común de un litro de capacidad, hay que recurrir al siguiente artificio para descubrir el ligero soplo producido por el exceso de presión del aire interior. Al comprimir, interpondremos entre nuestros labios y la boca de la botella el borde de la palma de la mano, de modo que sólo quede una ligera abertura, para poder cerrar por un ligero movimiento de la mano y de la botella, mientras estemos todavía ejerciendo la acción de insuflar. Después, teniendo la botella boca abajo y ligeramente inclinada, separaremos un poco la mano para dejar

bruscamente libre aquella misma abertura, al lado de una llama, y ésta se inclinará por la acción del soplo.

Reventar una bolsa de papel

299. Los efectos de la compresión del aire se observan ruidosamente al realizar el conocido experimento de golpear con la mano o contra la pared una bolsa de papel henchida de aire (figura 281): si se la mantiene bien cerrada, la bolsa revienta con estrépito.



Figuras 282, 283 y 284

300. Experimento análogo puede realizarse con una sencilla faja de periódico enviado por correo: abierta la faja como un aro y colocada verticalmente sobre la mesa, golpeándola con la palma de la mano de manera que todo el borde superior del papel sea apretado a un tiempo (figura 282), la faja, como la bolsa del experimento anterior, reventará con estrépito, por no hallar salida el aire comprendido en la capacidad formada por la mesa, el aro de papel y la palma de la mano.

Pétalos que estallan

301. Doblando los dedos de la mano izquierda como si se fuera a cerrar el puño, pero dejando un orificio más o menos ancho limitado por el índice y el pulgar y cerrado este orificio mediante un pétalo de rosa o de amapola, con la concavidad

hacia arriba, al golpear sobre el pétalo con la palma de la mano derecha, además del golpe de la mano se oirá el chasquido del pétalo y éste se hallará reventado (figura 283): el aire aprisionado entre el pétalo y la palma de la mano no ha hallado al comprimirse mejor salida que la de abrirse paso a través del pétalo. A veces se desprende enteramente un pedazo circular de éste.

302. Otra manera de hacer estallar el pétalo por la presión del aire consiste en formar con él una bolsita recogiendo sus bordes con el pulgar, el índice y el dedo medio de la mano derecha, y golpear con fuerza esa bolsita contra la mano izquierda, la mejilla o la frente (figura 284). Al reventar la bolsa, si el pétalo era de amapola, deja sobre la piel una mancha roja.

Los cálices de Sileno

303. Mejor todavía que los pétalos de rosas y amapolas, empleados en los anteriores experimentos, se prestan a realizar una explosión análoga los cálices de las flores del *Silene inflata*, planta de la familia de las cariofiláceas (la misma a que pertenecen los claveles), muy frecuente en verano en los bordes de los caminos y en terrenos incultos.

Arrancados los estambres y la corola, queda el cáliz verde y ventrudo: a este carácter del cáliz debe la planta sus dos nombres: el genérico *Silene*, alusivo a los dioses Silenos, también ventrudos, y el específico *inflata*, porque el cáliz de la especie en cuestión está más exageradamente hinchado que el de las demás especies del mismo género *Silene* (figura 285).

Asiendo ese cáliz por el pedúnculo y golpeándolo contra la otra mano o la frente, de manera que por el primer contacto, al chocar, quede cerrada la boca, el cáliz reventará a causa de la compresión del aire que en él ha quedado encerrado, y se percibirá claramente el estallido.

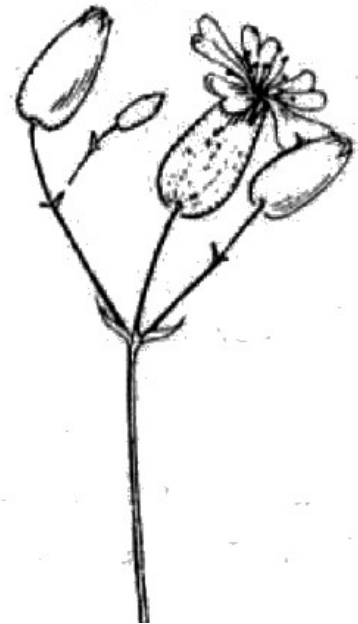


Figura 285

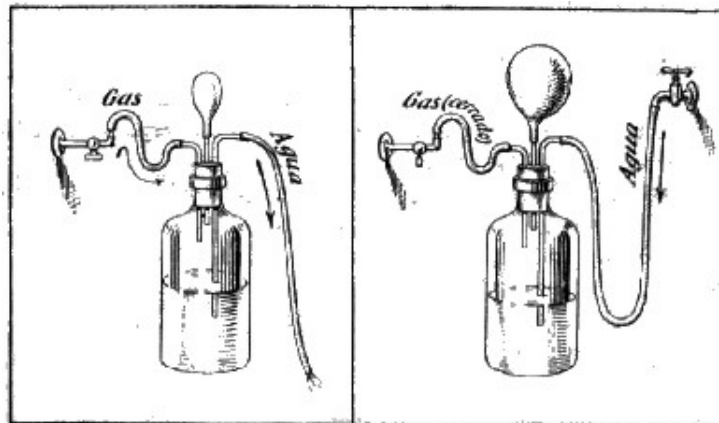
Manera de llenar de gas un globo de caucho

304. Los globos policromos, llenos de gas, que venden en las ferias y regalan en ciertos bazares, quedan a los pocos días vacíos, constituyendo el desencanto de la gente menuda. Sin embargo, la película de caucho está entera; ¿por qué no probar a llenarlos de nuevo?; mas ¿cómo?

Lo primero que a uno se le ocurre es enlazarlos a una espita de gas; pero si recordamos lo exiguo de la presión del gas del alumbrado en sus tuberías (unos 5 cm de agua) comprenderemos que no ha de ser suficiente para hinchar el globo.

He aquí la manera de resolver la cuestión: ciérrase una gran botella llena de agua con un buen tapón de tres orificios atravesados por tres tubos: dos que apenas asomen por la base del tapón, y uno que llegue casi al fondo de la botella.

Uno de los primeros se enlaza a la espita de gas mediante un tubo de caucho; al otro se aplica el globo, atándolo fuertemente por el cuello; el tercero, mediante otro tubo de caucho, se une con el grifo del agua potable, y se separa de él cuando convenga. Ábrase la espita del gas, y separando del grifo de agua el tercer tubo y dejando colgante el de caucho, por él se vaciará el agua de la botella, mientras ésta se va llenando de gas (figura 286).

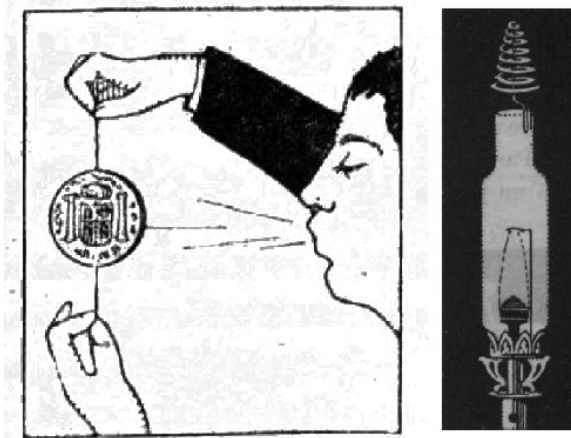


Figuras 286 y 287

Una vez llena la botella, se cierra la espita de gas, se une con el grifo de agua el tercer tubo y se da el agua: la presión del agua desalojará el gas de la botella y lo inyectará en el globo, hinchándolo (figura 287).

Un aeromotor

305. Aplicando a los extremos de un diámetro de una moneda, de cinco pesetas por ejemplo, las puntas de dos alfileres, podremos sostenerla aislada en el aire, en disposición de girar casi sin rozamientos alrededor del eje diametral cuyos extremos correspondan a las dos puntas (figura 288).



Figuras 288 y 289

Soplando lateralmente sobre la moneda, se pondrá ésta en rápida rotación, hasta el punto de aparecer como una esfera completa, en virtud de la persistencia de las imágenes en la retina, fenómeno que estudiaremos más adelante al tratar de los experimentos de Óptica.

¿Un aeromotor o un motor térmico?

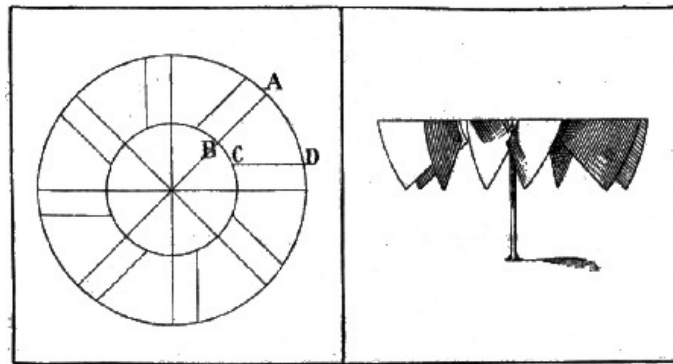
306. Recórtese una espiral de papel, y apoyando su centro en la punta de un alambre doblado, colóquese de modo que reciban todas las espiras una corriente ascendente de aire, por ejemplo la que sale del tubo de un quinqué o de un mechero Auer. La espiral girará con bastante velocidad (figura 289).

La espiral—plano inclinado—puede substituirse por una rueda anemoscópica o pequeño molino de viento de cartulina o de hoja de lata, o aun por el anemoscopio descrito en el párrafo siguiente.

El anemoscopio

307. Se puede construir un anemoscopio muy sensible, es decir, un aparato destinado a revelar la existencia de debilísimas corrientes de aire, recortando una hoja de papel de cartas de la siguiente manera. Dibújense dos círculos concéntricos, de 3 y 6 centímetros de diámetro, sin agujerear el centro con el compás; la corona comprendida entre ellos divídase en ocho partes iguales.

Las porciones en que queda dividida la circunferencia menor divídanse por mitad, y por los puntos de división trácense paralelas a los radios divisores (figura 290).



Figuras 290 y 291

Córtese el papel a lo largo de ABC y dóblese según CD hacia abajo, de manera que el plano ABCD forme un ángulo de unos 45° con el plano primitivo del papel.

Efectuado lo propio con las restantes siete porciones ABCD, se mantendrá en equilibrio horizontalmente el disco en la punta de un clavo o alfiler puesto vertical (figura 291) y entonces se pondrá en movimiento al recibir la más tenue corriente de aire.

Para sostener fácilmente el disco en la punta del alfiler, se hundirá un poco el centro, por debajo, mediante la punta de un lápiz (colocando el disco sobre una hoja de papel secante, para no agujerearlo por la presión del lápiz); el grafito con que quedará tiznado el hoyo, servirá de lubricante y aumentará la sensibilidad del aparato.

Resistencia al viento

308. Colocada una moneda de dos céntimos sobre tres agujas clavadas en la mesa (figura 292), no se caerá por fuerte que se sople sobre ella.

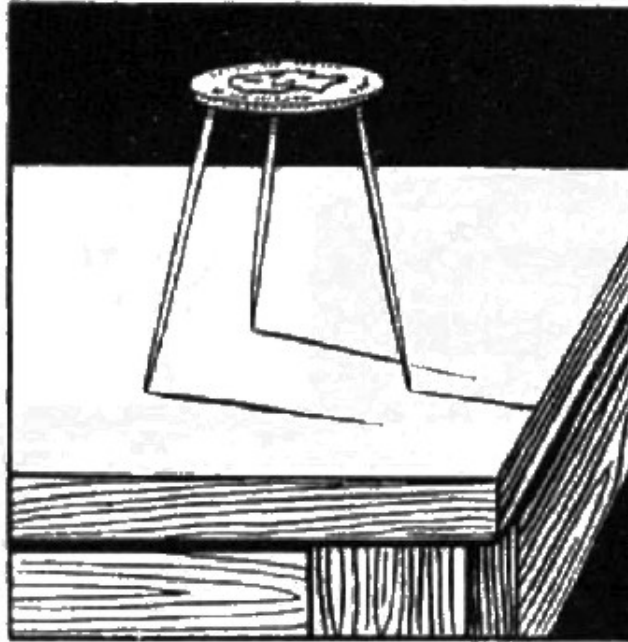
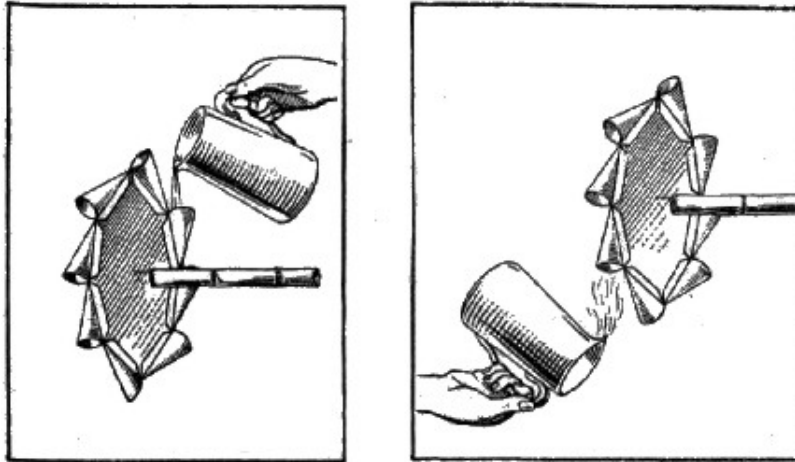


Figura 292

En realidad, el soplo que llega oblicuamente a su cara superior no hace más que aumentar su presión sobre las agujas. En cambio, bajándose hasta poner los labios junto a la mesa para dirigir el soplo a la cara inferior de la moneda, ésta se caerá al primer ensayo.

Motor de gas... «propiamente dicho»

309. Recórtese un octógono regular de cartulina. A cada uno de sus lados adhiérase con goma, cola o engrudo, un cucurucho de papel: los ocho cucuruchos han de ser exactamente iguales y con las bocas dirigidas todas en el mismo sentido. Atraviésese exactamente el centro del polígono con una aguja, y clávese ésta en el extremo de un palo como si se tratara de un molino de viento. A mano se hacen dar a la rueda de papel algunas vueltas, para que el rozamiento sobre el eje de giro sea mínimo. Conviene que la rueda quede perfectamente equilibrada, y para lograrlo se recorta, si es preciso, el borde de algunos cucuruchos.



Figuras 293 y 294

Entonces, los cucuruchos o cangilones del lado en que se presentan abiertos boca arriba, se cargan... de gas carbónico, vertiendo en ellos el de un jarro que se ha llenado previamente de dicho gas por alguno de los procedimientos descritos en los correspondientes párrafos (véase el capítulo de Química). Habiendo aumentado el peso de los cangilones cargados de gas carbónico, con respecto al de los cangilones del otro lado de la rueda, que se mantienen llenos de aire, la rueda se pone a girar como una rueda hidráulica (figura 293).

310. También funcionará la rueda, y rodará en igual sentido, si se determina el mismo desequilibrio procediendo a la inversa: en vez de aumentar el peso de los cangilones de la derecha, disminuir el peso de los cangilones de la izquierda (**E.**).

Llenaremos el jarro de gas del alumbrado (habrá que sostenerlo boca abajo, según se explica en el capítulo de Química) y verteremos el gas en los cangilones de la izquierda, que se hallan boca abajo, inclinando junto a ellos el jarro lleno de gas; la figura 294 representa esta operación. Invertido el sentido de las fuerzas motrices, la figura 294 no es, en el fondo, más que la 293 invertida.

Burbujas de champagne... o de agua carbónica

311. Del agua carbónica o del champagne contenido en una copa, el gas sólo escapa tumultuosamente, con formación de espuma, si en el interior del líquido existen o se introducen numerosas burbujitas de aire. A veces, esas burbujitas, semilla de las que ascienden y forman espuma o revientan en la superficie, están

adheridas a las paredes de la copa, pero lo más general es que les sirva de vehículo alguna impureza sólida que esté mezclada con el líquido.

Pueden introducirse esas burbujitas artificialmente en el líquido, echando en él un terrón de azúcar: alrededor del terrón se desprenderá abundantemente el gas contenido en el agua o en el vino, y la superficie líquida se llenará de espuma.

312. En una copa de champagne de las antiguas (alta y estrecha) se puede realizar un experimento análogo al anterior, echando en el líquido cargado de gas una pasa o una miga de pan ligeramente prensada entre los dedos: por su densidad algo superior a la del agua, la miga o la pasa se hunde, pero las burbujas que se forman a su alrededor, antes de desprenderse la aligeran y elevan hasta la superficie líquida. Allí revientan algunas burbujas, y la miga o la pasa vuelve a caer al fondo de la copa, de donde, por haberse formado nuevas burbujas, vuelve a ascender; repitiéndose varias veces el mismo fenómeno.

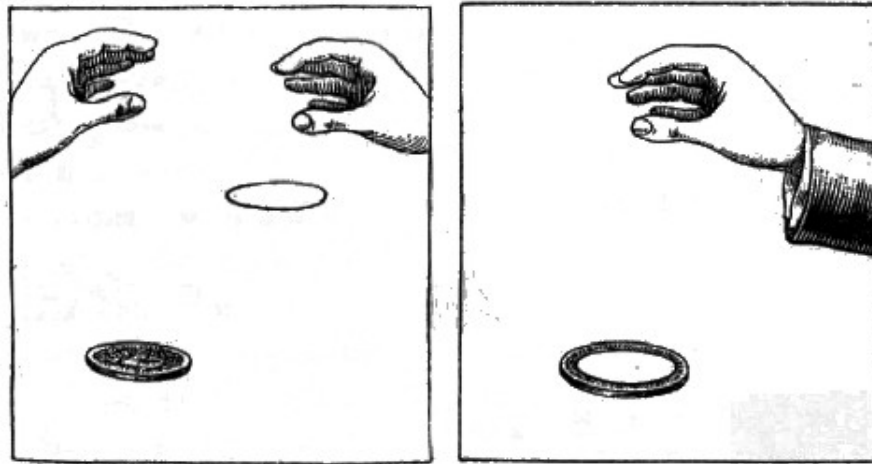
La caída del papel

313. ¿Por qué la hoja de papel cae más lentamente que la piedra? No es porque tenga menos peso, sino porque presenta una gran superficie y en su movimiento de caída ha de remover una gran masa de aire en comparación con su masa propia. Para probarlo, tomemos una hoja de papel igual a la primera y doblémosla repetidas veces hasta reducir su superficie externa a una exigua fracción de la primitiva. Al soltarla, veremos que caerá casi tan aprisa como una piedra, pues ya no tendrá que remover una masa de aire relativamente tan grande.

314. Lo mismo que en la caída sucede en la proyección. Tratemos de arrojar una hoja de papel a la distancia de algunos metros: por mucho que nos esforcemos, la hoja caerá a nuestros pies. Pero si doblamos repetidamente la hoja o formamos con ella una bola, podremos lanzarla sin inconveniente a considerable distancia.

En algunos países, para aventar el grano y separarlo de la paja, a falta de viento, aplican el sistema de proyección: el grano, venciendo fácilmente la resistencia del aire, cae lejos, mientras que la paja a muy poca distancia ha perdido enteramente su impulso.

315. Recortemos un disco de papel de diámetro algo inferior al de una moneda. Soltemos horizontalmente desde la misma altura moneda y papel, y la moneda, cayendo con mayor velocidad, llegará antes al suelo (figura 295).



Figuras 295 y 296

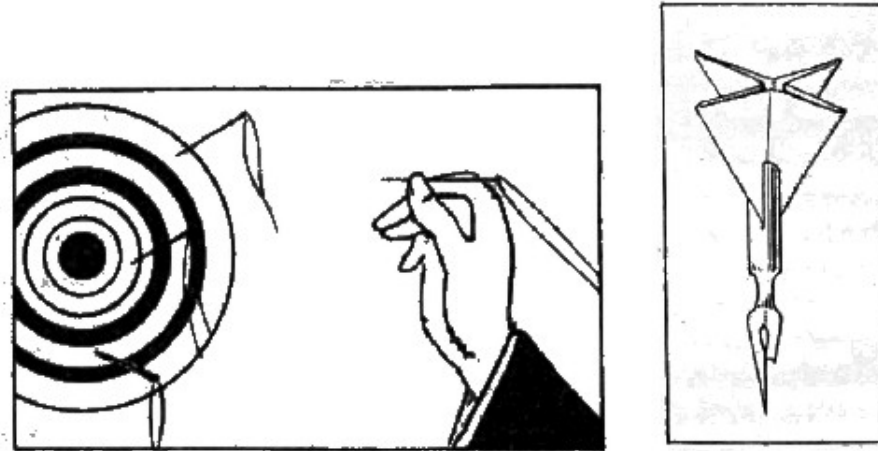
Claro está que conseguiríamos que ambos discos (el de metal o moneda y el de papel) llegaran a un tiempo al suelo, poniendo el de Papel debajo del de metal y soltándolos en esta forma. Pero también llegan simultáneamente al suelo, sin que en este caso se vea que el de metal deba arrastrar al de papel, poniendo la moneda debajo del disco de papel (figura 296).

Se ha pretendido alguna vez demostrar, con este sencillo experimento, que el retraso con que cae el disco de papel aislado de la moneda es debido solamente a la resistencia del aire, y suprimida esta resistencia por el disco de metal, que cae delante del de papel, éste cae, como en el vacío, con la misma velocidad que la moneda. Aunque esto es verdad, no está demostrado **(E.)** por el experimento descrito, pues en su caída la moneda produce tras sí una corriente descendente de aire que arrastraría al disco de papel y lo mantendría unido a la moneda, aunque tendiera a caer con menos velocidad.

Tiro al blanco con agujas

316. Dibujado el blanco sobre una puerta, tírese con agujas desde la distancia de unos dos metros.

Claro está que con agujas sueltas será muy raro que alguna llegue a clavarse, pero bastará enhebrarlas con un poco de hilo, para que retrasándose éste en el movimiento por la resistencia del aire, las agujas den siempre de punta y en su mayoría se claven. Las hebras actúan como las plumas de una flecha (figura 297).



Figuras 297 y 298

317. También se puede tirar al blanco con plumillas, a las que se rompe una de las puntas y se hiende, aplastándolo, el otro extremo, para aplicarle un cuadrado de papel, que se habrá doblado en un sentido según las diagonales y en sentido contrario según las medianas (figura 298).

Pegar un sello en el techo

318. He ahí un sello de dos céntimos; humedecida su cara engomada, ¿quién es capaz de pegarlo en el techo, sin subirse en silla ni escalera alguna, ni levantarlo con un palo, sino arrojándolo al aire?

Cuantas veces se ensaye, se fracasará; el ligerísimo sello, proyectado al aire, apenas asciende a 20 cm más que la mano que lo empuja.

Pero recúrrase al artificio de poner el sello, con la cara engomada y mojada hacia arriba, sobre una moneda, y proyéctese ésta de plano hacia arriba; la moneda al llegar al techo dejará en él pegado el sello.

La inercia del aire

319. El aire, como todos los cuerpos, opone resistencia a ser movido.

Disponiendo sobre la mesa un periódico (figura 299) y debajo de él una regla delgada de madera, uno de cuyos extremos sobresalga de la mesa, y dando un puñetazo sobre la porción saliente de la regla, antes se romperá ésta que conseguir levantar el papel, pues sobre la hoja gravita una gran masa de aire.

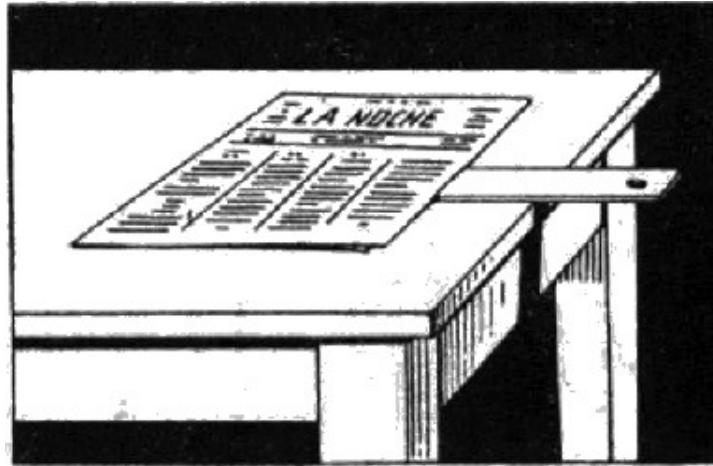
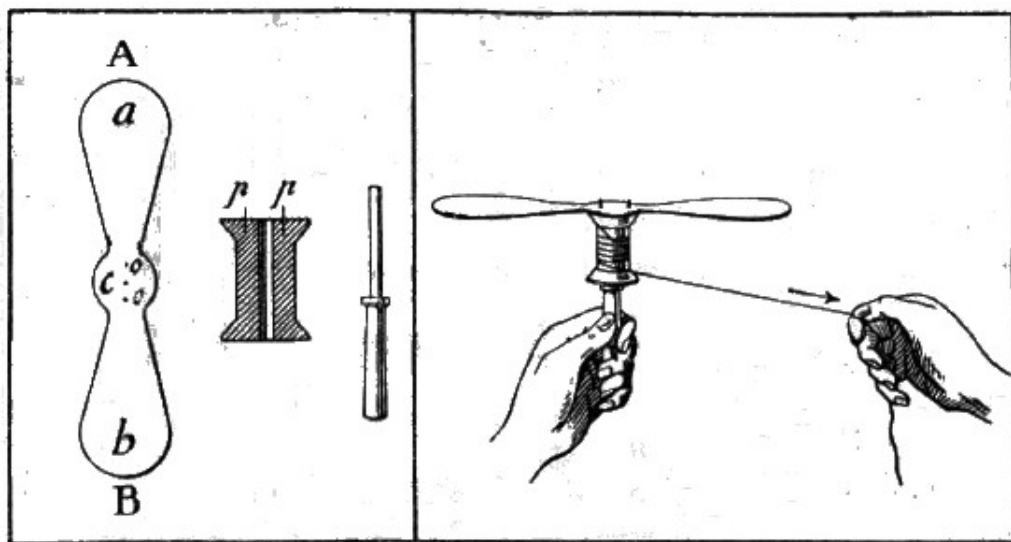


Figura 299

Lo contrario sucedería suavizando el impulso dado a la regla.

El helicóptero

320. Recórtese un pedazo de cartón en la forma representada por la figura 300; la longitud A B puede ser de 6 a 15 centímetros.



Figuras 300 y 301

Retuérzense las palas a y b en opuesto sentido, de manera que queden inclinadas como las aspas de los molinos de viento, de los ventiladores, de las hélices de buques, etc.

Haciendo girar rápidamente el cartón alrededor de un eje que pase por C, se comportará como una hélice, impeliendo al aire en un sentido (efecto ventilador) y recibiendo él mismo un impulso en sentido opuesto (efecto propulsor).

Para comunicarle un rápido movimiento de rotación podemos valernos del siguiente artificio.

Sobre un carrete de hilo de coser clavaremos dos delgados alfileres p y p' y cortaremos, con un cortaalambres, sus cabezas, de manera que la espiga sobresalga un par de milímetros de la madera del carrete. Cortaremos también la cabeza de un bolillo de hacer encaje, y su espiga, introducida en el orificio del carrete anterior, servirá de eje para este carrete, a cuyo alrededor arrollaremos algunos decímetros de cordel, del cual tiraremos con fuerza para hacer girar al carrete, como un trompo.

A uno y otro lado del centro C de la hélice de cartón abriremos dos orificios o o' cuya distancia sea exactamente igual a la de las puntas p p'.

Situado el carrete sobre el bolillo, mantenido vertical, puesta la hélice sobre el carrete, de manera que las puntas 2 i, se hallen dentro de los orificios o o', y arrollado el cordel en sentido conveniente para que al tirar de él, el sentido de rotación produzca el efecto ventilador de la hélice hacia abajo, el efecto propulsor se producirá hacia arriba, y como nada retiene al cartón hacia arriba, éste, al que mediante las puntas ha comunicado el carrete su rápido movimiento de rotación, escapará ascendiendo, y girando libremente describirá en el aire una graciosa trayectoria (figura 301).

Mejor que de cartón resultaría la hélice de hoja de lata, que cortaría más fácilmente el aire; pero por un lado cuesta más recortar hoja de lata que cartón, y por otro lado, al escapar del carrete, puede causar daño a los circunstantes.

El boomerang

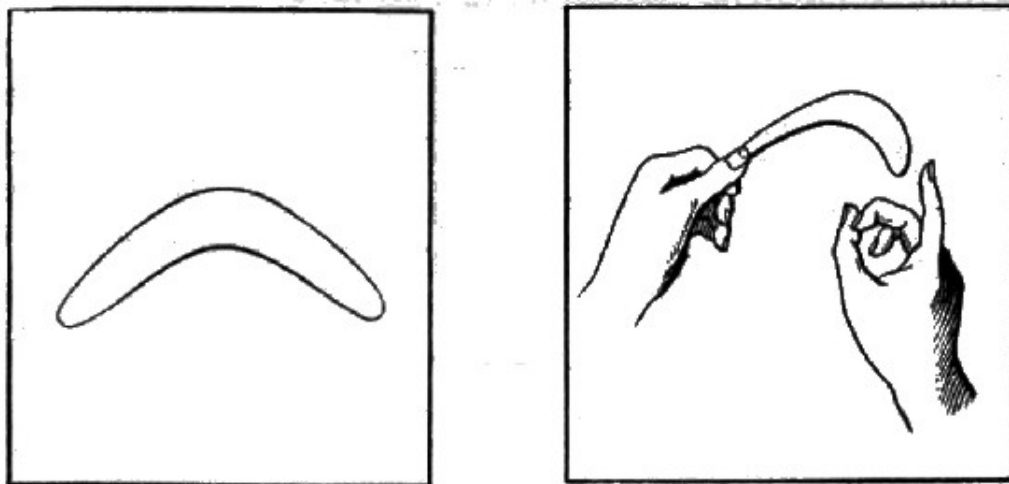
321. El boomerang es un arma muy notable usada por ciertas tribus salvajes australianas; de ella poseen ejemplares muchos museos.

Consiste en un palo angular, algo aplanado, y presenta la curiosa propiedad de volver a caer a los pies del cazador después de haber descrito una trayectoria curva más o menos complicada.

Afirma el doctor K. Weule, que esa arma es llamada en Australia, según las tribus, parkcín, vagno o knili.

El nombre de boomerang corresponde a otro instrumento consistente en una cuerda que lleva suspendida una tabla y produce un sonido particular cuando se le hace dar vueltas como a una honda. Pero, establecida ya la costumbre, seguiremos llamando boomerang al parkcín.

No es cierto que esta arma vuelva a los pies del cazador después de haber herido a la víctima; únicamente vuelve si el tiro falla; pero si da en el blanco, arma y víctima caen a la vez. En fin, tampoco esta arma es exclusiva de los salvajes australianos, sino que según el ya citado doctor Weule (en su obra *Die Kultur der Kulturlosen*, es decir, *La civilización de los incivilizados*, Stuttgart, 1910), estaba difundida un arma análoga en diversas regiones de la India y, a juzgar por ciertos dibujos, debió de estar en uso entre los ejércitos del antiguo Egipto, de Asiria y de Nubia, y hasta en la Europa antigua y en el sudoeste de los Estados Unidos.



Figuras 302 y 303

Saber disparar bien el boomerang requiere largo aprendizaje; conviene comunicarle un rápido movimiento de rotación en el plano de su ángulo, en el momento de arrojarlo. En su retroceso deben de influir a la vez la resistencia del aire y la persistencia del eje de rotación. Pero la teoría completa del movimiento del boomerang no se ha dado todavía.

Con una simple tarjeta de visita puede construirse una linda imitación del boomerang salvaje. Se recorta en la cartulina una media luna turca, con los cuernos redondeados (figura 302); se sostiene por uno de los cuernos, oprimiéndolo ligeramente entre la uña y la piel del pulgar de la mano izquierda, de modo que el plano de la cartulina presente una inclinación de unos 45° y que la convexidad esté hacia arriba, y con el pulgar y el índice o el medio de la mano derecha se da un fuerte papirote al canto del cuerno libre: el minúsculo boomerang escapa rodando en su propio plano, y después de haber ascendido oblicuamente algunos metros, vuelve a caer rodando, también oblicuamente, a los pies del operador (figura 303).

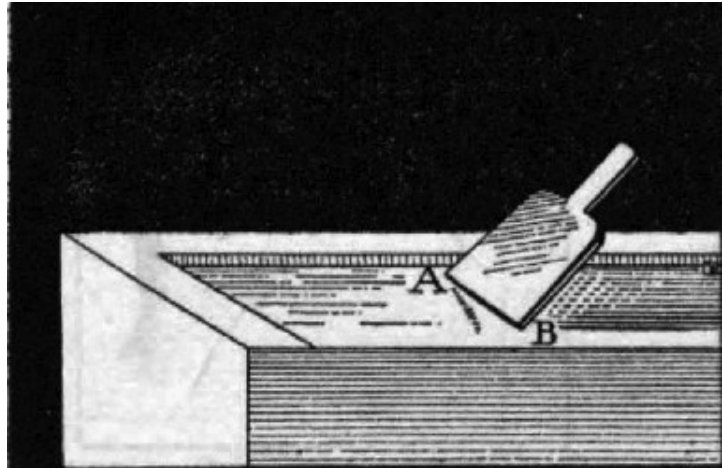


Figura 304

322. La influencia de la resistencia del medio en la vuelta de un proyectil a su punto de partida, puede mostrarse de una manera algo burda, pero muy evidente, empujando oblicuamente y con fuerza hacia dentro del agua de un lavadero la pala que emplean las lavanderas para sacudir la ropa; si se le ha dado el impulso en la dirección de su eje, manteniéndola inclinada, con su borde AB tangente o paralelo a la superficie del agua, la pala, después de haberse hundido más o menos o de haber dado con el fondo, retrocederá recorriendo el mismo camino en sentido inverso y reaparecerá en el punto mismo en que fue hundida (figura 304) (E.).

La copa llena de agua, boca abajo

323. Llenar una copa de agua a reborar, se cubre su boca con una tarjeta o una hoja de papel de cartas.

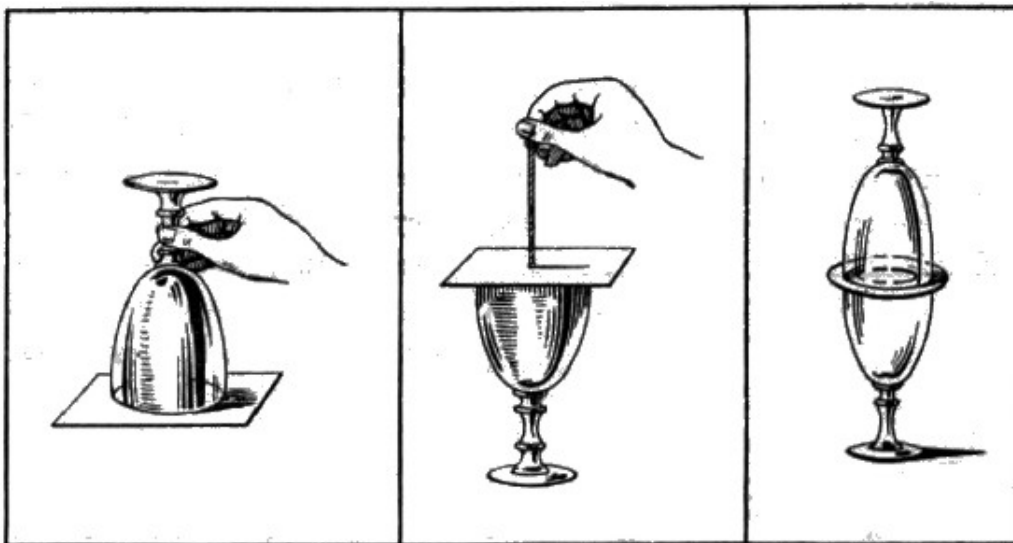
Aplicando la palma de la mano sobre el papel, y volviendo la copa boca abajo, puede soltarse el papel sin que éste se caiga ni deje escapar el agua. La copa se mantiene llena, boca abajo, porque la presión atmosférica, que es capaz de sostener una columna de agua de 10 m de altura, sostiene perfectamente los pocos centímetros de columna de agua a que equivale la contenida en la copa (figura 305).

324. Todavía se puede realizar el mismo experimento en una forma más alarmante, empleando como obturador de la copa una cartulina unida por su punto medio a un hilo resistente que la atraviese y se halle convenientemente anudado a un lado y pegado además a la cartulina con cera, para evitar la entrada del aire.

Llena de agua la copa y aplicado el obturador, tirando con tiento del hilo, queda de él suspendida la copa (figura 306), y aun se puede soltar, estando inclinado el hilo, para que oscile como la lenteja de un péndulo.

Dos vasos adheridos

325. Búsquense dos vasos o copas cuyas bocas sean exactamente iguales de forma y diámetro, es decir, que superpuestas ajusten perfectamente.



Figuras 305, 306 y 307

Para asegurar el ajuste, preparemos una corona de papel secante de diámetros que comprendan al de las bocas de los vasos escogidos. Impregnado de agua este papel, apliquémoslo a la boca de uno de los vasos.

Dentro de este vaso haremos arder un papel o un cabo de vela, y en seguida lo cubriremos con el otro vaso, ejerciendo con él una ligera presión sobre el papel mojado (figura 307).

Pronto podremos observar que los dos vasos quedan adheridos hasta el punto de que elevando el de arriba, se eleve también el de abajo.

El aire, dilatado por el calor, al enfriarse ha disminuido su presión, de modo que los dos vasos contienen ahora aire enrarecido, como si entre ellos se hubiese hecho el vacío con una bomba de aire o máquina neumática; la presión atmosférica exterior se opone a la separación de los dos vasos.

Recuerda este experimento el de los célebres hemisferios de Magdeburgo, los cuales, una vez hecho entre ellos el vacío, no pudieron ser separados por el esfuerzo de dieciséis caballos. Modelos pequeños de hemisferios de Magdeburgo existen en todas las colecciones de aparatos de física. El experimento lo realizó por primera vez en Magdeburgo el inventor de la máquina neumática, Otón de Guericke, en 1654.

El rábano ventosa

326. El conocido efecto de las ventosas de caucho, discos de goma ligeramente cóncavos que se aplican humedecidos y a presión sobre un cristal vertical y quedan pegados a él (por la presión atmosférica) con tal fuerza, que se pueden cargar con pesos más o menos grandes, puede imitarse con un rabanito cortado por la mitad y aplicando la cara de la sección a un plato.

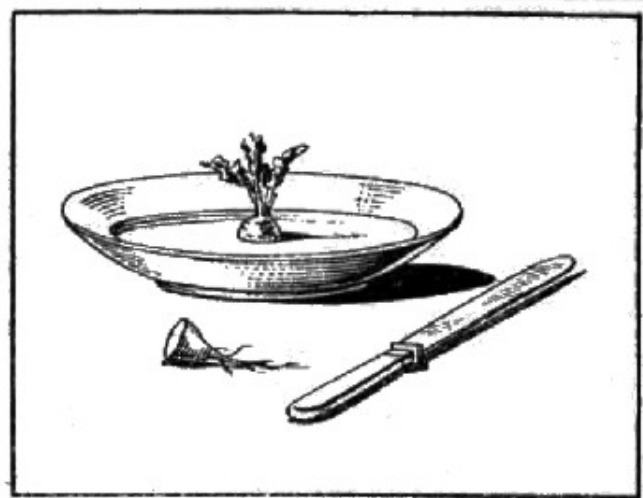


Figura 308

Tomando el rábano por las hojas (figura 308) y elevándolo, se elevará también el plato, que se mantendrá unido al rábano.

El mismo efecto puede lograrse con zanahorias, patatas, etc.

Moneda adherida a la madera

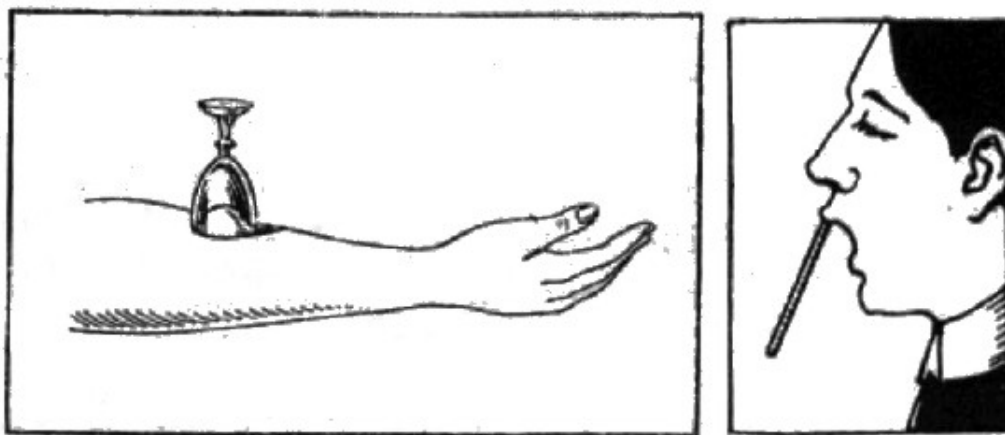
327. Contra una tabla bien lisa, frótese enérgicamente, de plano, una moneda; al dejarla, quedará adherida a la madera y no se soltará aunque la tabla se ponga vertical o ya lo estuviese antes.

Probablemente, la adherencia desarrollada es debida a que la presión de los dedos y el calor producido por el rozamiento han enrarecido la capa de aire comprendida entre la superficie de la moneda y la madera y por lo tanto la presión atmosférica habrá mantenido la moneda unida a la tabla.

No es preciso para el éxito de este experimento que la madera esté barnizada; y aun si se utiliza para el experimento un armario, una cómoda, etc., conviene que no esté barnizado, pues el roce de la moneda rayaría el barniz, en perjuicio del mueble.

Otras ventosas

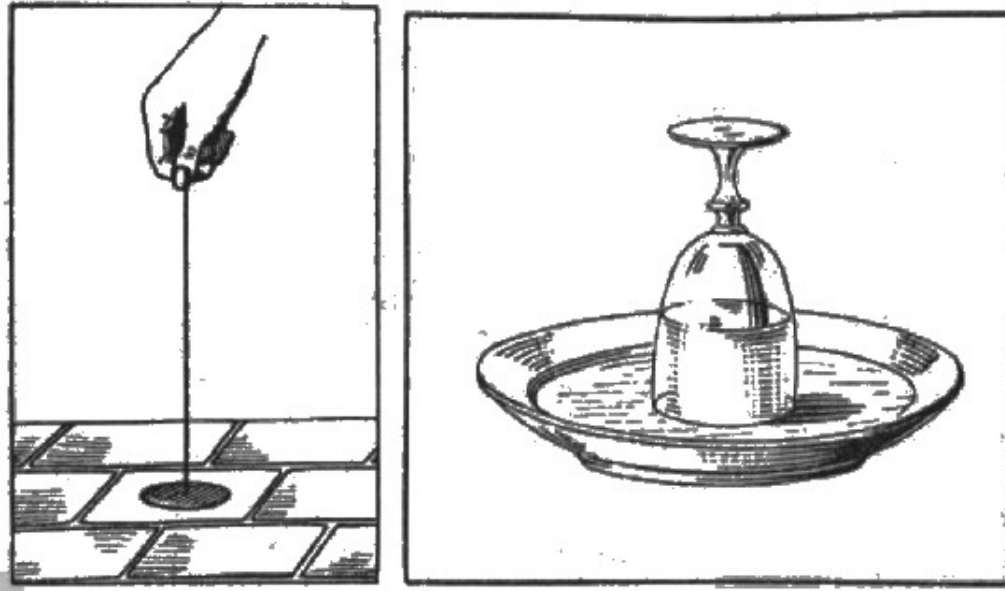
328. La copa en que acaba de arder un pedazo de papel y que por lo tanto está llena de aire caliente, aplicada inmediatamente por su boca sobre el brazo desnudo, se adherirá con fuerza al enfriarse, de la misma manera que se adherían las dos copas en el experimento del número 324 (figura 309).



Figuras 309 y 310

329. Aspirando con la boca el aire de un tubito de vidrio o de hoja de lata cerrado por un extremo, y sin sacarlo de la boca y manteniendo la aspiración, cerrándolo con la lengua o con el labio, quedará adherido a aquélla o a éste por la acción de la presión atmosférica exterior (figura 310).

330. Si se moja un pedazo de cuero a cuyo punto medio esté unida una cuerda, y pisándolo por los distintos lados, se le aplica perfectamente contra la superficie lisa de una piedra, al tirar de la cuerda resulta tan adherido el cuero a la piedra, que la arrastra tras sí. Por la tracción de la cuerda, la porción central del cuero tiende a dejar debajo de ella el vacío, pero la presión atmosférica se opone, impidiendo que el cuero se separe de la piedra.



Figuras 311 y 312

Por este medio se llega, según Tissandier, a levantar incluso adoquines (figura 311). Debe atenderse a que la unión de la cuerda con el cuero no deje paso al aire; si es preciso se obtura con pez el pequeño espacio que la cuerda deje libre.

Ascensión del agua en una copa boca abajo

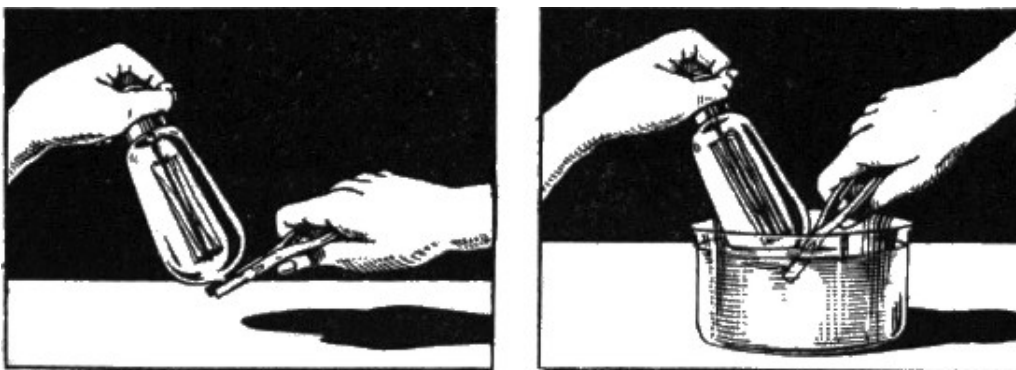
331. Quemando un poco de papel en un plato, cubriendo el papel ardiente con una copa y vertiendo en seguida agua en el plato, observaremos:

1. que el papel se apaga, por faltarle aire para arder;
2. que el agua va penetrando en la copa, por la rendija que queda libre entre su borde y la superficie del plato, y va ascendiendo dentro de ella. Procuraremos que no se agote el agua vertida en el plato, añadiéndola en pequeñas cantidades a medida que sea necesario (figura 312).

Débase la ascensión del agua en la copa a que el aire que primero contenía fue dilatado por el calor de la combustión del papel, y por lo tanto rebosó de la copa, quedando en ella una cantidad que después, al enfriarse, disminuyó de presión, permitiendo que la presión atmosférica impeliera hacia el interior de la copa el agua del plato.

Surtidor en el vacío

332. *Peso del aire.* Las lámparas eléctricas de incandescencia ordinarias, así las de filamento de carbón como las de filamento metálico, consisten en globos de cristal vacíos. Esto, con una lámpara vieja cualquiera se puede comprobar, rompiendo, con unos alicates, la punta (figura 313): por el pequeño orificio que queda abierto penetra el aire en el interior, produciendo el ruido característico. Además, si disponiendo de una balanza de alguna precisión, se pesa la lámpara antes y después de permitir la entrada del aire, se observará un aumento de peso de algunos decigramos, aumento que corresponde al peso del aire que ha penetrado en el globo.



Figuras 313 y 314

333. Si la operación de romperla con los alicates se practica manteniendo la punta de la lámpara dentro del agua, la presión atmosférica empujará el líquido hacia el interior, para llenar el vacío; el agua, penetrando con ímpetu, formará dentro de la lámpara un surtidor (figura 314). (Popular.)

Si nos fijamos en el aspecto de las primeras porciones de agua que penetren en la lámpara, veremos que son asiento de un considerable desprendimiento de burbujas, fenómeno que se explica porque hallándose dentro de la lámpara a presión reducida, el agua hierve a baja temperatura **(E.)**.

La lámpara llena de agua puede tirarse, pero más vale guardarla, ya que quizá sirva para otros experimentos.

Con las modernas lámparas del tipo «Nitra» que contienen nitrógeno a presión reducida, el experimento no tendría tanto éxito.

334. Un frasco a medio llenar de agua ciérrase con un tapón (de corcho o de caucho) atravesado por un tubo de cristal bien ajustado, que por su extremo inferior penetre en el líquido, y por el superior, a ser posible, termine en delgada punta.

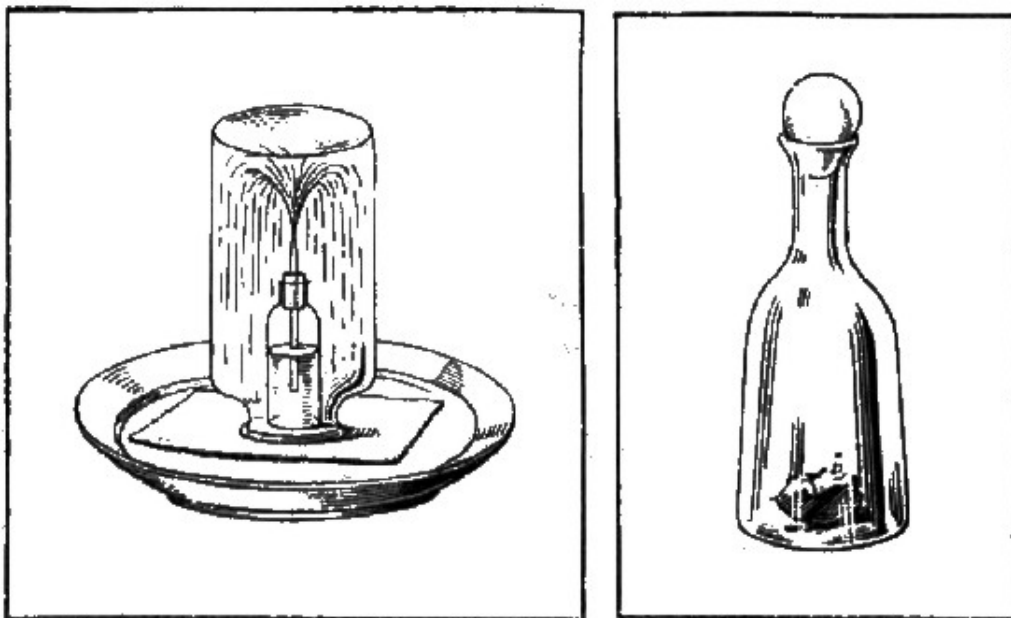


Figura 315 y 316

Pondremos este frasco en un plato, interponiendo una hoja de papel secante empapada en agua.

Dentro de un ancho bocal quemaremos un pedazo de papel para enrarecer por dilatación el aire, y cubriremos con el bocal el frasco, apretando con la mano el borde del primero para que su boca quede completamente cerrada por el papel mojado.

Pronto el aire del bocal se habrá enfriado, y al reducirse su presión, prevaleciendo la presión del aire encerrado en el frasco, actuará esta última proyectando por el tubo un chorro (el agua en forma de surtidor (figura 315)).

Penetración automática de un huevo en una botella

335. Quitada la cáscara de un huevo duro, se echa un papel encendido en una botella cuyo cuello presente un diámetro algo inferior al del huevo, y habiendo dejado arder durante algunos momentos el papel, se cierra la botella con el huevo, a guisa de tapón, de modo que ajuste perfectamente (figura 316).

El aire de la botella, que había sido dilatado, y por lo tanto, en parte expulsado, por la combustión del papel, contráele o disminuye de presión al enfriarse, y el huevo, empujado por la presión atmosférica, penetra lentamente por el cuello, hasta caer dentro de la botella.

El tapón del botijo

336. Si se pretende que por el pitorro del botijo salga el agua a chorro, no basta inclinar la vasija, sino que es preciso que el otro orificio no esté cerrado. Esto lo saben muy bien los bebedores de vino, qua al ir a beber nunca descuidan de aflojar el tapón del cuello del porrón, para obtener por el pitón el hilillo de vino que corre a enhebrarse en la comisura de los labios (figura 317). De otra suerte, el liquido no saldría o saldría muy lentamente de la vasija, pues la presión atmosférica actuaría por el orificio libre del pitón y sostendría el peso del liquido, si no actuara al mismo tiempo por el otro orificio (figura 318).



Figuras 317 y 318

La pipeta

337. Para tomar muestras de líquidos de los toneles y para diversos usos de laboratorio se emplea la pipeta, que es un tubo, más o menos ensanchado en su porción media, abierto por ambos extremos, y siendo la abertura superior de diámetro conveniente para poder ser fácilmente obturada por el pulpejo del pulgar, y la inferior bastante más estrecha (figura 319).

Para hacer uso de la pipeta cuando el tonel, o el recipiente que sea, tenga poco líquido, se introduce en él por su extremo inferior y se aspira por el superior (figura 320), con lo cual el líquido asciende dentro de la pipeta a un nivel superior al que tenía en el tonel. Cerrando con el dedo el extremo superior, inmediatamente después de terminar la aspiración, se consigue sacar bien cargada la pipeta.

338. Si el tonel contuviera una cantidad suficiente de líquido, bastaríamos introducir la pipeta por su extremo inferior, teniendo abierto el superior, y al cabo de un rato tapar el extremo superior con el pulgar, para sacar cargada la pipeta con la muestra del líquido, sin que ésta escapara por la parte inferior por impedírsele la presión atmosférica, como en el caso del porrón cerrado (figura 321).

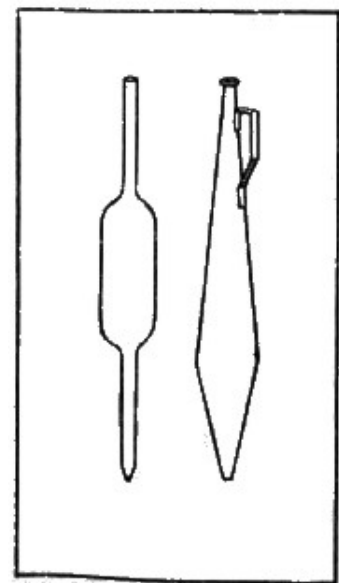


Figura 319

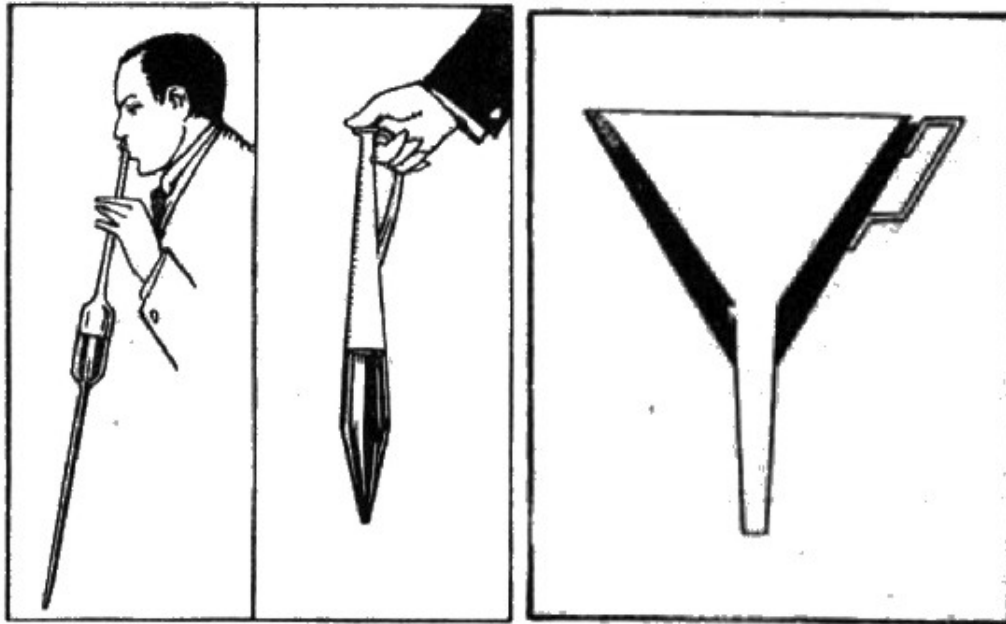


Figura 320, 321 y 322

El embudo mágico

339. Es un embudo de dobles paredes: el espacio comprendido entre ellas tiene dos aberturas: una próxima al asa, para que pueda ser con facilidad abierta o cerrada por el pulgar de la misma mano que sostiene el embudo, y otra, interior, inmediata al cuello (figura 322).

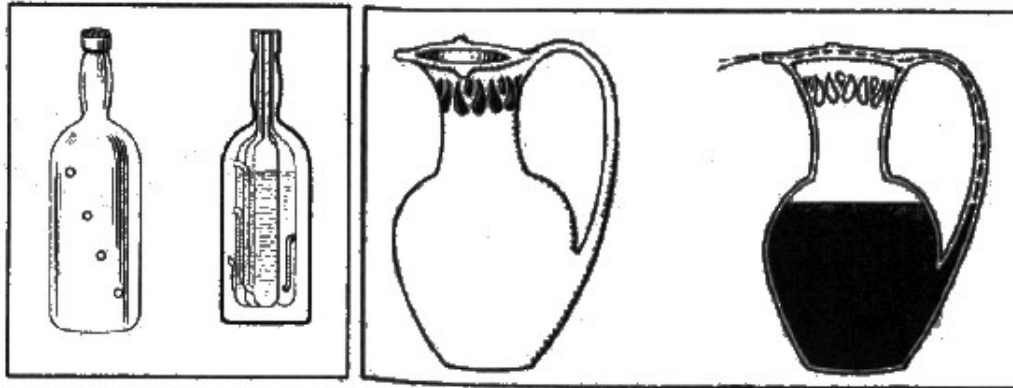
Si estando lleno el embudo, incluso el espacio comprendido entre las paredes, se obtura el orificio superior, inmediato al asa, saldrá del embudo el líquido que lo llenaba visiblemente, pero no el que las paredes internas ocultaban. Pero en cuanto se separe el pulgar de la abertura inmediata al asa, el embudo agotado volverá a manar.

La botella encantada

340. Este aparato, como el anterior, lo usan muchas veces los prestidigitadores para pasmar a sus públicos.

Viene a ser un conjunto de cinco pipetas, de forma especial, abrazado por una envoltura, en forma de botella, de cartón pintado.

Los orificios de salida de las pipetas terminan todos en el interior del cuello de la botella; los orificios que se deben obturar terminan en la superficie externa de la botella y están distribuidos convenientemente para ser obturados por los cinco dedos de la misma mano que sujeta el aparato (figura 323).



Figuras 323, 324 y 325

Llenas las cinco pipetas de líquidos diferentes, e inclinada la botella, saldrá por el cuello solamente el líquido de la pipeta cuyo orificio superior descubramos separando el correspondiente dedo.

Las jarras burladoras

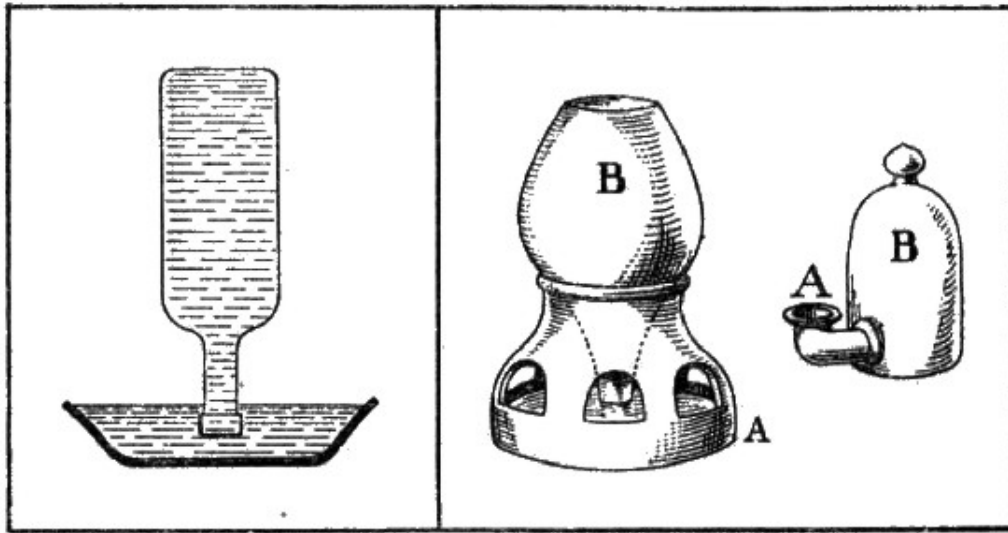
341. Más vulgares que los aparatos anteriores fueron en otros tiempos unas jarras con el contorno adornado con caprichosos calados (figura 324). Llenas de vino ,o de agua hasta el nivel de la primera línea de orificios, era imposible beber su contenido, ni aplicando directamente los labios al borde de la jarra ni tratando de pasar el líquido a otro vaso, pues por las aberturas de los calados el líquido se vertía sobre el osado bebedor o sobre los manteles.

El secreto de estas vasijas estaba en tener huecos el asa y el reborde circular que rodeaba la boca; con la cámara de ese reborde comunicaba uno de los pitones que alrededor de la boca llevaba la vasija. Para beber el líquido en ella contenido era necesario hacer una succión con los labios aplicados a ese pitón, mientras con un dedo se cerraba un orificio que existía hacia el extremo superior del asa (figura 325).

El procedimiento poco limpio con que se solucionaba la cuestión de beber con las jarras de pega explica quizá en parte el olvido en que han caído.

La botella se mantiene llena

342. Llenando de agua una botella, cerrándola con el pulgar, invirtiéndola e introduciendo su cuello en el agua de un vaso, se puede separar el dedo sin que el agua pase de la botella al vaso, pues no puede entrar por el cuello, hundido en el agua, aire para llenar el vacío que el agua dejaría: la botella se mantiene llena en virtud de la presión atmosférica (figura 326).



Figuras 326 y 327

343. Una variante de este experimento: obtúrese con una tarjeta o una hoja de papel la botella llena, colóquese, boca abajo, sobre la mesa de mármol, quítese el papel, y a ver quién puede volver a poner derecha la botella sin perder agua (**E.**).

344. El hecho de mantenerse llena una botella invertida cuando la boca está hundida en el agua ha tenido aplicación en unos abrevaderos automáticos muy empleados en otro tiempo en gallineros, jaulas, etc.

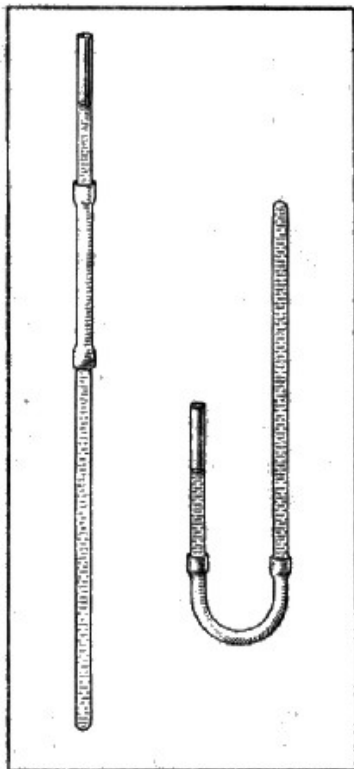
La figura 327 representa un par de modelos: a medida que se va consumiendo el agua de A, penetra aire por los bordes de la boca del recipiente B, desalojando en él una porción de agua que pasa a reemplazar la consumida en A.

Estos aparatos han caído en desuso por antihigiénicos, ya que el agua almacenada largo tiempo en ellos se corrompía. Pero el mismo principio se ha aplicado a aparatos de física y de química para obtener la constancia de nivel de un líquido.

Fundamento del barómetro

345. El experimento de mantener llena una botella, con la boca hundida en el agua, se puede variar en la siguiente forma, si se dispone de un tubo de vidrio de 5 a 7 milímetros de diámetro y un metro de longitud, cerrado por un extremo.

Unido ese tubo, mediante otro de caucho, con un corto tubo del mismo diámetro, abierto por ambos extremos (figura 328), llenaremos de agua hasta la mitad del tubo corto y entonces daremos vuelta al tubo largo, de manera que se ponga vertical, paralelamente al tubo corto (figura 329). El tubo largo se mantendrá lleno de agua, pues ocurrirá el mismo fenómeno que en los experimentos y aparatos de los números 342 y 344. Nada nuevo.



Figuras 328 y 329

346. La novedad aparece cuando se procede a realizar el mismo experimento, con los mismos tubos, substituyendo el agua por otro líquido: el azogue o mercurio. Al dar vuelta al tubo largo para situarlo verticalmente al lado del tubo corto y con el extremo cerrado hacia arriba, observaremos que a pesar de no poder penetrar aire en él, no se mantiene lleno más que hasta una altura de unos 76 centímetros sobre el nivel del mercurio en el tubo corto: desde dicha altura hasta el extremo superior del tubo queda el vacío.

La presión atmosférica, que era sobradamente capaz de sostener la columna de agua de un metro de altura, resulta insuficiente para sostener la columna de un metro de mercurio y se concreta a sostener la de 76 centímetros del pesado líquido (el mercurio es 13,6 veces más pesado

que el agua).

El aparato de los dos tubos unidos por uno de caucho preparado en la forma que acabamos de describir, recuerda algo toscamente un barómetro o aparato medidor de la presión atmosférica.

Lámpara baroscópica

347. Aquella lámpara eléctrica vieja, que sirvió para el experimento del surtidor en el vacío, hoy la utilizaremos llena de agua como quedó (333).

Volvamos a observar que aun colocada con el orificio hacia abajo, el agua no sale; la lámpara actúa a manera de pipeta, y el agua es sostenida por la presión atmosférica.

Mas la presión atmosférica es variable; si la actual equilibra exactamente el peso del agua más la tensión del aire que quedó en el interior de la lámpara, cuando disminuya dejará caer, gota a gota, una porción del agua y cuando aumente hará penetrar, burbuja a burbuja, una porción de aire.

He aquí la lámpara convertida en un barómetro casero, cuyas indicaciones con respecto a la previsión del tiempo, son por lo menos tan fidedignas como las de muchos de los barómetros aneroides que tan categóricamente hablan de «Buen tiempo», «Buen tiempo fijo», «Variable», «Lluvia» y «Tempestad». Aun más: el barómetro lámpara anuncia «al vivo» la lluvia dejando caer agua, es decir, lloviendo.

El sifón

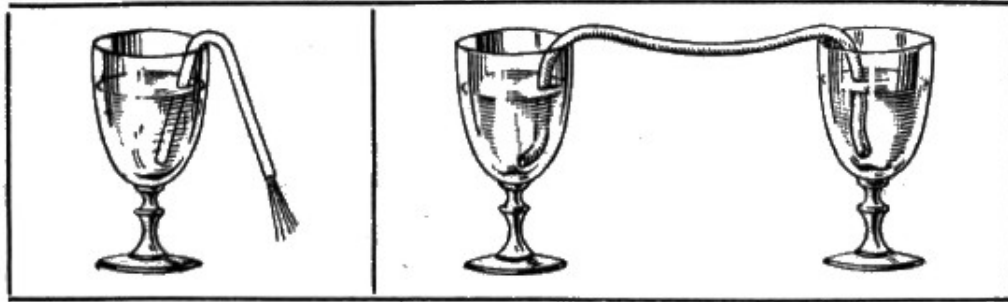
348. Vaciar el agua de una copa sin volcarla no parece cosa fácil. Sin embargo, el problema tiene múltiples soluciones.

Ahí va una. Introducir en el agua el extremo de una paja, sorber por el otro extremo, como si se tratara de un helado...

¿Que esta solución tiene poca gracia? Ahí va otra.

En vez del tubo rectilíneo (¡nombre demasiado sabio para una simple paja!) usemos uno encorvado, que ya no será de paja o caña, sino que tendrá que ser de cristal, de plomo o de goma. Si se quiere un objeto más vulgar, tómese la porción curva de un macarrón.

Llenemos de agua el tubo encorvado; introduzcamos uno de sus extremos en el agua de la copa, abramos el otro extremo, y el tubo mismo, automáticamente, sorberá el agua de la copa y la verterá fuera del vaso. El tubo funcionará como sifón (figura 330).



Figuras 330 y 331

349. Con el tubo de goma se puede observar mejor la manera de funcionar el sifón (figura 331):

Teniendo el tubo lleno de agua introduzcamos el extremo exterior en otra copa. Entonces observaremos que el paso del agua por el tubo cesa cuando los niveles del agua están en ambas copas a la misma altura, de manera que las dos copas enlazadas mediante el tubo lleno se comportan como si fueran dos vasos comunicantes, y en efecto, subiendo un poco la copa de la derecha el agua pasará por el tubo a la de la izquierda, y subiendo ésta, el agua pasará a la de la derecha.

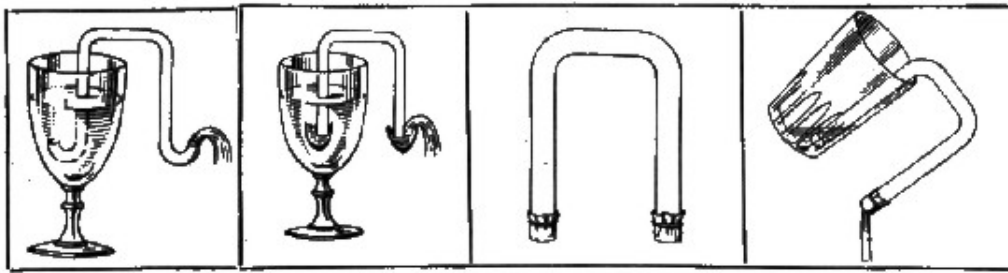
350. Condición imprescindible para que un tubo funcione como sifón, es que esté lleno del líquido que se trata de verter o transvasar. Y la operación de cebar el sifón (llenar el tubo) es casi siempre engorrosa y en algunos casos peligrosa (por ejemplo, tratándose de un líquido corrosivo o venenoso). De ordinario, lo más sencillo es colocar el tubo sin llenar, y aspirar después con la boca por el extremo libre, hasta dejarlo lleno, pero ¡vaya un procedimiento si se trata de agua sucia o de un líquido venenoso!

También se puede llenar aparte el tubo, con la curvatura hacia abajo, e invertirlo y colocarlo manteniendo cerradas sus bocas, con los dedos si el líquido no es corrosivo, con tapones en caso contrario. Si el tubo es rígido (vidrio, plomo, etc.) y

bastante estrecho es suficiente cerrar un extremo, pues por el otro queda sostenido el líquido por la presión atmosférica. Si el tubo es flexible, hay que cerrarlo por ambos extremos; bien es verdad que entonces es más fácil el cerrarlo, pues basta apretarlo entre los dedos.

351. Cuando por el sifón acaban de verse las últimas porciones del líquido contenido en la copa, el tubo queda vacío y debe volverse a cebar, si se quiere utilizar de nuevo.

Constrúyense con gran facilidad sifones que no se desceban, haciéndolos de ramas iguales y doblando hacia arriba sus extremos (figura 332).



Figuras 332, 333, 334 y 335

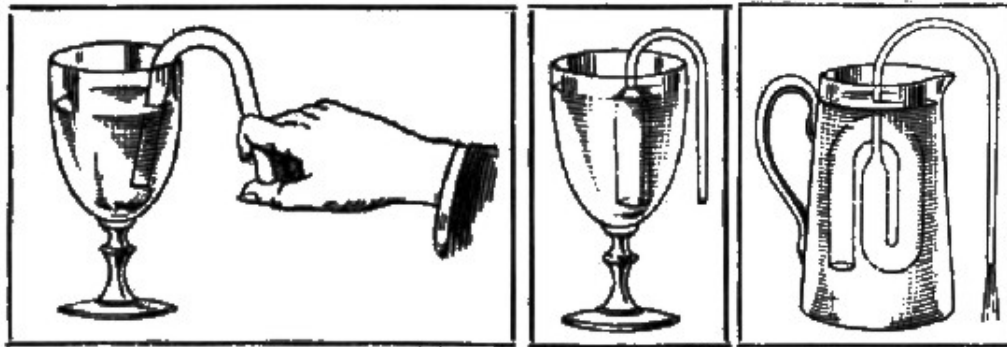
Separando de una copa de agua un sifón así construido, y del cual por lo tanto manaba agua, y aplicándolo a una copa de vino, manará vino, y trasladado a una taza de café, manará café, etc., sin que durante el traslado sea necesaria otra precaución que mantener vertical el sifón.

352. Doblar los extremos del tubo, ya sea de plomo (que se dobla en frío) o de cristal (que se dobla al fuego), es un poco difícil, pero se logra el mismo objeto rodeando la boca con un dedal pegado con lacre por un lado y libre por el otro para dar paso al líquido: el dedal puede ser de vidrio o de metal, o simplemente una cáscara de bellota (figura 333).

353. Hay un procedimiento más sencillo de impedir que el sifón quede vacío: consiste en cerrar sus dos bocas empleando un pedazo de lienzo afianzado al tubo con un cordel o un aro de goma (figura 334). A través de las mallas del lienzo entra

y sale el líquido; pero sólo mediante fuertes sacudidas, teniendo el tubo separado de la copa, se conseguiría que a través de las mallas penetrase el aire necesario para desalojar el líquido. El tubo con las bocas obturadas por el pedazo de lienzo, se comporta como el de los extremos doblados, antes descrito, pero es todavía de manejo menos delicado. Además, con un sifón así constituido, se puede apurar hasta la última gota del líquido que se transvasa, pues para producir su efecto no es necesario que toda la boca esté hundida en el líquido (figura 335).

354. Es también posible que un sifón se ceba por sí solo. Tómese un vaso completamente lleno de agua e introdúzcase en él una rama del sifón vacío, manteniendo cerrada la boca exterior (figura 336). Al abrir ésta, ascenderá por la rama interna el líquido, y en virtud de la inercia, rebasará la posición de nivel, alcanzará la curvatura y bajará por la rama externa, quedando el sifón cebado y funcionando.



Figuras 336 y 337

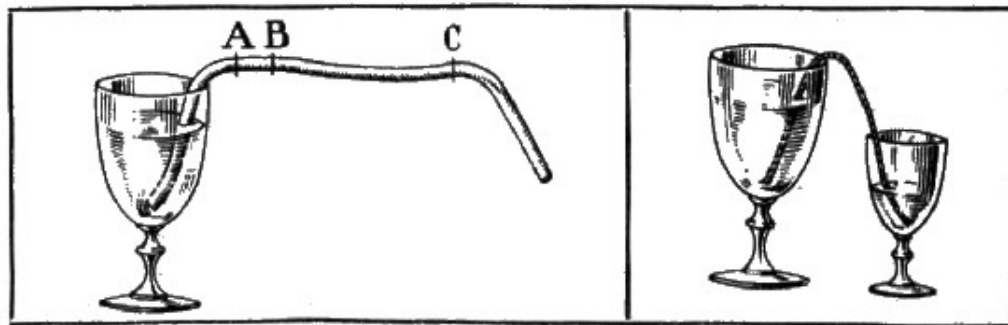
Pero si la porción encorvada del sifón estuviera bastante más elevada que el nivel del líquido en el vaso, el impulso adquirido por el líquido no bastaría para alcanzar la curvatura y el sifón no se cebaría de la manera descrita.

355. Automáticamente se ceba también el sifón aunque sea mayor la altura de su posición encorvada, si la rama hundida en el agua se ensancha hacia la boca; aumenta así la inercia del agua cuando ésta puede penetrar en el tubo por haberse abierto su boca exterior, y queda cebado el sifón aunque la curvatura esté algunos centímetros por encima del nivel del líquido.

356. Cuanto más larga sea la porción de la rama que en el sifón de la figura 337 está hundida en el líquido, mayor será el ímpetu con que rebasará del nivel y por lo tanto mayor será también la altura que podrá alcanzar; pero la longitud en cuestión claro está que no puede ser mayor que la profundidad del vaso.

Sin embargo, queda el recurso de doblar la rama hundida, para hacerla más larga. Este es el fundamento de los sifones-trompas, que se ceban automáticamente, aun manteniendo la parte curvada a considerable altura sobre el nivel del líquido en el vaso (figura 338).

357. Cuando se emplee como sifón un tubo de caucho, la aspiración conveniente para cebarlo se puede ejercer con los dedos de la manera que vamos a describir (figura 339) (*E.*).



Figuras 339 y 340

Teniendo un extremo del tubo hundido en el líquido, aplástese en un punto A cercano al vaso, comprimiéndolo entre el índice y el pulgar de la mano izquierda, y aplástese igualmente en un punto inmediato B comprimiéndolo entre el índice y el pulgar de la mano derecha. Hágase escurrir el tubo entre estos dos dedos, corriéndolos hasta otro punto C: la porción de tubo comprendida entre A y C quedará aplastada, por estar vacía de aire, y sólo al aflojar los dedos aplicados a A, manteniendo comprimido el punto C, cesará el aplastamiento, por haber pasado una porción del agua del vaso a llenar el vacío del tubo. Vuélvase a apretar A, suéltese C, repítase la compresión en B, córranse otra vez los dedos de la mano derecha hasta C, y manteniendo sujeto este punto, aflójese A: nueva porción de agua

pasará al tubo. Apriétese de nuevo A, aflójese C, etc. A la tercera o cuarta vez que se repitan esas operaciones, el sifón quedará cebado.

El cordel sifón

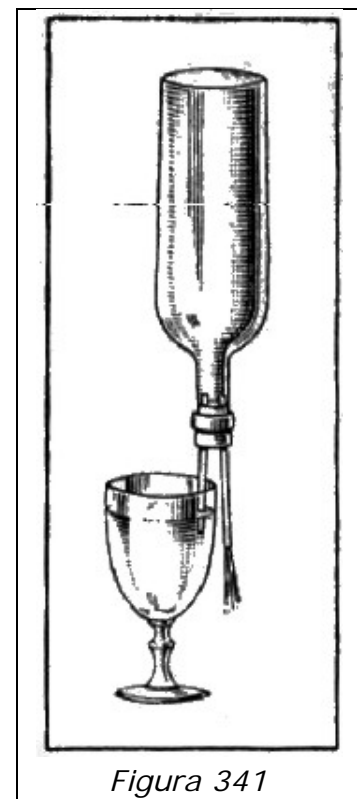
358. Dejando un cordel colgando a ambos lados del borde de un vaso lleno de agua, lentamente se irá impregnando de líquido, y una vez enteramente mojado, actuando como sifón, dejará caer el agua gota a gota al exterior, hasta agotarla, y podrá recogerse en otra copa, donde al fin habrá pasado toda el agua que contenía la primera. Mejor que el cordel es emplear una tira de paño o una mecha o pábilo de algodón (figura 340).

Para acelerar el experimento, puede mojarse previamente el cordel, o tira, o mecha, y así no hay que esperar a que por capilaridad se moje, y desde luego empieza a funcionar como sifón.

359. El mismo experimento puede hacerse con mercurio, substituyendo la tira de paño por una tira de plomo.

Con una botella llena vaciar una copa

360. La botella se cierra con un tapón bien ajustado atravesado por dos tubos de vidrio o de metal, o por dos pajas o cañas, etc. Poniéndola boca abajo e introduciendo el extremo de uno de los tubos en el líquido de la copa, ésta se vaciará, pasando su líquido a la botella, para reemplazar al líquido que cae por el tubo exterior. Botella y tubos funcionan como un verdadero sifón (figura 341).



La testarudez de un tapón de corcho

361. En la boca de una botella vacía, dispuesta horizontalmente, póngase un corcho de diámetro aproximadamente igual a la mitad del cuello de la botella; invítense entonces a los circunstantes a soplar sobre el corcho para introducirlo en la botella;

no lo conseguirán, pues el corcho, si se mueve, será en sentido contrario del soplo, dando en la cara del experimentador en vez de caer en la botella (figura 342).

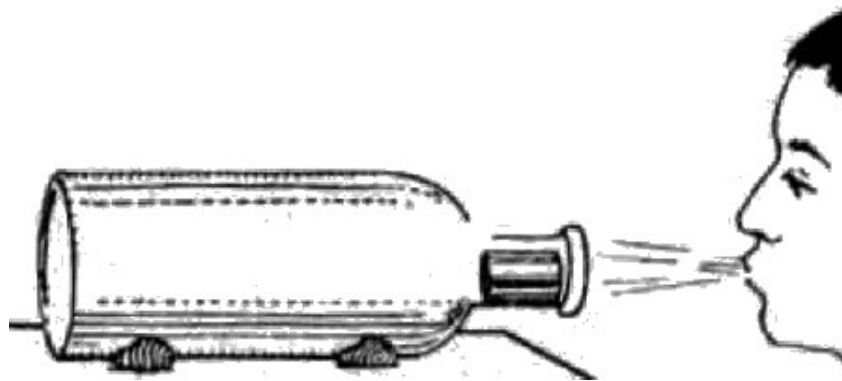


Figura 342

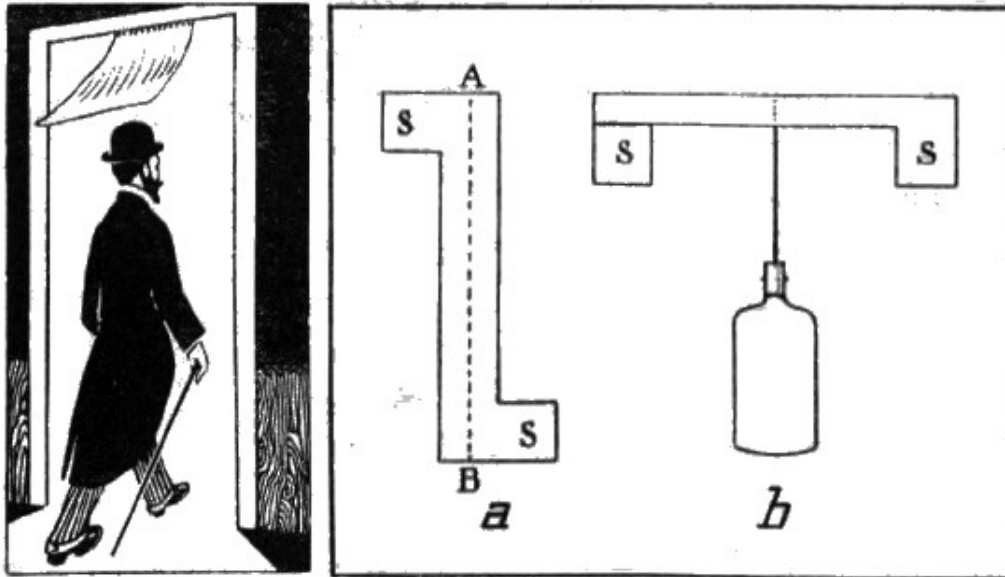
La explicación es sencilla: el soplo ya impulsa el corcho hacia adentro, pero también comprime el aire que la botella contiene, y prevaleciendo este segundo efecto, al cesar el primero, el corcho es expulsado.

Corrientes de aire

362. Suspendiendo con dos clavos o alfileres una hoja de papel del dintel de la puerta de comunicación entre dos habitaciones, dejando la puerta enteramente abierta, al pasar una persona por ella, por debajo del papel, la corriente de aire producida por el movimiento de la persona agitará seguramente el papel, desviándolo de la vertical. ¿En qué sentido?

Parece, a primera vista, que en el mismo sentido en que marcha el individuo, pero sucede precisamente lo contrario: la hoja se inclina hacia la habitación de donde el individuo sale (figura 343).

En realidad, el individuo empuja ante sí el aire, pero esta corriente en el mismo sentido que la marcha del individuo ha de ser compensada por una corriente superior, de sentido contrario, que es la que mueve el papel (**E.**).



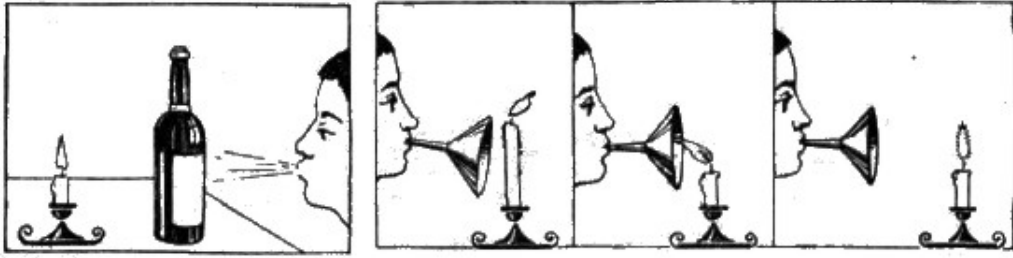
Figuras 343 y 344

363. Sobre una aguja de hacer calceta, clavada verticalmente en un soporte, se apoya una hoja de papel recortada en la forma indicada por la figura 344, a, y doblada según la línea A B. El papel puede girar entonces alrededor del punto de apoyo (figura 344, b).

Abanicando (con un cuaderno de papel o con un abanico) una de las superficies S, en vez de ser empujada por el viento, parece que sea atraída por el objeto que se agita, como si en el centro de las corrientes divergentes de aire que salen del abanico se produjera una aspiración (Tissandier).

364. Una botella interpuesta entre la llama de una bujía y la boca no impide que se pueda apagar la llama con un soplo; colocada la botella a unos quince centímetros de la bujía, y soplando sobre la botella, a unos quince centímetros de la misma, la bujía se apaga como si el soplo no hubiera sido interceptado por la botella (figura 345).

Soplando con la boca llena de humo de tabaco se puede ver la inflexión de la corriente de aire producida.



Figuras 345, 346, 347 y 348

365. Trátese de apagar una bujía soplando por el cuello de un embudo. Si se sopla desde alguna distancia, la llama se mantiene vertical, sin sentir el soplo (figura 348); si se sopla a poca distancia se observará que la llama siente el soplo, inclinándose, pero como si el soplo se dirigiera hacia dentro del embudo, en vez de salir de él (figura 347).

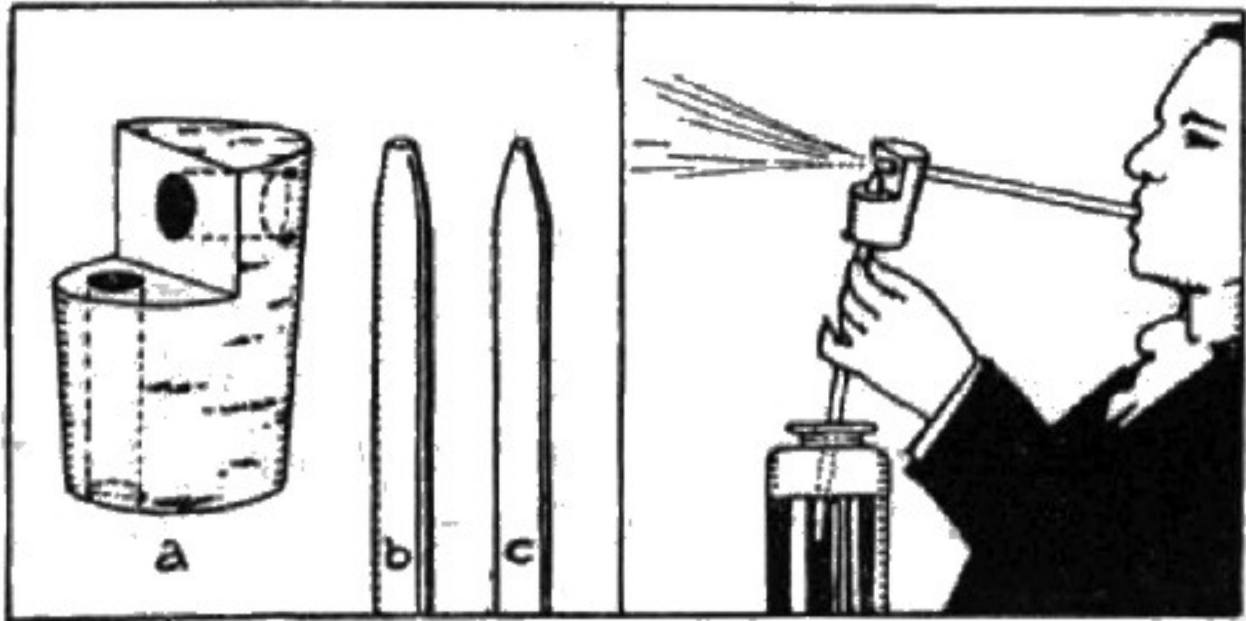
En realidad, la corriente de aire se desparrama al salir del embudo siguiendo las paredes de su boca ancha. En efecto: si al soplar inclinamos el embudo de manera que su eje no pase por la llama, sino que ésta reciba una de estas corrientes que se dirigen por las paredes, la llama se inclinará hacia afuera, y si el soplo es enérgico se apagará (figura 346).

366. Esas desviaciones de las corrientes gaseosas explican la gran resistencia que presentan al paso del aire los conductos que ora se ensanchan, ora se estrechan bruscamente, como un tubo que forme un rosario de ampollas o el espacio comprendido entre una superficie plana y otra estriada.

Esta resistencia se ha aplicado a la supresión del engrase del émbolo en algunas bombas de aire, por ejemplo, en la máquina neumática de Deleuil, donde el émbolo metálico no está en contacto con el cilindro, pues deja un espacio libre, pero estando el émbolo provisto de ranuras anulares, ese espacio libre presenta las condiciones necesarias para que no pueda atravesarlo el aire.

El pulverizador

367. Un tapón de corcho se corta en la forma representada en la figura 349, a, y se abren en él los dos agujeros también indicados en la misma figura.



Figuras 349 y 350

A uno de los agujeros se adapta un tubo de vidrio o de metal, de extremo apenas adelgazado (figura 349, b), y al otro agujero se adapta un tubo de vidrio o de metal de extremo muy adelgazado (figura 349, c), procurándose que la punta de este segundo tubo caiga en medio de la boca del primero (figura 350).

Hundiendo el extremo del tubo de punta delgada en el líquido contenido en una vasija abierta, y soplando con fuerza por el otro tubo, la acción aspirante producida por el chorro de aire debido a nuestro soplo hace subir el líquido por el primer tubo, y al llegar el líquido a la punta es desparramado—pulverizado—por el mismo chorro de aire que ha producido la aspiración.

La cáscara de huevo baila

368. Un surtidor vertical de un metro de altura o más, se presta a la realización de un hermoso experimento.

Prepárese una cáscara de huevo vacía, en la forma descrita en el número 229, y una vez cerrados los orificios con cera, se aproxima al surtidor y se abandona suavemente a su contacto. El chorro de agua la lanza verticalmente, pero cuando se espera verla arrojada a lo lejos, se la encuentra misteriosamente unida al chorro líquido (figura 351) dando vueltas sin parar, despidiendo una corona de gotas de agua.

Ese notable experimento se realiza en muchas fiestas callejeras, y es costumbre tradicional en Barcelona la de ir a ver *l'ou com balla*, en uno de los surtidores del claustro de la catedral, la víspera del Corpus.

Para que en el caso de caerse el huevo no haya necesidad de recogerlo y volverlo a soltar junto al chorro líquido, dispónese una cesta alrededor del pitón del surtidor, la cual, recibiendo al huevo, guía su caída hacia el punto de salida del líquido, donde vuelve a ser arrastrado y elevado.

El huevo vacío puede ser substituido por una bola de corcho, por una pelota de celuloide, por una agalla, etc. Con caudalosos chorros, producidos por rotura de una gran tubería de agua, se han visto danzar pelotas de goma y hasta balones de fútbol.

La principal causa del fenómeno es el efecto aspirante de los chorros líquidos (efecto que se aplica también en las trompas de agua, destinadas a producir el vacío).



Figura 351

Bola sostenida por un chorro de aire

369. La acción aspirante de los chorros no es exclusiva de los líquidos (número 368): también las corrientes gaseosas pueden producir efectos debidos a la misma causa (por ejemplo en el pulverizador, 367).

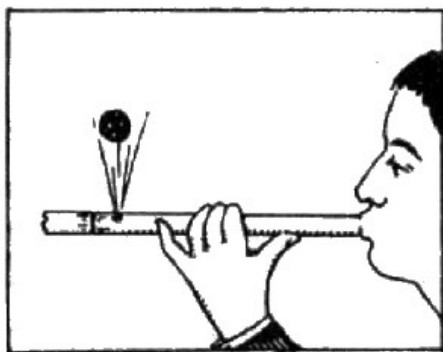
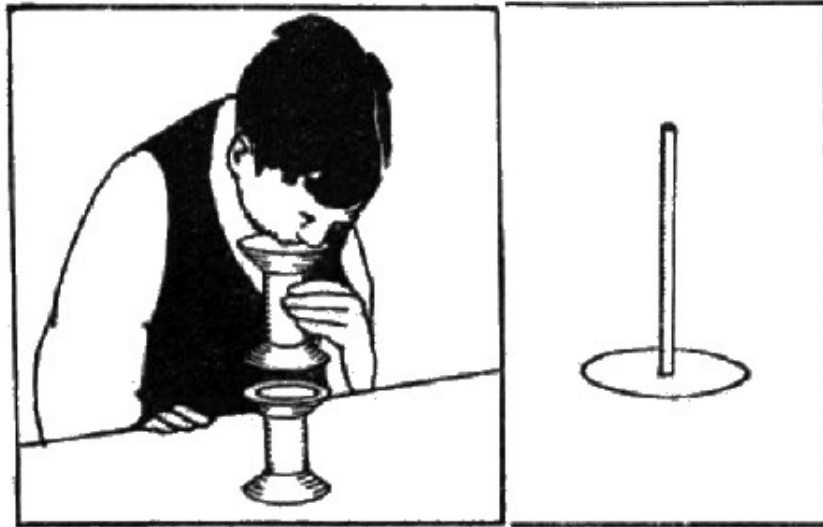


Figura 352

Junto al nudo de un tubo de caña cerrado por un extremo, se abre un orificio lateral de poco más de un milímetro de diámetro. Soplando por el extremo abierto y manteniendo el tubo en forma que por el orificio practicado escape un chorro vertical de aire, soltando junto a ese chorro una bola ligera (corcho, medula de saúco, agalla de roble, pelotita de celuloide, etc.), se mantendrá ésta rodando junto al chorro, sostenida en el aire, de la misma manera que en el surtidor de agua se sostenía el huevo vacío o la bola de corcho (figura 352).

Experimento de Clément y Desormes

370. Soplando a través de un carrete de madera sobre un disco de papel situado encima de la mesa o de otro carrete, si la distancia del primer carrete al disco es de pocos milímetros, en vez de ser lanzado por la corriente de aire, el disco parece atraído por ella (figura 353).



Figuras 353 y 354

El experimento puede hacerse más en grande substituyendo el carrete por un tubo de vidrio, caña o cartón, con uno de los extremos rodeado por un ancho disco de cartón (figura 354).

371. Empleando un tubo así preparado para realizar el experimento de la bola ligera retenida por una corriente de aire (número 369), si la bola en su movimiento llega a aproximarse demasiado al orificio que ocupa el centro del disco, es aspirada por él, en vez de ser rechazada.

Torbellinos anulares

372. Arrojando al aire una bocanada rápida de humo, netamente terminada, se forma un aro gaseoso que se mueve con doble movimiento de avance y rotación (figura 355).

Muchos fumadores tienen habilidad especial para producir estos torbellinos. También se producen cuando un gas espontáneamente inflamable se desprende en burbujas a través del agua: todos los estudiantes de química conocen los clásicos anillos que forman al arder las burbujas de fosfamina. También pueden verse salir anillos de humo del tubo de escape de los motores de gas. En las estaciones de ferrocarril es frecuente verlos producidos por las locomotoras.

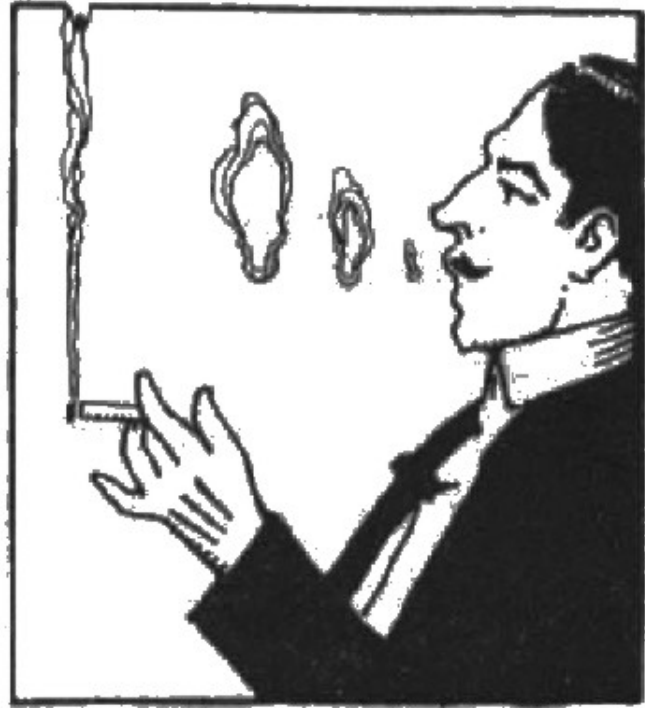
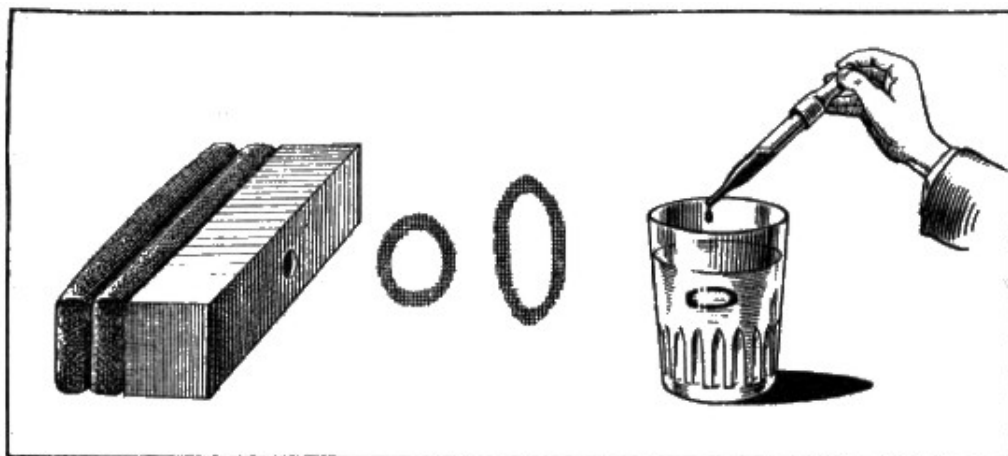


Figura 355

Pueden obtenerse fácilmente anillos semejantes, mediante una caja de hoja de lata o cartón, con una de las paredes provista de un orificio circular o elíptico, de 10 a 12 centímetros de diámetro medio, y con otra pared flexible, formada, por ejemplo, por un trozo de badana o gamuza. Llena la caja de humo de tabaco, al dar un súbito golpe a la badana escapa por el orificio la bocanada de humo y avanza en forma de azulado anillo, fácilmente visible si se ilumina oblicuamente sobre fondo negro (figura 356).



Figuras 356 y 357

El estudio de los movimientos de tales anillos requiere el auxilio de las altas matemáticas, constituyendo un problema de mucho interés teórico.

373. También se pueden obtener torbellinos anulares líquidos. Por ejemplo, una gota de tinta soltada en el agua, desde conveniente altura, se comporta como la bocanada de humo en el aire, y desciende también en forma de anillo arremolinado (figura 357).

EL SONIDO

La copa vibrante

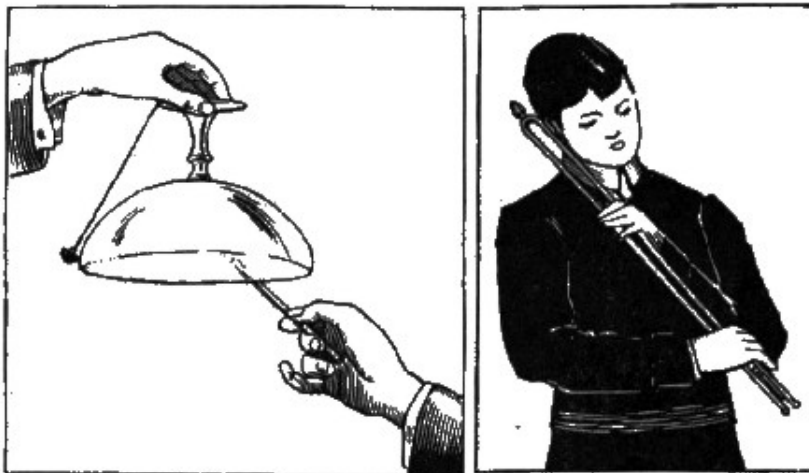
374. *Todo cuerpo que suena, vibra: esto es casi un aforismo.*

Para observar palpablemente las vibraciones de la copa que suena basta suspender de su pie, mediante un hilo, un botón de calzado, de manera que puesta la copa boca abajo, el botón se ponga en contacto con sus paredes (figura 358).

Golpeando la copa con el lápiz o con la pluma, se percibirá el sonido producido y al mismo tiempo se verá saltar el botón como si lo repeliera la copa. Lo que le repele, en realidad, son los rapidísimos vaivenes o vibraciones que la copa realiza.

Transmisión del sonido por los metales

375. Sujeto un reloj de bolsillo con las tenazas de la chimenea y aplicando el oído al otro extremo de las mismas, se percibe el tictac como si estuviera el reloj directamente aplicado al oído (figura 359).



Figuras 358 y 359

Separando el reloj de las tenazas, aunque se mantenga a la misma distancia del oído, deja de percibirse su sonido.

El reloj y la varita mágica

376. He aquí un reloj de feria, de diez céntimos. Sus saetas están pintadas sobre una esfera toscamente litografiada; no hay ni una rueda en el hueco de la caja de hoja de lata.

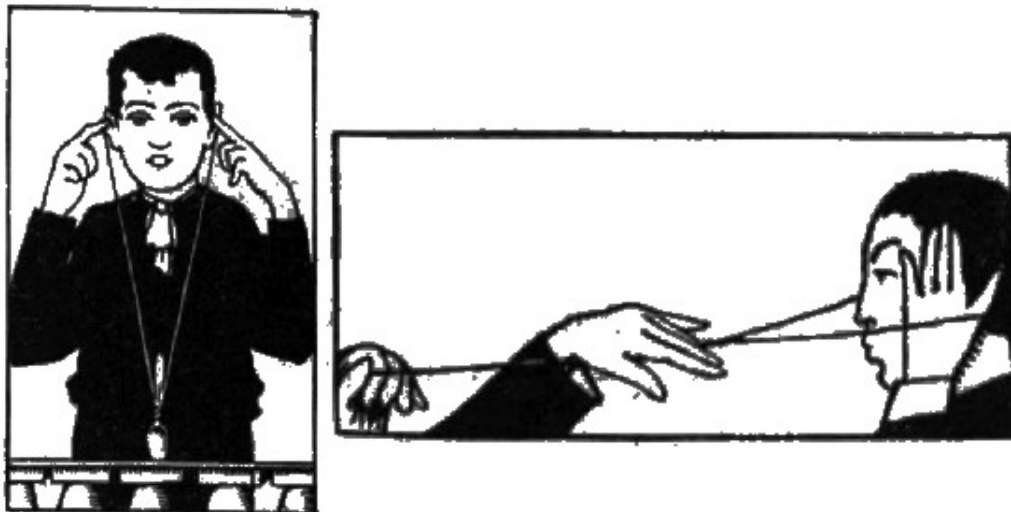
«Pues bien: este bastón, varita mágica, será para esa parodia de reloj un excelente relojero: bastará su contacto para hacerle andar. Oye.»

Y el amigo a cuyo oído aplicamos el reloj de feria, en contacto con un extremo del bastón, percibirá distintamente el tictac de una maquinaria en marcha...

El secreto está en tener en contacto con el otro extremo del bastón un reloj de veras, sostenido y ocultado en la palma de la mano. El bastón transmite el sonido, y el que escucha, al recibirlo, lo cree procedente del falso reloj.

La campana de la catedral

377. De la parte media de un bramante se suspende una cuchara de metal. Los extremos del bramante se aplican al conducto auditivo (uno a cada oído) y, balanceándola, se procura que la cuchara dé con el borde de una barandilla o de una mesa. A cada golpe percibirá el experimentador un sonido retumbante, prolongado, como el de una campana colosal (figura 360).



Figuras 360 y 361

La causa está en la facilidad con que las vibraciones de la cuchara se transmiten por los cordeles a los oídos.

Ruido de tempestad

378. El individuo sometido al experimento aplicará las manos, ahuecadas, a sus oídos. Se le rodeará la cabeza con un cordel que pase por encima de las manos y esté anudado a pocos centímetros de la cara. Manteniendo tirante el cordel, y frotándolo, a partir del nudo, ya sea con las uñas, ya con las yemas de los dedos (figura 361), ora con brusquedad, ora suavemente, aquel individuo percibirá una curiosa imitación del trueno, con sus altibajos súbitos, con su retumbar lejano y prolongado, debido a la transmisión, por el cordel, de las vibraciones longitudinales producidas por el frotamiento de los dedos y la resonancia en las cavidades que forman las manos aplicadas a los oídos.

El teléfono de cuerda

379. Los fondos de dos cajas cilíndricas de cartón se unen mediante un largo cordel, procediendo de la siguiente manera: agujereado el fondo de una caja por su centro, se atraviesa este orificio, -de fuera a dentro, por uno de los cabos del cordel, y en el mismo cabo, cuando sale de dentro de la caja, se practica un nudo para evitar que pueda escurrirse hacia afuera del orificio. De igual manera se procede con la otra caja y el otro cabo del bramante.

Situados dos individuos a la distancia conveniente para que el cordel se mantenga tenso, aunque no con exceso, podrá hablar uno de ellos aplicando su boca a una de las cajas, a modo de embocadura, y el segundo le oirá perfectamente aplicando la otra caja a su oído (figura 362). Para contestar, pasará éste su caja del oído a la boca y el primero pasará la suya de la boca al oído.

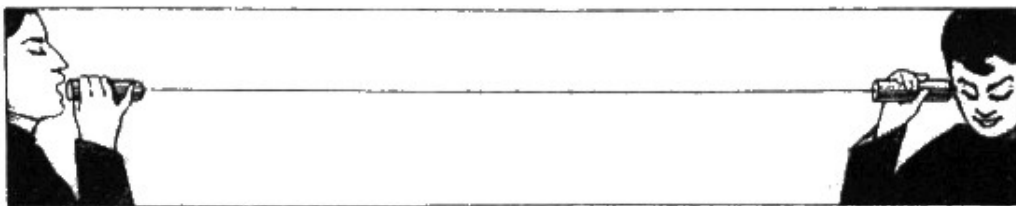


Figura 362

Mejor que emplear los mismos fondos de las cajas de cartón, es substituirlos por parches de pergamino, a los cuales se unirán los cabos de cordel del mismo modo que hemos explicado.

La reflexión del sonido

380. Sobre una rodaja de fieltro o de trapo arrugado, póngase en la mesa una chistera o un sombrero hongo boca arriba, y dentro del sombrero déjese el reloj de bolsillo: su tictac sólo se percibirá situando el oído frente a la boca del sombrero, y dejará de percibirse hacia los lados.

Así, situándose como en la figura 363, el sonido del reloj no se percibe, pero colocando sobre el sombrero un espejo inclinado de manera que volviendo la cabeza de cara al espejo, el individuo que escucha pueda ver, reflejado en el espejo, el fondo del sombrero, cuando vuelva a la posición indicada en la figura percibirá claramente el tictac del reloj; porque en el espejo se refleja el sonido del mismo modo que la luz.

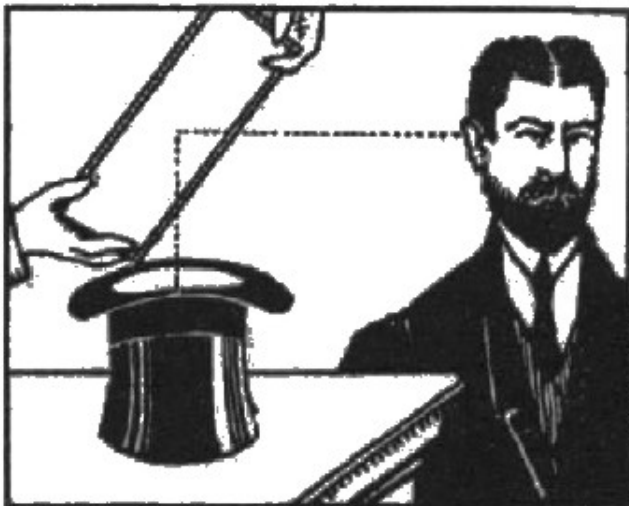


Figura 363

Igual efecto que el espejo para el sonido, pero no para la luz, haría un libro, un cartón, una tabla, porque para reflejar el sonido no se necesitan superficies tan bien pulimentadas como para reflejar la luz.

El secreto de los paraguas

381. Enfrontados dos paraguas, abiertos y mojados, de manera que sus palos se hallen exactamente en la prolongación uno de otro, aunque la distancia entre ambos sea de varios metros se puede hablar en voz baja junto al varillaje de uno de ellos y escuchar aplicando el oído en el correspondiente punto del otro, sin que una tercera persona situada entre ambos interlocutores pueda enterarse de su conversación (figura 364).



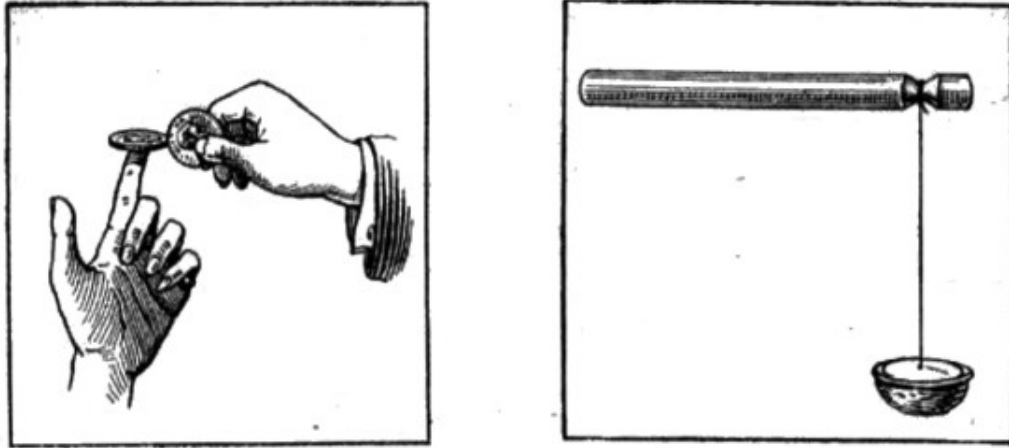
Figura 364

Los paraguas actúan como reflectores o espejos del sonido, dirigiendo el primero las ondas sonoras al segundo y concentrándolas éste en un punto que coincide aproximadamente con el de arranque del varillaje; mas para que así se comporte la tela, no basta que esté tirante, sino que es preciso además que esté mojada, pues de otro modo daría paso al sonido en vez de reflejarlo.

382. Efecto parecido y aun más notable puede observarse en las salas de bóveda elíptica; un individuo, situado en un foco del elipsoide, puede sostener en voz baja una conversación con otra persona situada en el otro foco, sin que se enteren los circunstantes. Como hermoso y famoso ejemplo se puede citar la Sala del Secreto de la Alhambra de Granada.

Reconocimiento de monedas

383. Placas de diversos metales y aun de madera o de piedra dan sonidos constantes cuando se golpean con algún cuerpo duro.



Figuras 365 y 366

Conocida y vulgarísima es la manera de hacer sonar una moneda manteniéndola horizontal, en equilibrio, sobre un dedo y golpeándola con el canto de otra moneda (fig. 365): todas las placas de plata de las mismas dimensiones deben dar la misma nota, y por esto se aplica ese ensayo sonoro al reconocimiento de la legitimidad de las monedas. , No por vulgarísimo deja de ser muy notable este reconocimiento de la naturaleza de un metal atendiendo al sonido que emite.

Curiosa es también la correlación que existe entre este experimento y el que constituye el fundamento del análisis espectral: el vapor ardiente de tal metal emite luz de tal color; la placa vibrante (con dimensiones determinadas) de tal metal emite sonido de tal tono.

384. Más vulgar es todavía el examen de las monedas arrojándolas violentamente contra el suelo. El efecto es doble: en virtud de la mayor o menor elasticidad del metal que forma la moneda, ésta rebota más o menos, y en virtud de la misma elasticidad o de la falta de ella, el sonido producido por el golpe tiene diverso tono y timbre.

El fauno

385. Un cascarón de nuez se cubre con un retazo de carta de baraja u otra clase de cartulina dura, pegada a los bordes con cola fuerte o pez. En un orificio practicado en el centro de la tapa de cartulina está retenido, mediante un engrosamiento formado por algunos nudos, un largo y grueso pelo de cola de caballo; en el otro

extremo del pelo se forma una malla, que sirve para suspender el conjunto del extremo de un palo (fig. 366).

Agitando el palo de manera que el cascarón rueda a su alrededor manteniéndose tirante el pelo, el rozamiento de la malla con la superficie del palo produce un sonido que, transmitido por la hebra y reforzado en la cavidad del cascarón, remeda el ruido del vuelo de un moscardón o de varios moscardones.

El cascarón puede ser substituido por una caja cilíndrica de cartón. Conviene adelgazar sobre el palo el punto en que es abrazado por la malla, para que ésta, durante el movimiento de rotación, no resbale y escape. El sonido se produce con más facilidad si la malla se frota con colofonia.

386. Una regla plana de dibujo atada a un cordel produce también sonido si se hace girar rápidamente, a manera de honda.

El cántaro en la fuente

387. ¿Cuántas notas produce el chorro de agua de la fuente? Muchas deben de ser, seguramente. Poetas de todos los pueblos y de todas las edades han hablado del canto del agua en el abandonado jardín...

El cántaro, en la fuente, es una cavidad llena de aire, un resonador que refuerza un sonido particular de los diversos que produce el agua al chocar con su fondo. Pero el agua que en él va acumulándose reduce el volumen de la capacidad de aire, y por lo tanto, la nota reforzada va siendo cada vez de más alto tono; y así, conforme va llenándose el cántaro, va agudizándose su canto. Reforzando cada vez sonidos más agudos, da cuenta en todo momento de lo que falta por llenar, y llegando a la nota más alta avisa el momento en que va a quedar lleno. En seguida toda cavidad resonadora desaparece y el agua empieza a rebosar (**E.**).

388. De una manera parecida, en las bodegas, golpeando con el nudillo los toneles, se adquiere idea de hasta qué altura están llenos.

Los ecos

389. El eco, esa propiedad que presentan ciertos paisajes de repetir una o varias veces los sonidos que en determinados puntos se producen, por sorprendente y por

misterioso que en algunas circunstancias pueda parecer, tiene, hace tiempo, una explicación natural y satisfactoria.

Es el eco uno de los más sorprendentes fenómenos naturales, y se comprende que los antiguos pueblos lo tomaran por base de bellísimos mitos, con el de la ninfa Eco, que castigada por la cólera de los dioses y escondida en los bosques, distraía sus ocios remedando la voz de los pastores.

Pero hace tiempo que el estudio desvaneció tan lindas ficciones, dando del eco un explicación sencilla: el eco es debido a la reflexión del sonido y a lo relativamente escaso de su velocidad: 340 metros por segundo.

Basta que la pared reflectora se halle a 17 metros del punto de que parte el sonido, para que el sonido reflejado tarde una décima de segundo en oírse del mismo punto, pues la ida y la vuelta supone un recorrido de $17 + 17 = 34$ m, es decir, la décima parte de 340; alejándose de la pared reflectora (que puede estar formada hasta por una arboleda) se va retrasando la percepción del sonido reflejado.

Podría decirse que al otro lado de la superficie reflectora se forma la imagen sonora de la persona que habla o del objeto que suena, como al otro lado de un espejo se forma la imagen luminosa; pero con la diferencia de que por ser grandísima la velocidad de la luz (300 000 km por segundo) las modificaciones del objeto y las de su imagen luminosa son simultáneas, como ocurre cuando levantamos un brazo ante el espejo, en cuyo caso nuestra imagen lo levanta al mismo tiempo, mientras que la imagen sonora está con respecto al objeto sonoro en un retraso bien apreciable, cuyo valor depende de la distancia de la superficie reflectora.

390. En cuanto a los ecos múltiples, como el de San Jerónimo, en Montserrat, se explican ora por la pluralidad de superficies reflectoras, ora por el paralelismo más o menos exacto de dos o más de ellas.

¿De dónde viene el sonido?

391. Puesta la mesa para el almuerzo, un comensal toma su tenedor, lo apoya por el mango en la mesa, y un agudo sonido cristalino se deja oír perfectamente, con la particularidad de que nadie da con el origen de la nota: quién señala sus copas, quién sus platos, quién la botella del vino...

Y nadie acierta. Sólo el comensal que sostiene todavía el tenedor apoyado en la mesa, conoce el secreto: ha apretado fuertemente, con las uñas de los dedos pulgar y medio de la mano derecha, las púas centrales de su tenedor, como si quisiera acercarlas para que se tocaran, y luego las ha soltado bruscamente, dejándolas resbalar por el borde de las uñas: las púas se han puesto a vibrar, y el tenedor se ha comportado como un pequeño diapasón vibrante. Pero transmitiéndose estas vibraciones muy tenuemente al aire, nadie las ha percibido hasta que por haberse apoyado el mango del tenedor en la mesa, ésta ha comunicado el movimiento vibratorio a las copas, botellas, platos, etc., los cuales se han puesto a su vez a vibrar, particularmente aquellos cuyas dimensiones o capacidades eran las convenientes para que vibraran al unísono del diapasón-tenedor. Por esto han sido varios los objetos a que se ha podido atribuir el origen del misterioso sonido (**E**).

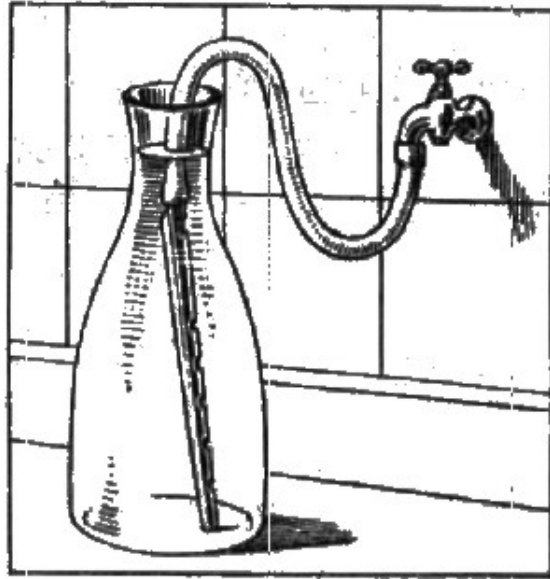
Ruido de mar

392. Las conchas de los caracoles de mar, aplicadas al oído, permiten oír el ruido del mar, dice la gente. En realidad, funcionando como resonadores, refuerzan su nota entre las de los ruidos que constantemente se producen a nuestro alrededor. Es decir, ellos no producen sonido: sólo lo refuerzan. En una cámara absolutamente afónica, sorda o silenciosa, el caracol, aplicado al oído, no deja sentir sonido alguno.

La flauta de Pan

393. Una serie de canutos de caña, cerrados por un extremo por el nudo de la caña, y de longitudes diversas, se unen, ordenados según la longitud, y con todos los extremos abiertos a un mismo nivel; para la unión pueden emplearse cordeles y travesaños de caña o madera (fig. 367). Así se construye la flauta de Pan, instrumento musical de los más primitivos, arma y divisa del silvestre dios...

Música mojada



Figuras 367 y 368

394. Un pequeño instrumento musical de viento, como un flautín, o un pito, o una sirena, suena también si la corriente de aire que lo atraviesa se substituye por una corriente de agua. Para percibir cómodamente el sonido producido por el agua, se unirá la boquilla del instrumento musical con el grifo del agua y se sumergirá en una vasija cualquiera llena del mismo líquido (fig. 368).

Copas sonoras

395. Llenando más o menos de agua una copa, varía el sonido que produce si se la golpea.

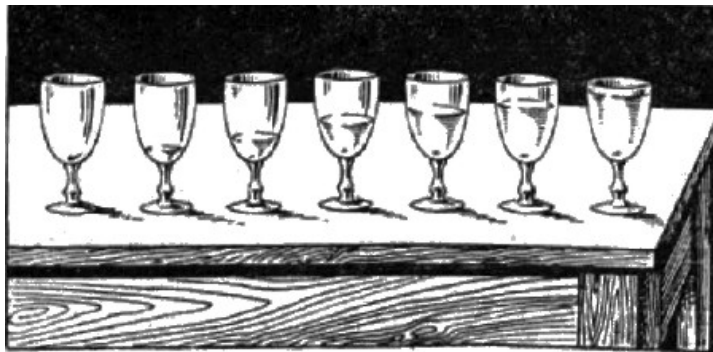


Figura 369

Disponiendo una serie de copas más o menos llenas de agua para que cada una corresponda a diversa nota, y eligiendo convenientemente estos sonidos, se puede llegar a la interpretación de sencillos y aun de complicados aires musicales (figura 369).

Para que las copas suenen basta golpearlas con una varilla; pero el sonido más puro se obtiene frotando sus bordes con el dedo mojado (397).

Botellas sonoras

396. De igual manera que las copas del experimento anterior, pueden llenarse más o menos unas botellas para formar una serie que corresponda a la escala musical.

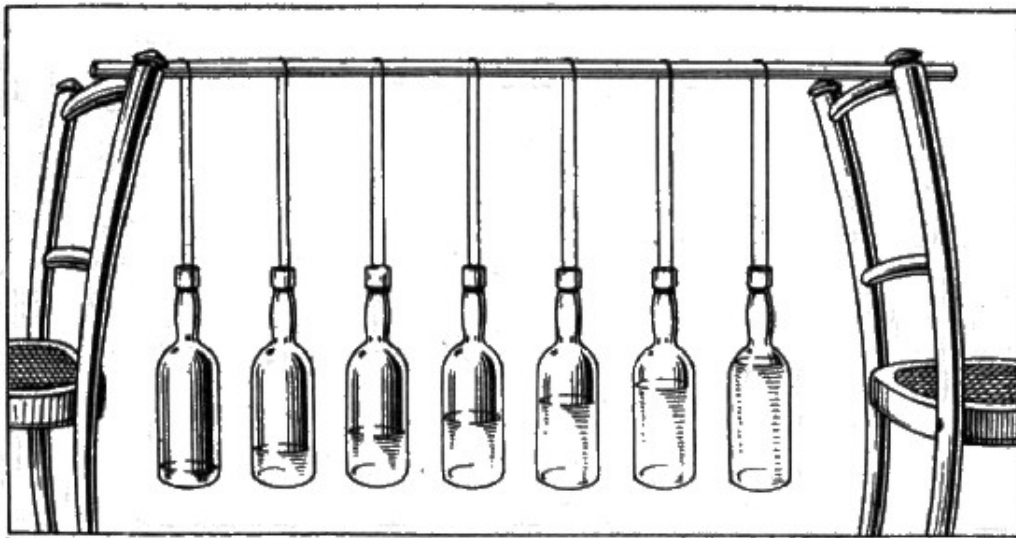


Figura 370

Colgando las botellas por sus golletes de unos palos apoyados en dos sillas, resulta un instrumento músico bien original, de sonidos nada desagradables (figura 370).

Resonancia en las copas vibrantes

397. Para obtener sonidos musicales con las copas, conviene que éstas sean de paredes delgadas con el borde esmerilado y tengan sencilla forma de cáliz. Frotándolas por el borde con el dedo humedecido de vinagre, limón u otro líquido ácido, se ponen con facilidad a vibrar, dando suavísimos sonidos.

La nota dada por una copa se puede modificar llenándola más o menos de agua. Disponiendo de dos copas iguales, observaremos que no dan exactamente la misma nota, pues por iguales que sean, alguna desigualdad tendrán de forma, de espesor, de capacidad, etc.; pero con una pequeña cantidad de agua conseguiremos que las notas producidas por las dos copas estén perfectamente al unísono.

Entonces se podrá realizar el siguiente experimento de resonancia o simpatía sonora: teniendo las copas a la distancia de un metro y haciendo vibrar una de ellas, la otra se pondrá a vibrar espontáneamente, y lo podremos comprobar apagando las vibraciones de la copa que haya sido directamente puesta en vibración, ya que seguiremos percibiendo el sonido, y éste cesará apagando a su vez las vibraciones de la segunda copa (fig. 371).

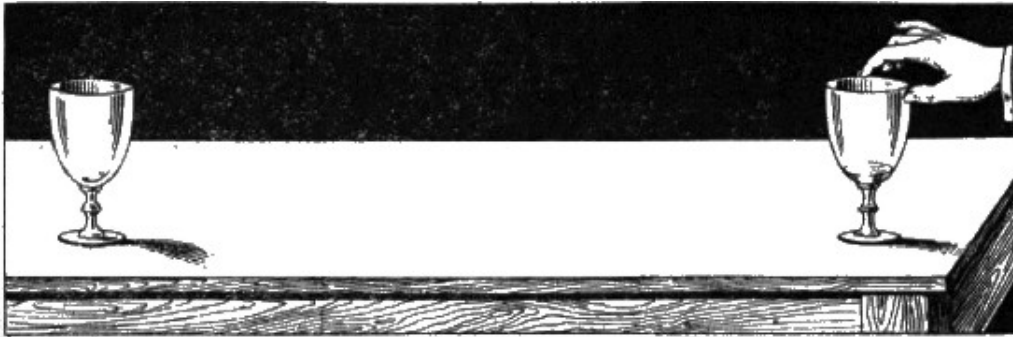


Figura 371

No habrá que decir que el medio más sencillo y rápido de apagar las vibraciones de un cuerpo sonoro, y en particular de una copa, es tocar con los dedos las porciones vibrantes.

398. El fenómeno de la resonancia determina a veces desastrosos efectos; así es posible romper una copa de cristal delgado cantando intensamente junto a ella la nota que ella misma da al ser golpeada.

Así puede hundirse una pasarela, derribarse una verja, arrancarse un poste, etc., empujándolos rítmicamente, con el ritmo de sus oscilaciones propias.

El hecho de que un fuerte viento derribe chimeneas de fábrica, mejor que por la intensidad del viento, se explica por ser la periodicidad de sus ráfagas igual a la de las oscilaciones de la chimenea derribada.

Los jefes evitan que los soldados marchen al paso cuando un regimiento atraviesa un puente metálico, para evitar un desastre debido a semejante causa.

399. Más fácilmente que rozándola con el dedo mojado, se pone en vibración una copa frotando su borde con un arco de violín o de contrabajo.

Procediendo así con una copa llena de agua hasta los dos tercios, se observa en la superficie del agua la división de la copa en cuatro porciones vibrantes (llamadas vientres) separadas por cuatro líneas en reposo (llamadas nodos), pues el agua es repelida por el rápido movimiento de los vientres y se mantiene tranquila junto a los nodos (figura 372).



Figura 372

El punto frotado por el arco corresponde a un vientre.

Aunque lo más general sea la división de la copa en cuatro porciones, puede variarse ese número apoyando un dedo en la copa en un punto que diste del frotado por el arco menos de $1/8$, de circunferencia; junto al dedo aparece un nodo, y si el punto frotado por el arco y el tocado por el dedo distan por ejemplo $1/12$ de circunferencia, se dividirá la copa en 6 porciones vibrantes: 6 vientres y 6 nodos.

Con división semejante en vientres y nodos vibran las campanas.

Ilusiones auditivas

400. La disposición de los oídos en el hombre, a los lados de la cabeza, y la inmovilidad del pabellón de la oreja, hacen que la orientación sólo se verifique bien cuando el objeto sonoro se encuentra a la derecha o a la izquierda del observador y que sea defectuosa cuando el sonido se produce exactamente delante o detrás de aquél.

Así, vendando los ojos a un individuo y haciendo sonar una moneda en un punto cualquiera del plano ideal vertical que divide al cuerpo en dos mitades simétricas (derecha e izquierda), difícilmente acertará el punto en que ha sonado la moneda, y dirá que está detrás cuando la tiene delante, o la creará sobre su cabeza cuando se hace sonar debajo de su barba.

LA LUZ

Sombras

401. Con las manos diversamente puestas, y con los dedos diversamente doblados o extendidos pueden proyectarse sobre una pared blanca sombras que presenten una semejanza más o menos remota con las siluetas de diversas personas y animales (figs. 373 a 392).



Figuras 373, 374, 375 y 376



Figuras 377, 378, 379 y 380



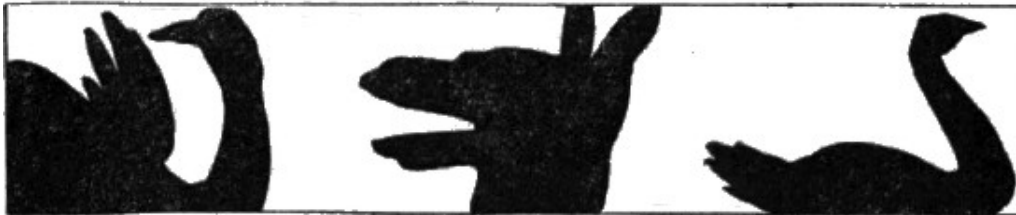
Figuras 381, 382 y 383



Figuras 384, 385 y 386



Figuras 387, 388 y 389



Figuras 390, 391 y 392

Constituyen esas sombras un antiguo y vulgar entretenimiento infantil, en las largas veladas invernales. Quizá no dejen de tener cierto valor educativo, dando soltura a los movimientos de los dedos e idea clara de las proyecciones, además de constituir otros tantos experimentos demostrativos de la propagación de la luz en línea recta, formación de sombras y penumbras, etc.

Como advertencias útiles a los operadores de esa antiquísima máquina cinematográfica constituida por las propias manos, señalaremos las siguientes:

1. El foco de luz conviene que sea de poca superficie aparente; la llama de una bujía es mejor que una llama de gas. La luz ideal es la de un arco voltaico sin globo difusor.
2. La distancia de las manos a la pantalla que haya de recibir la sombra no debe ser grande.

Una y otra advertencia tienden a que se evite la formación de exageradas penumbras, que esfumando los contornos de la sombra le quitan la característica nitidez.

402. Abusando de las combinaciones que se pueden obtener, se agregan a las manos otros objetos, como cartones recortados. Claro está que entonces pueden producirse sombras más variadas y de contornos más definidos, pero el juego pierde con la sencillez su mayor encanto.

Dibujos vivientes

403. En un papel translúcido se dibujan diversas escenas, o se pintan, y los detalles que se desee ver animados de movimiento, se recortan en otro papel y se pegan en el reverso del primero en correspondencia con su representación en el anverso, y de modo que queden parcialmente destacados.

Mirando los dibujos al trasluz, valiéndose de una bujía, y corriendo ésta o aquéllos de un lado a otro, las sombras proyectadas por los retazos de papel destacados, se correrán también, dando la apariencia del movimiento de los detalles a que correspondan. Así se logrará dar vida a las orejas de un asno, a la cola de un perro, a la pata de un gato, etc.

La edificante escena representada en la figura 393 no requiere pintar nada sobre el papel-pantalla. Las figuras se recortan. Sobre ellas están indicados con asteriscos blancos los puntos en que pueden adherirse al papel para obtener el máximo efecto.

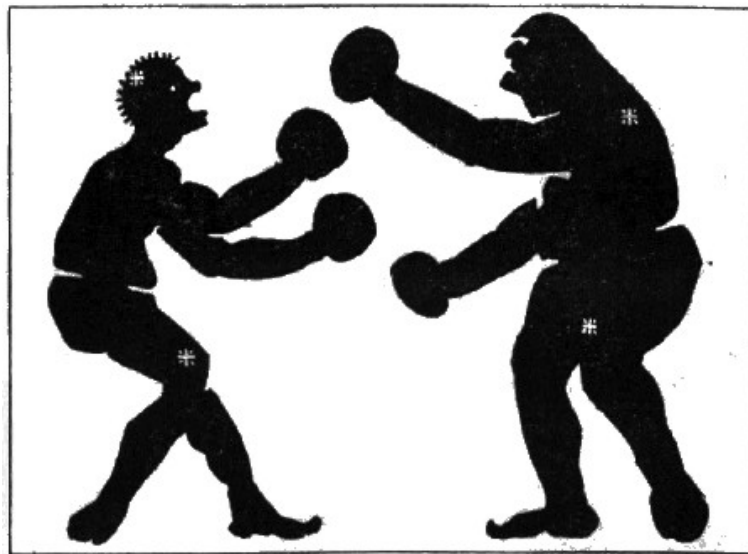


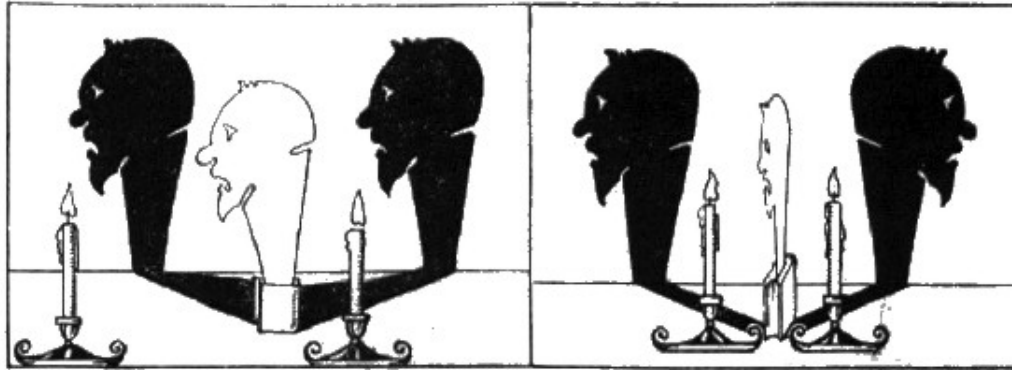
Figura 393

Las demás partes conviene que queden algo separadas o bombeadas.

Sombras directas e invertidas

404. Interponiendo entre dos luces y una pantalla blanca, o la pared, una silueta recortada en cartón, aparecerán en la pared dos sombras.

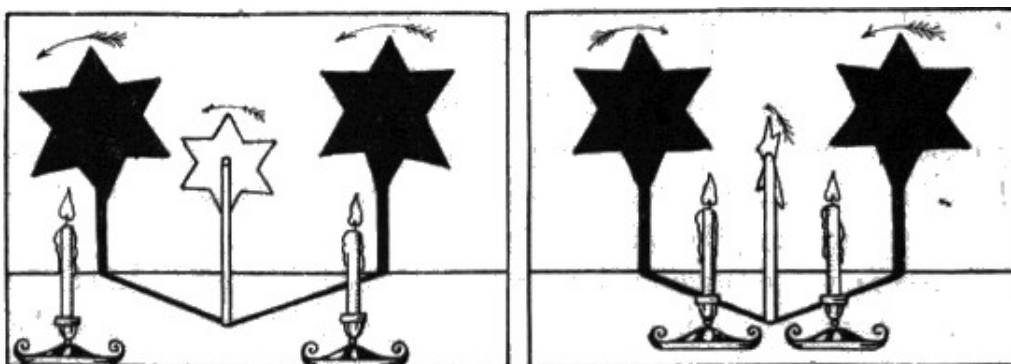
Si el plano de la figura de cartón es paralelo al de la pantalla, las dos sombras estarán igualmente dispuestas, presentando ambas, por ejemplo, la nariz hacia la derecha, si la figura recortada es el perfil de un rostro (fig. 394).



Figuras 394 y 395

Pero si situamos la figura recortada con el plano normal al de la pantalla, de modo que cada una de sus dos caras reciba luz de distinto foco, las sombras ya no estarán igual, sino inversamente dispuestas (figura 395).

405. El mismo experimento puede realizarse empleando como figura recortada en cartón una rueda dentada clavada por su centro en un palo mediante una aguja. Haciendo girar esa rueda, las dos sombras proyectadas girarán en el mismo sentido cuando reciba la luz de ambos focos la misma cara de la rueda de cartón (fig. 396), y girarán en sentido opuesto cuando las dos caras reciban luz de distinto foco (fig. 397).



Figuras 396 y 397

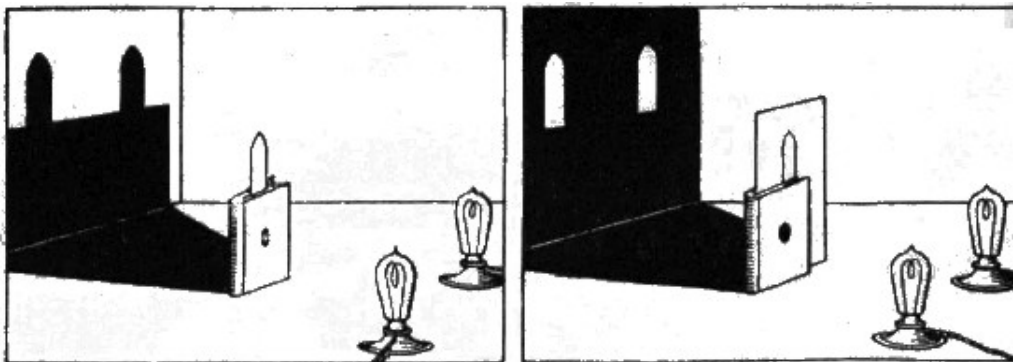
Sombras de color y luces de color

408. En una habitación oscura, déjese sólo encendida una lámpara eléctrica roja y una verde.

Frente a una hoja de papel blanco, colóquese un objeto cualquiera, que proyectará dos sombras, una roja y otra verde.

Para hacer mejor este experimento, tómense lámparas eléctricas con pie, para poderlas dejar sobre la mesa, y tómese como pantalla una hoja de cartón blanco, mantenida vertical, y como objeto productor de las dos sombras un cortapapeles convenientemente mantenido vertical. Se tendrá la disposición que se ve en la figura 398.

En una hoja de cartón negro, recórtese la forma del cortapapeles, y substitúyase éste por el cartón negro en la mesa en que se haya llevado a cabo el último experimento, dejando en la misma situación las lámparas y la pantalla (fig. 399).



Figuras 398 y 399

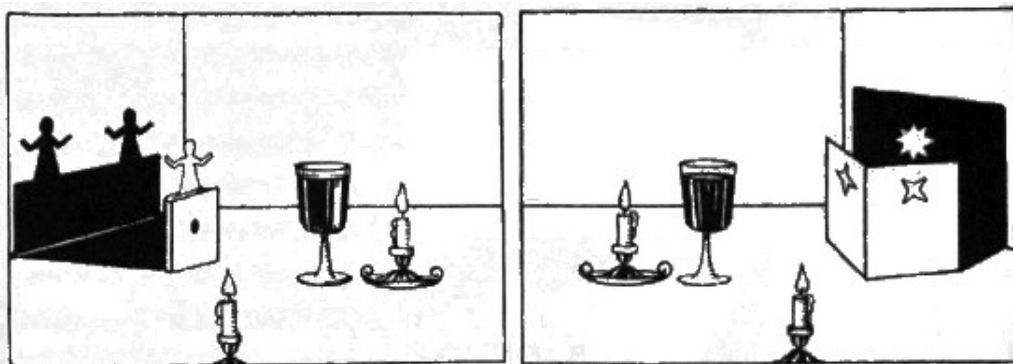
Ahora, sobre la pantalla oscura (por recibir la sombra del cartón negro), aparecerán dos manchas de luz, que ocuparán aproximadamente los mismos lugares ocupados antes por las sombras. Pero ahora la mancha correspondiente a la sombra verde será roja y la mancha correspondiente a la sombra roja será verde.

Con una figura recortada en cartulina y sostenida verticalmente frente a una pantalla blanca y un par de bujías encendidas, se obtendrán dos sombras, o mejor penumbras, de igual forma que la figura que las proyecta.

Interponiendo entre una luz y la pantalla un cristal rojo, o una copa llena de vino (fig. 400), se observará que la sombra proyectada por la otra luz adquiere color rojo, mientras que la otra sombra, proyectada por la luz misma que ha de atravesar

el cristal, casi desaparece; pero fijándose en ello se verá que persiste y presenta un ligero matiz del color complementario del rojo, es decir, verde.

Si el cristal empleado fuera amarillo (o la copa llena de cerveza) la primera penumbra se volvería amarilla, y la segunda presentaría un matiz violeta; con cristal azul la primera sombra es azul y la segunda anaranjada; con cristal violeta, o copa llena de agua teñida de fucsina violeta, la primera sombra se vuelve violeta y la segunda amarillenta; con cristal anaranjado, o copa de curasao, la primera sombra se vuelve anaranjada y la segunda azulada.



Figuras 400 y 401

La estrella doble

409. En una cartulina doblada recórtense dos estrellas de cuatro puntas, una en cada hoja de las dos que forma la cartulina, ambas a la misma altura, y la una con las puntas inclinadas 45° respecto a las puntas de la otra.

Dispuesta esta cartulina frente a una pantalla blanca, y colocando en la mesa dos luces, se obtendrán sobre la pantalla dos estrellas de cuatro puntas, cuya distancia dependerá de la posición de las dos luces: modificando esa posición, lograremos que los centros de las dos estrellas de la pantalla se superpongan, con lo cual se formará una estrella de ocho puntas (fig. 401).

Anteponiendo a una de las llamas un cristal de color o una copa llena de líquido coloreado, se teñirán del mismo color cuatro de las puntas de la estrella, mientras que las otras cuatro aparecerán con el matiz complementario.

Penumbbras

410. Si las llamas de bujías y de gas y las lámparas eléctricas usuales fuesen verdaderos puntos luminosos, las sombras que a su luz proyectaran los objetos tendrían unos contornos netamente recortados: así sucede, por ejemplo, con las sombras proyectadas por los arcos voltaicos, separados del globo translúcido con que ordinariamente se les rodea para difundir su luz.

Pero las llamas y las lámparas usuales presentan siempre una extensa superficie luminosa y por esto carecen de nitidez los contornos de las sombras proyectadas: así, el punto a es el límite de la sombra proyectada por la pantalla sobre la mesa (figura 402), porque este punto recibe luz de todos los puntos de la llama, pero el inmediato punto b ya no recibe luz del casquete inferior de la llama, aunque la reciba del resto; el punto b estará algo menos iluminado que el a; de igual manera, el punto c estará menos iluminado que el b, y el punto d estará solamente iluminado por la punta de la llama.



Figura 402

La región que sigue a d se hallará completamente a oscuras. El espacio que forma la transición gradual de la sombra a la luz cuando el foco luminoso no es un solo punto, es el que recibe el nombre de penumbra.



Figuras 403 y 404

411. Recortando en cartulina el contorno de una cabeza y las porciones correspondientes a los puntos más claros del rostro (figura 403) y exponiendo este objeto a la luz de una bujía, de manera que proyecte su sombra sobre una pared blanca, no demasiado próxima, los contornos de las regiones claras no aparecerán bruscamente recortadas, sino con medias tintas de transición correspondientes a la penumbra, con lo cual la sombra adquirirá un hermoso aspecto de dibujo al carbón, esmeradamente ejecutado.

En cambio, si el foco luminoso fuese puntiforme, como el arco voltaico sin globo deslustrado, o la pantalla en que se proyecta la sombra se hallara demasiado cerca del cartón recortado, el dibujo proyectado presentaría demasiada dureza, por la brusca transición de la sombra a la luz, es decir, faltarían las medias tintas (fig. 404).

Así se llegan a obtener cartulinas recortadas cuya sombra presenta marcada semejanza con personajes conocidos, lo cual es tanto más sorprendente cuanto que esa semejanza difícilmente se adivina examinando la cartulina recortada, que por un lado viene a ser una imagen negativa (trocados claro y oscuro) y por otro lado presenta demasiado brusco el paso de las regiones claras a las oscuras.

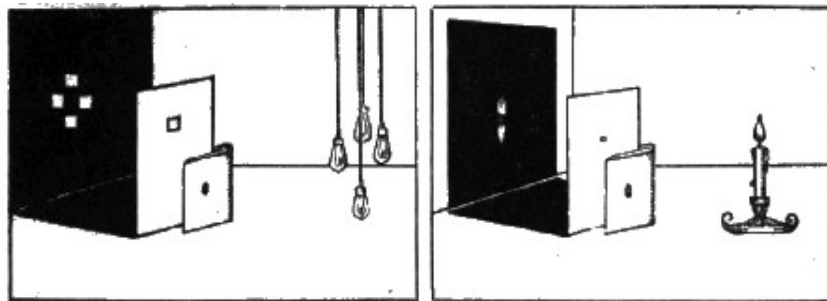
Fundamento de la cámara oscura

412. Si en el experimento de las dos manchas de luz (número 407) de distinto color, las lámparas estuvieran muy próximas entre sí, podría suceder que las dos manchas se superpusieran en su mayor extensión, y la mancha única así resultante sólo presentaría diversamente coloreados los bordes.

Para conseguir que aun estando muy próximos entre sí los focos luminosos las manchas de luz se mantengan deslindadas, existen dos recursos:

1. Alejar mucho entre sí la pantalla blanca sobre la cual se forman y el cartón cuya abertura las proyecta.
2. Reducir el tamaño de la abertura del cartón.

Concretándonos a este último procedimiento, preparemos un cartón con un orificio cuadrado, circular o triangular, de un centímetro cuadrado de superficie, poco más o menos. Disponiendo sobre la mesa cuatro lamparillas eléctricas de diversos colores, obtendremos también sobre la pantalla cuatro manchas de luz diversamente coloreadas y distribuidas de modo muy particular, pues está más baja la que corresponde a la lámpara más elevada y recíprocamente, y se halla a la derecha de la lámpara de la izquierda y recíprocamente (fig. 405).



Figuras 405 y 406

413. A falta de lamparitas de color, puede verificarse el mismo experimento, ligeramente modificado, con lamparillas blancas y un pedacito de papel de seda de color (por ejemplo, rojo).

Obtenidas las cuatro manchas de luz blanca sobre la pantalla, cubriendo la lámpara superior con el papel rojo, se volverá roja la mancha inferior, y cubriendo, con el mismo u otro papel, la lámpara de la izquierda, tomará el color la mancha de la derecha.

A falta de toda clase de lámparas eléctricas, se emplean bujías ordinarias, pero entonces debe ponerse más cuidado en cerrar perfectamente la habitación en que se haga el experimento para impedir entradas de luz que estorbarían.

414. Reduciendo ahora el orificio del cartón a un solo agujero circular, de menos de un milímetro de diámetro, y reduciendo las lámparas a una sola bujía, obtendremos sobre la pantalla blanca una imagen invertida de la llama de la bujía (fig. 406).

Cada punto de la llama puede considerarse como una pequeña lamparilla, y como en el experimento anterior, cada una de estas lamparillas dará en la pantalla su correspondiente manchita de luz. Tales manchitas estarán ordenadas de manera que las de más arriba corresponderán a la base de la llama y las de más abajo corresponderán a su cúspide y el conjunto de manchitas formará la imagen invertida de la llama. He aquí el fundamento de la cámara oscura.

La cámara oscura

415. En el fondo de una caja de cartón se abrirá, con un alfiler ardiente, un orificio de $\frac{3}{4}$ de milímetro de diámetro. La tapa se substituirá por un vidrio deslustrado. Así tendremos preparado un notable aparato de óptica: la cámara oscura. Recibiendo en la cara provista de orificio la luz exterior, aparecerá sobre el vidrio deslustrado la imagen invertida (de arriba abajo, de derecha a izquierda) de los objetos exteriores. Para observar mejor esa imagen, cubriremos nuestra cabeza y la caja, exceptuada la cara agujereada, con un mantón negro (fig. 407).



Figura 407

416. En vez de vidrio deslustrado se puede emplear una placa fotográfica.

Lo mejor es construirse la caja de cartón de 9 x 6 cm, para poder utilizar cuartos de placa.

En una habitación completamente oscura o alumbrada sólo por luz roja, se cerrará la caja agujereada en el fondo con la placa fotográfica de 6 x 9, procurando que el lado de la gelatina corresponda al interior. Se cubrirá la placa con la tapa de la caja y se envolverá todo con papel negro, dejando sólo descubierto el orificio. Éste se cerrará con un taponcito que ajuste perfectamente o se cubrirá de

otra manera. Con el aparato así preparado pueden obtenerse excelentes fotografías de objetos fijos, de la siguiente manera: instalada la caja (sobre una mesa, sobre una silla) con la cara agujereada frente al objeto que se trate de fotografiar (edificio, cuadro, estatua, etc.) se descubrirá el orificio y se abandonará durante un minuto. Cerrado de nuevo el orificio, se llevará la cámara al laboratorio fotográfico y se procederá a revelar y fijar la placa como en la fotografía ordinaria con objetivo. Como aparato fotográfico, la cámara oscura sin objetivo presenta la ventaja de no deformar en lo más mínimo la perspectiva del objeto, y la desventaja de exigir un tiempo relativamente largo de exposición, por ser muy exigua la cantidad de luz a que da paso el pequeñísimo orificio¹.

La cámara oscura... al revés

417. Sabemos que un pequeño agujero forma sobre una pantalla una mancha de luz que reproduce los colores y la forma del objeto luminoso: únicamente su posición resulta invertida. Sabemos también que la causa de ese fenómeno, fundamento de la cámara oscura, es el cruzamiento, en el pequeño orificio, de los rayos rectilíneos de luz que procediendo de los diversos puntos del objeto luminoso penetran en la cámara oscura.

¹ Para más detalles, consúltese la obra *La Fotografía, manual para aficionados*, por Muffone.

La misma teoría se puede aplicar a la formación de la sombra proyectada sobre una pantalla por un punto negro. Dicha sombra estará formada por una serie de sombras parciales o penumbras, correspondientes a otros tantos puntos del objeto luminoso: por consiguiente, estas penumbras reproducirán, en la imagen oscura e invertida, la forma del objeto luminoso. Es fácil observarlo proyectando sobre una hoja de papel y mediante la llama de una bujía la sombra de una cabeza de alfiler (figura 408).

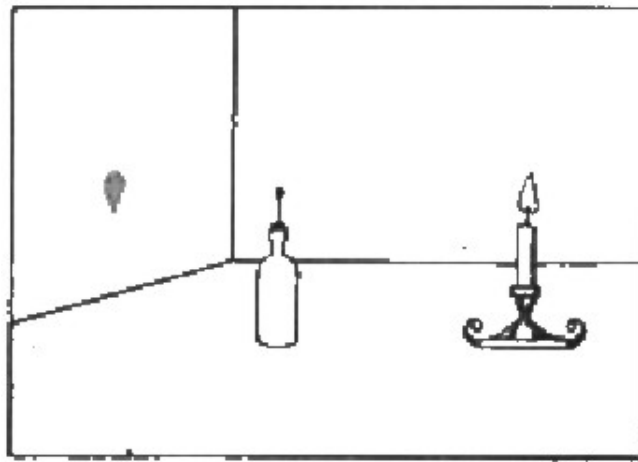
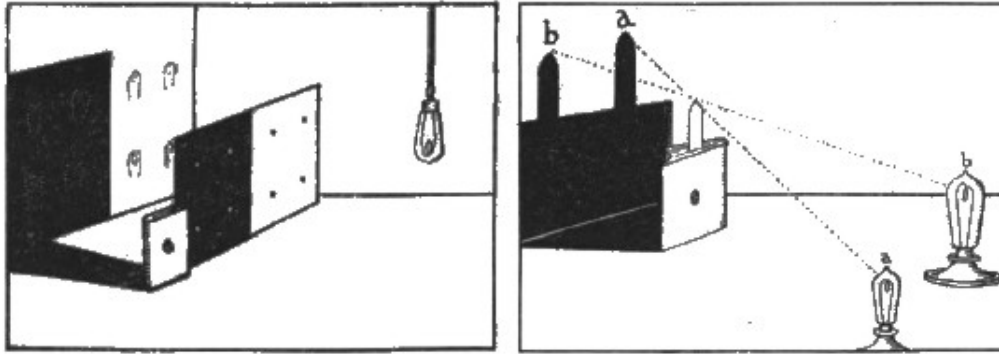


Figura 408

418. Para observar a un tiempo las imágenes luminosas dadas por los pequeños orificios y las imágenes oscuras dadas por los pequeños obstáculos opacos, se prepara una placa de cristal, pintando la mitad de negro y abriendo en la capa de la pintura negra algunos orificios, dispuestos según cierto orden; y manchando la otra mitad, transparente, de la placa, con puntos negros, de uno o dos milímetros de diámetro, ordenados de la misma manera que los orificios de la otra mitad.

Interponiendo la placa así preparada entre una lámpara eléctrica de incandescencia y una hoja de papel blanco, aparecerán sobre el papel una serie de imágenes luminosas del filamento incandescente ordenadamente dispuestas, y otras tantas imágenes oscuras del mismo filamento, igualmente ordenadas (fig. 409) (Escriche, 1891).



Figuras 409 y 410

Un fotómetro de sombras

419. Para comparar las intensidades luminosas de dos luces, por ejemplo, de dos lámparas eléctricas, dispondremos una hoja de cartón blanco verticalmente, sosteniéndola, por ejemplo, con un libro. Delante de ella, a poca distancia, colocaremos una regla, también vertical, por ejemplo, el cortapapeles, sostenida por otro libro. Las dos lámparas cuyas intensidades han de ser comparadas, las colocaremos sobre la misma mesa, de manera que una y otra proyecten en la pantalla blanca la sombra de la regla vertical (fig. 410).

Las dos sombras obtenidas son relativas: el espacio ocupado por la sombra a, proyectada por la lámpara a, recibe luz sólo de la lámpara b, y la sombra b, proyectada por la lámpara b, recibe sólo luz de la lámpara, a. En general, las dos sombras no se nos presentarán igualmente oscuras, pues esto supondría que la pantalla estaba igualmente iluminada por las lámparas a y b.

Pues precisamente ese caso excepcional, de que las dos sombras se presenten igualmente oscuras, es el que nos interesa producir.

Para lograrlo modificaremos las distancias de las lámparas a la pantalla. Después de algunos tanteos lo habremos conseguido. Entonces, siendo las sombras igualmente oscuras, la pantalla estará igualmente iluminada por ambas lámparas.

Si esto se ha conseguido estando las luces a y b a distancias iguales de la pantalla, las potencias lumínicas de a y b serán iguales, ya que alumbran lo mismo a igual distancia. Si a está a doble distancia que b de la pantalla, la potencia de a será $2 \times 2 = 4$ veces mayor que la de b. Si a está tres veces más lejos que b de la pantalla, la potencia de a será 9 veces (o sea 3×3) mayor que la de b. Si a dista de la

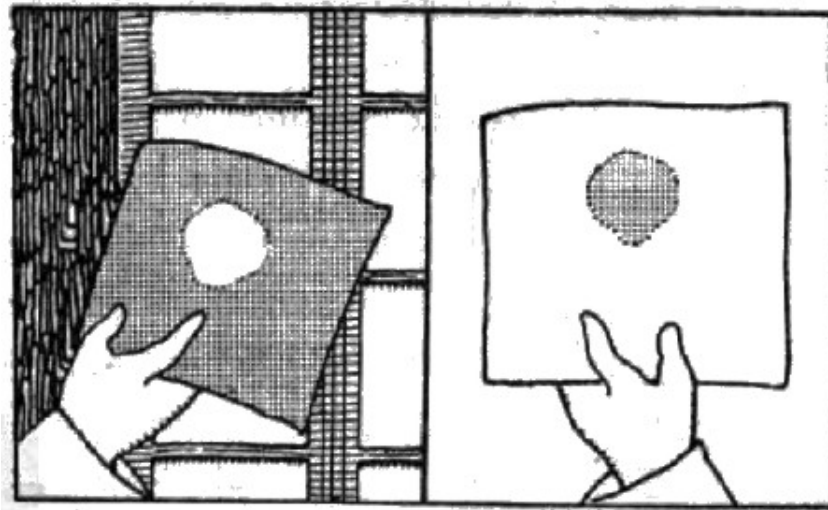
pantalla cinco veces más que b , la potencia lumínica de a será 5×5 , o sea 25 veces mayor que la potencia de b .

En general: la potencia lumínica de a será igual a la potencia lumínica de b multiplicada por el cuadrado de las veces que a dista más que b de la pantalla.

La mancha de grasa

420. Déjese caer una gota de cera fundida (o de estearina, o de parafina, o de aceite o de manteca) sobre una hoja de papel blanco.

Mírese esa hoja al trasluz: la mancha se verá más blanca, más luminosa, que el resto, porque siendo el papel impregnado de grasa más transparente, deja pasar más luz (figura 411).



Figuras 411 y 412

Mírese la misma hoja sobre el fondo oscuro de la habitación: la mancha se verá menos blanca, menos luminosa, que el resto, porque siendo el papel impregnado de grasa más transparente, deja pasar más luz, y si deja pasar más, refleja menos (fig. 412).

¿Qué sucederá cuando la manchada hoja de papel esté igualmente iluminada por ambas caras? Pues que la mancha no podrá verse ni más blanca o más luminosa que el resto, ni menos blanca o menos luminosa que el resto; más brevemente: la mancha no se verá.

En ningún caso el papel debe mirarse de frente, sino de lado, para evitar que la cabeza del observador proyecte sombra sobre él.

Fotómetro de mancha

421. Se llama también fotómetro de Bunsen.

La hoja de papel con mancha de grasa, objeto del experimento anterior, se puede emplear como aparato fotométrico.

Colocadas como mejor nos convenga las dos lámparas cuyas potencias lumínicas se trata de comparar, pasearemos entre ellas, acercándola y alejándola de una u otra, según sea necesario, la hoja manchada, deteniéndola en el punto en que deje de percibirse la mancha. En este punto la hoja está igualmente iluminada por ambas caras, y por consiguiente, todo objeto situado en este mismo punto está igualmente iluminado por ambas lámparas (fig. 413).

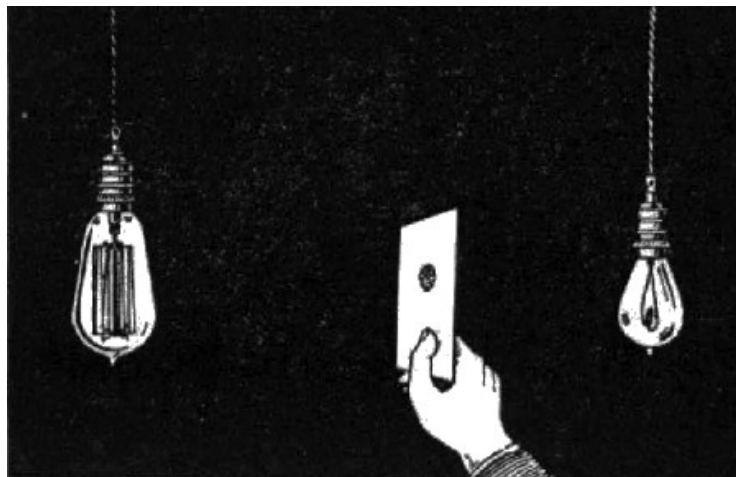


Figura 413

Entonces, ya sólo habrá que medir las distancias de las lámparas a la hoja de papel, y aplicar aquello de (número 419) que la potencia de la lámpara a es igual a la potencia de la lámpara b multiplicada por el cuadrado del número de veces que la distancia de a a la hoja de papel sea mayor que la distancia de b a la misma hoja.

El espejo transparente

422. Un cristal de ventana colocado verticalmente sobre una mesa, sosteniéndolo, por ejemplo, con un par de libros, se presta a la realización de muy curiosos experimentos de óptica.

He aquí la manera de valerse de este sencillísimo aparato para calcar un dibujo: nos sentaremos junto a la mesa de manera que el cristal venga de canto, y colocaremos a nuestra izquierda, al pie del cristal, el dibujo, y a nuestra derecha el papel en que se desee copiar.

Situada nuestra cabeza en el lado del dibujo, veremos la imagen del dibujo aparentemente sobre el papel de la derecha, imagen debida a la reflexión de la luz sobre la cara del cristal, que funciona como espejo. Al mismo tiempo, por la transparencia del cristal, veremos a su través nuestra mano derecha y el lápiz, aplicado al papel sobre el cual parece formarse la imagen, cuyos contornos podremos seguir cómodamente (fig. 414).



Figuras 414 y 415

423. El mismo cristal permite resolver un problema práctico bastante difícil: ¿cómo medir con el doble decímetro el diámetro de una bala?

Si se sitúa directamente la bala sobre el doble decímetro, es imposible apreciar las divisiones que corresponden a los extremos de un diámetro, porque variará la coincidencia al variar la inclinación con que se mira.

En cambio, colocando a uno de los lados del cristal un doble decímetro y al otro, a igual distancia, la bala, de manera que su imagen venga a formarse en el doble

decímetro, aparecerá la imagen de la bala atravesada por el doble decímetro y podremos leer las divisiones que coinciden exactamente con los extremos de un diámetro (fig. 415).

424. Préstase también el cristal instalado verticalmente sobre la mesa a la realización de diversos juegos de prestidigitación, fáciles de combinar.

Por ejemplo, con un vaso situado a un lado del espejo y otro vaso idéntico, situado al otro lado y a la misma distancia del espejo, precisamente en el sitio que parece ocupar la imagen del primero, de manera que coincida con esta imagen, vertiendo vino en el primer vaso se verá que también se vierte en el segundo, y al invitar a un espectador a que lo recoja, se hallará, al otro lado del cristal, con el vaso vacío (figura 416).

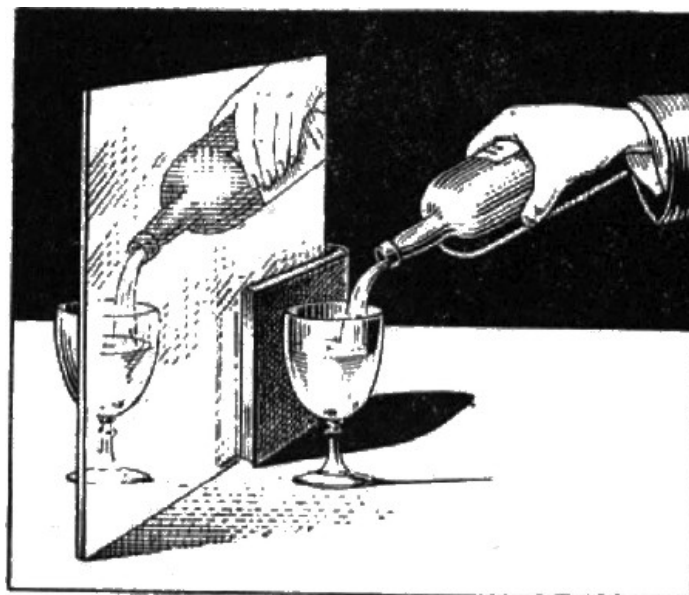


Figura 416

El papel secante delator

425. Sherlock Holmes y demás protagonistas de novelas policíacas han popularizado, mediante el libro y el cinematógrafo, un recurso fundado en las propiedades de las imágenes dadas por los espejos planos.

Colóquese frente a un espejo un papel secante algo usado y obsérvese con atención su imagen: es sorprendente que lo que visto directamente no formaba más que una

confusa mezcla de manchas, visto en el espejo se convierta en frases y palabras o por lo menos en trazos ordenados de manera que permiten adivinar la palabra a que pertenecían.

En el espejo se ven las manchas del papel secante como miradas al trasluz, es decir, con derecha e izquierda trocadas: mas las huellas que los escritos dejan en el papel secante tienen también derecha e izquierda trocadas con respecto a las del escrito primitivo; luego las imágenes en el espejo tendrán derecha e izquierda como en el escrito primitivo y por esto se reconocen y leen con relativa facilidad.

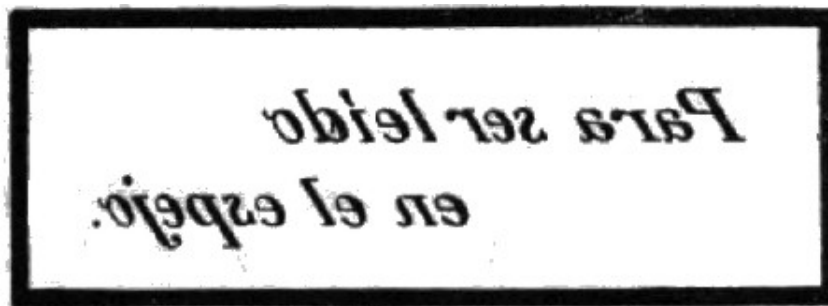


Figura 417

Igual sucede con la frase de la figura 417, que tomamos del Compendio de Física y Química por Kleiber - Estalella.

El espejo engañoso

426. Dibujar un sencillo cuadrado con sus diagonales (fig. 418) puede llegar a constituir un difícilísimo problema, si se sujeta a esta condición: No mirar directamente el lápiz y el papel, sino mediante un espejo.

Dando el espejo una figura simétrica del papel, guiándose el arrojado dibujante por la imagen especular, avanza cuando debiera retroceder, retrocede cuando debiera avanzar y embadurna el papel con líneas de las más desacertadas direcciones: parece como si hubiera perdido la facultad de coordinar sus movimientos.

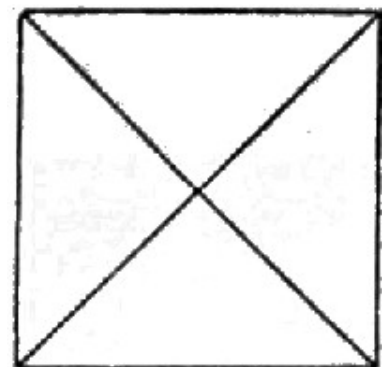


Figura 418

El fumador incapaz de liar un cigarrillo

427. Al más incorregible fumador, invítesele a liar un cigarrillo observando la marcha de la operación en el espejo. Para evitar que de un modo involuntario se fije en sus manos, sostendremos un libro o periódico horizontalmente debajo de su barba. Y he aquí que una operación tan fácil, y a la que está tan habituado que la realiza perfectamente a oscuras, no sabrá ya realizarla, porque de un modo inconsciente se deja engañar por la inversión de movimientos que le presenta el espejo.

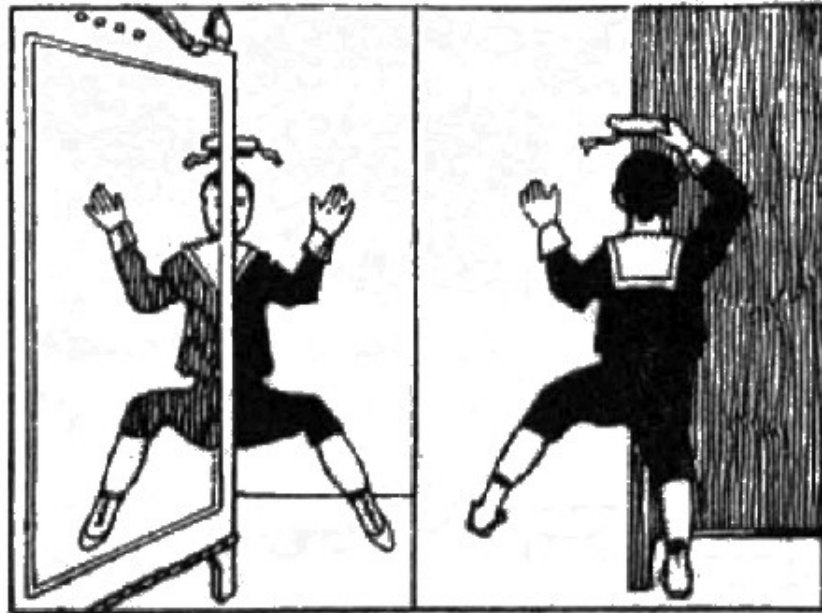
Reflexiones múltiples

428. Acercando una llama a un espejo y observando muy de lado la imagen especular, se observa, además de la imagen brillante principal, debida a la reflexión de la luz en la cara posterior, plateada o azogada, del cristal, una imagen menos brillante delante de aquélla, debida a la reflexión en la cara anterior, no metalizada, del espejo, y varias imágenes, detrás de la misma, que forman una serie de brillo decreciente debida a la reiterada reflexión de la luz alternativamente en la cara anterior y en la posterior del espejo; es decir, que cada vez que la luz reflejada en la superficie metálica encuentra la superficie anterior de separación entre el cristal y el aire, cierta porción de luz la atraviesa, pero otra porción se refleja en ella, para volver a reflejarse luego en la superficie posterior, metalizada.

429. La diferencia entre la imagen debida a la reflexión en la cara anterior del espejo (luz que no ha penetrado en el cristal) y la debida a la reflexión en la cara posterior, se aprecia muy bien observando las imágenes de una llama o de una lámpara eléctrica producidas por reflexión en un vidrio de color: la primera imagen no presenta el color del vidrio reflector, y en cambio presenta este color la segunda imagen (J. Masó).

Un muñeco animado

430. Situado un individuo al lado de un armario de luna, y arrimado de modo que sólo sea visible directamente la mitad de la cara, y la mitad del cuerpo, con un brazo y una pierna, en el espejo se verá reproducido el medio cuerpo, causando la impresión de que se está viendo el cuerpo entero.



Figuras 419 y 420

Si entonces el individuo, apoyándose en la pierna oculta, levanta la que tiene visible (fig. 420), se verá levantar también su imagen en el espejo, y parecerá que por arte mágico el individuo se mantiene en equilibrio sin apoyar sus pies en el suelo. Además puede mover también el brazo visible (y parecerá que mueve los dos a un tiempo), mientras con el que está oculto levanta su sombrero, el cual parecerá elevarse solo. Los espectadores ven un polichinela, que habla y canta mientras está ejecutando una estrafalaria danza, como si de él tiraran con invisibles cordeles (fig. 419).

Espejos esféricos

431. Si son cóncavos, como una cazuela vista por dentro, dan de los objetos próximos una imagen aparente de mayor tamaño que el objeto, y el aumento será tanto mayor cuanto más lejano esté el objeto del espejo. Pero no debe excederse cierta distancia, pasada la cual el espejo deja de dar imagen aparente, para comenzar a formar, lejos de él, una imagen real que puede recibirse sobre un papel o pantalla, como las que dan las lentes convergentes.

Los experimentos resultan muy vistosos si se dispone de un espejo cóncavo de cristal, aparato bastante corriente en los tocadores. Puesto el espejo al sol, y

enturbiando el aire con humo o polvo, observaremos la concentración de los rayos de luz en un foco, en el cual se pueden inflamar los objetos combustibles (figura 421).

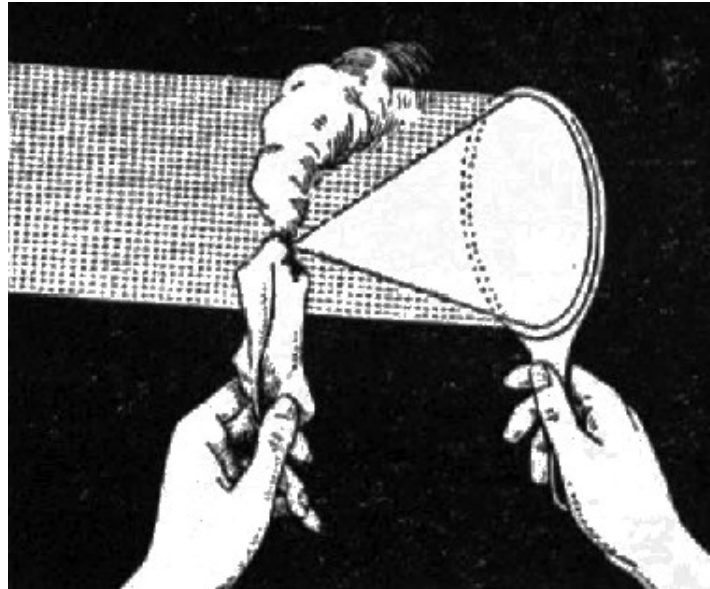


Figura 421

432. El foco señala precisamente el límite de aquella distancia que no se debe exceder para obtener imágenes aparentes y aumentadas: para verse en el espejo cóncavo debe situarse el rostro más cerca de él que aquel punto en que se concentraban los rayos solares.

En una habitación oscura se puede ver fácilmente la formación de imágenes reales. Situando una bujía encendida a una distancia del espejo mayor que la del foco y menor que el doble de la del foco, podremos obtener sobre una hoja de papel situada más allá del doble de la distancia focal, una imagen grande e invertida de la llama de la bujía; para que esta imagen esté bien enfocada, correremos más o menos la hoja de papel sobre la cual se forma (fig. 422).

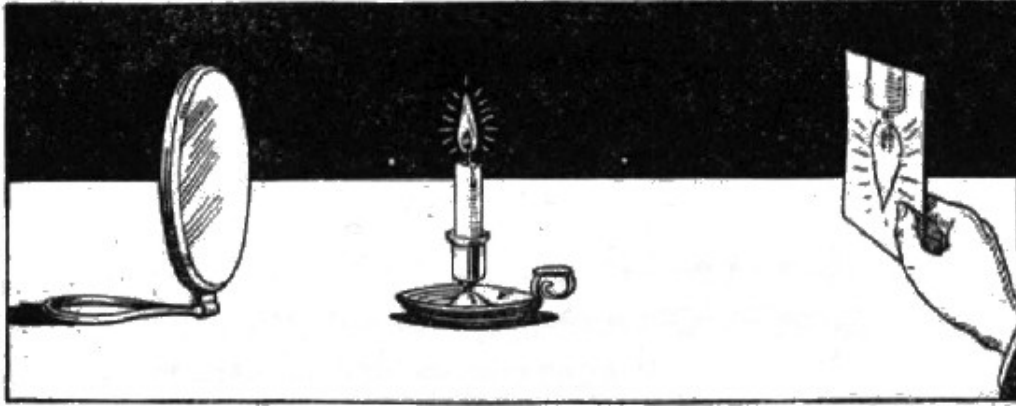


Figura 422

En cambio, si colocamos la llama a una distancia del espejo mayor que el doble de la distancia focal, tendremos que buscar con la hoja de papel la imagen real a una distancia comprendida entre la focal y el doble de ésta, y la hallaremos invertida también, pero empequeñecida (fig. 423).

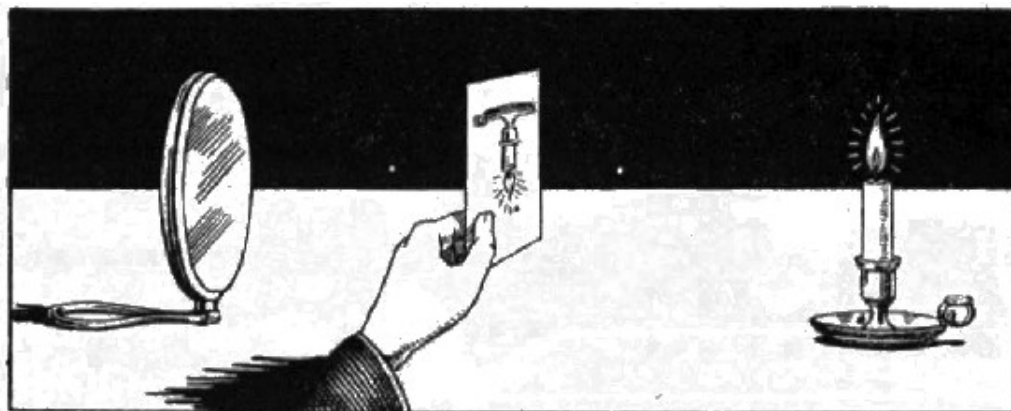


Figura 423

Por fin, situando la bujía a una distancia del espejo exactamente igual al doble de la distancia focal, la imagen real la deberemos buscar a la misma distancia, y la hallaremos también invertida, pero ni aumentada ni disminuida (fig. 424).

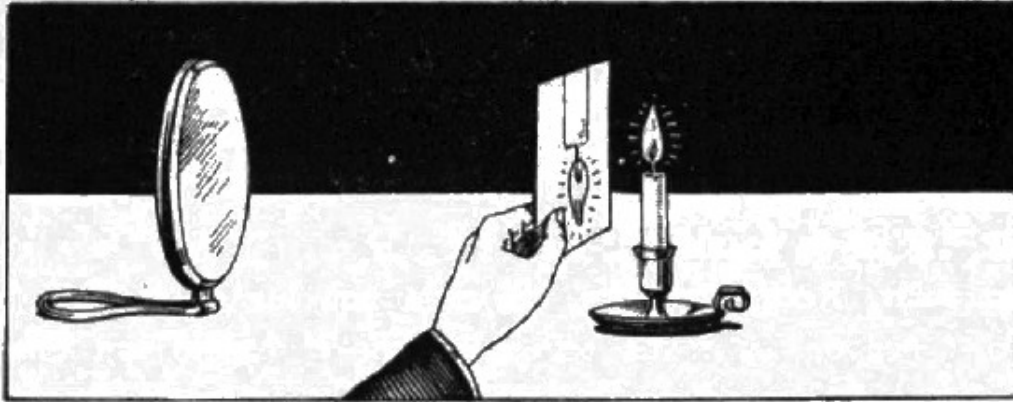


Figura 424

433. La formación de una imagen real pequeña e invertida cuando el objeto está muy lejos del espejo (más del doble de la distancia focal), sirve de base a un curioso experimento.

Colocándose uno mismo a dicha distancia, frente al espejo, y mirando hacia él, al cabo de algunos tanteos conseguirá ver su propia imagen, en el espacio, delante del espejo, cabeza abajo, como un muñequito de porcelana, y acercándose convenientemente y adelantando el brazo podrá llegar a acariciarla... sin que el tacto perciba impresión alguna, por ser aquella figurita enteramente incorpórea, toda de luz (fig. 425).

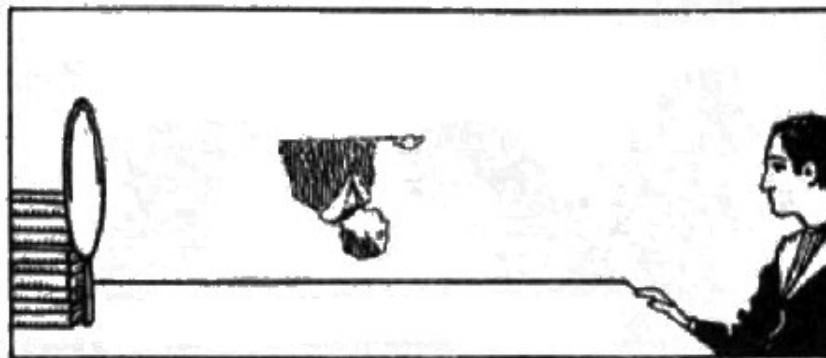


Figura 425

434. Con tres libros y un cartón fórmese una capillita, que encierre un ramo de flores suspendido cabeza abajo del cartón que sirve de techo. Encima de éste colóquese una copa o jarro y sitúese el conjunto a una distancia del espejo cóncavo igual al doble de la distancia focal. Ya sabemos que entonces la imagen real del

objeto se forma a igual distancia del espejo y con ligeros tanteos podremos, en efecto, conseguir que la imagen del ramo de flores (imagen invertida, que por lo tanto representará el ramo cabeza arriba) se forme en la boca de la copa o jarro. Entonces mirando de lado no se verá más que la vasija vacía sobre el pedestal formado por los libros; pero mirando de frente hacia el espejo, se verá, ocupando su sitio en el vaso, un ramo de flores inmatriciales, flores de luz (figura 426).

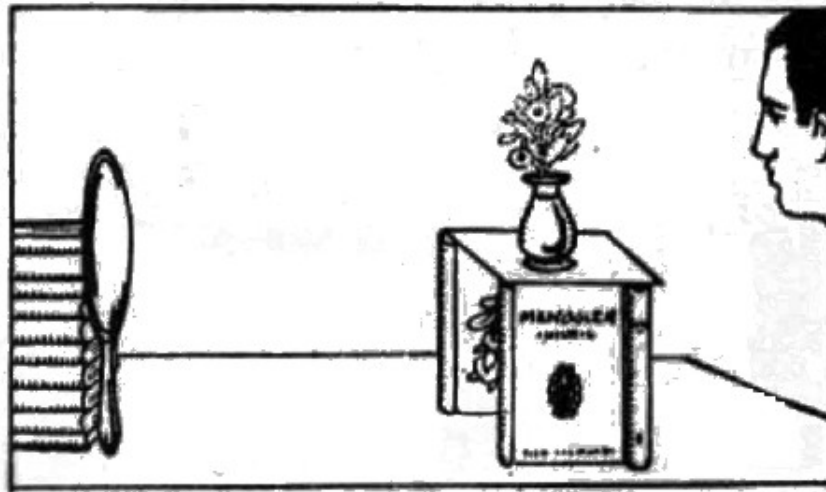


Figura 426

435. Los espejos cóncavos concentran en su foco, como vimos en el número 431, los rayos paralelos de luz solar. Recíprocamente, colocada una luz en el foco de un espejo cóncavo, los rayos reflejados por el espejo son enviados todos en la misma dirección: de aquí el empleo de los espejos cóncavos como reflectores en las linternas, en los faroles, en los faros, etc.

Los médicos, para examinar las fauces de los enfermos, se valen de pequeños reflectores, y a falta de aparatos especiales, utilizan una cuchara de plata. Asidas con una mano la cuchara y una bujía encendida, de manera que la llama de ésta venga a estar situada hacia el centro de la cara cóncava de la cuchara, sale de ésta un haz de luz que se proyecta fácilmente en la laringe del enfermo. Pero hoy día, las lamparillas eléctricas de bolsillo solucionan la cuestión de una manera más sencilla, más cómoda y más eficaz.

436. La superficie interna de una copa o taza, la de un aro metálico o la de un anillo, son espejos cóncavos cilíndricos.



Figuras 427 y 428

De ellos se puede obtener muy fácilmente la formación de líneas focales, cuando se exponen a los rayos solares o a los procedentes de una lámpara. Así, una copa de leche, puesta al sol, presentará dibujada en la superficie del líquido una línea luminosa, en forma de 3, formada por la concentración de los rayos de luz reflejados en la superficie interna del cristal de la copa. Iguales líneas focales (llamadas cáusticas), se forman sobre el café de una taza, sobre la mesa dentro de un aro o anillo, etc. (figura 428).

Espejos convexos

437. Una esfera de metal bruñido, algunas vasijas metálicas, como cafeteras de forma algo esférica, las bolas de cristal, plateadas por dentro, que se usan como adorno en jardines y salones, son espejos convexos que reproducen la imagen aparente de los objetos exteriores.

Estas imágenes son pequeñas, y tanto más reducidas cuanto más lejos del espejo se halle el correspondiente objeto. De aquí que si uno se aproxima a ellos, puede ver algo así como la propia caricatura, ya que habiendo disminuido mucho de tamaño las orejas y la parte lateral de la cabeza, han disminuido poco los ojos y la boca y menos la nariz, de donde resultan estafalarias desproporciones. Si a ellas se junta la imagen de una mano que hayamos aproximado mucho al espejo, parecerá que, para colmo de males, a nuestra extraña caricatura la han provisto de una mano de gigante. Tal ocurre con la escena fotografiada en la figura 429, en la cual el retratista está dando la clásica voz de «no moverse»; una bola plateada

interpuesta entre el operador y el asunto ha dado sobre el clisé la imagen reproducida en el grabado.



Figura 429

Aproximando al espejo esférico convexo ora la barba, ora la nariz, ora la frente, etc., variará la caricatura, exagerándose en una el tamaño de las mandíbulas, en otra el de la nariz, en otra el de la frente, etc. (figs. 430 a 433).



Figuras 430, 431, 432 y 433

438. Más exageradas son todavía las desproporciones de la imagen producida en espejos convexos cilíndricos, como, por ejemplo, la superficie de las botellas y las cafeteras cilíndricas bien pulimentadas.

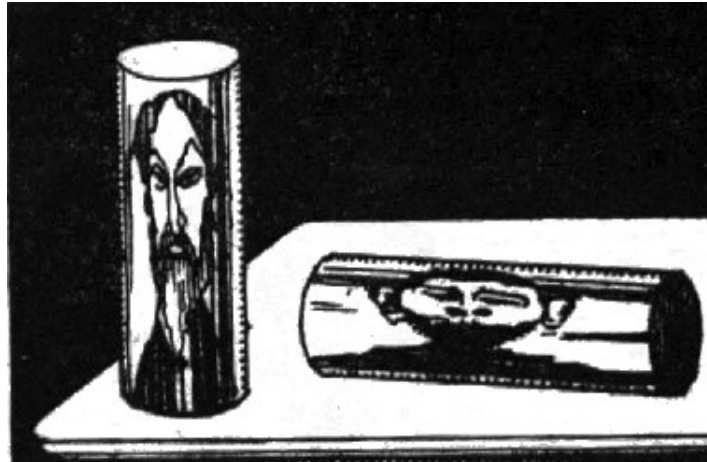


Figura 434

Si el eje del cilindro es vertical, en sentido vertical ninguna de las dimensiones del objeto resulta alterada en la imagen, pero todas las dimensiones horizontales son disminuidas, y tanto más cuanto más lejano del espejo se encuentre situado el objeto.

De aquí que la caricatura parezca extraordinariamente alargada cuando en realidad sólo ha sido desproporcionadamente estrechada.

En cambio, si el eje del cilindro es horizontal, las dimensiones verticales son las alteradas, y la imagen aparece ridículamente aplastada (fig. 434).

439. Reciben el nombre de anamorfosis unos dibujos disformes que vistos por reflexión en un espejo convexo cilíndrico, representan un objeto de proporciones normales.

He aquí una aplicación práctica a la coquetería. Las mujeres a cuya belleza perjudique el poseer un rostro demasiado alargado, se hallarán embellecidas mirándose en un espejo ligeramente cilíndrico de eje horizontal, pues les ensanchará el rostro lo suficiente para redondeárselo. Y las que tengan el rostro algo ancho se verán embellecidas en los espejos un poco cilíndricos de eje vertical.

Moneda invisible

440. Colocada una moneda en el fondo de una palangana y mirando en dirección inclinada de manera que el borde de la vasija impida ver la moneda, bastará que otra persona vierta agua en la palangana para que la que esté mirando, sin haberse movido para nada, vea perfectamente la moneda, como si ella con todo el fondo de la palangana se hubiese elevado.

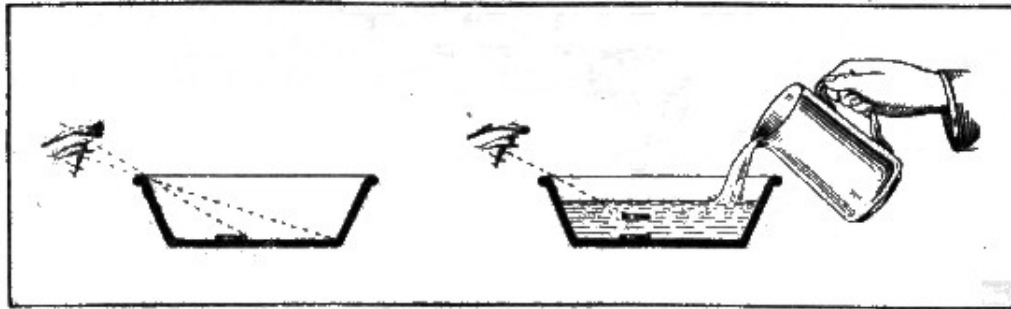


Figura 435 y 436

Este fenómeno es debido a la refracción o flexión de la luz que procedente de la moneda pasa del agua al aire. Y como el rayo de luz ya no es rectilíneo, sino quebrado, deja de lado el obstáculo que a su propagación rectilínea oponía el borde de la palangana.

Desviación de la luz mediante el agua

441. En un haz de rayos solares que penetren en una habitación e incidan sobre un papel blanco colocado sobre una mesa, interpóngase un cartón con dos largas aberturas practicadas una a continuación de otra. Se sostendrá el cartón perforado de manera que su plano sea normal al haz de luz, y que la recta que une las dos aberturas sea paralela a la mesa.

Sobre el papel blanco aparecerán dos manchas de luz alargadas, situadas una en la prolongación de la otra.

Interponiendo en el haz de luz que ha atravesado una de las aberturas un vaso de fondo plano por ambos lados, e inclinándolo de manera que este fondo sea normal a la dirección de los rayos de luz, no se advertirá variación sensible en la posición de la correspondiente mancha de luz mientras el vaso se halle vacío, pero al llenarlo de

agua u otro líquido transparente advertiremos que la mancha de luz producida por el haz interceptado por el vaso se correrá hacia el lado a que el vaso esté inclinado (fig. 437).

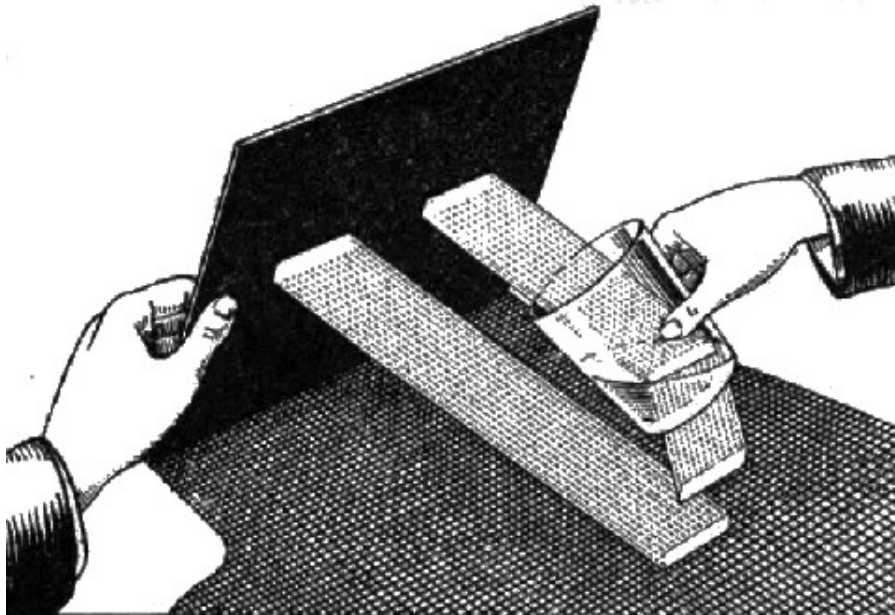


Figura 437

El líquido vertido en el vaso ha formado un prisma limitado en su parte superior por la superficie libre del líquido e inferiormente por el fondo del vaso. Este prisma ha desviado los rayos de luz.

Para observar toda la marcha de los rayos de luz, entúrbiese el aire con humo de cigarro o con polvo.

Dispersión de la luz mediante el agua

442. Al realizar el experimento anterior, advertiremos que la mancha de luz separada de su primitiva posición aparece con los bordes coloreados: la luz blanca, al atravesar el prisma, no sólo es desviada, sino además descompuesta o dispersada.

La luz blanca del sol es una mezcla de numerosísimos colores, y de todos ellos, el que más se desvía al atravesar el prisma es el color violeta y el que menos se desvía es el color rojo: por esto predomina el color violeta en el borde más separado de la primitiva mancha y el color rojo en el borde más cercano a ella.

443. Los colores debidos a la dispersión a través del prisma se observan más deslindados utilizando un haz de luz procedente de una rendija muy estrecha: tan estrecha que podamos llamar al haz, cinta de luz. La cinta de luz blanca, al atravesar el prisma, se desdobra en un abanico de cintas policromas, cada una de las cuales dibuja sobre el papel una huella de su mismo color, y el conjunto de esas huellas forma una banda irisada, donde se distinguen los siete colores clásicos: rojo, anaranjado, amarillo, verde, azul, añil, violeta y multitud de matices intermedios. Esta banda irisada recibe el nombre de espectro luminoso (fig. 438).

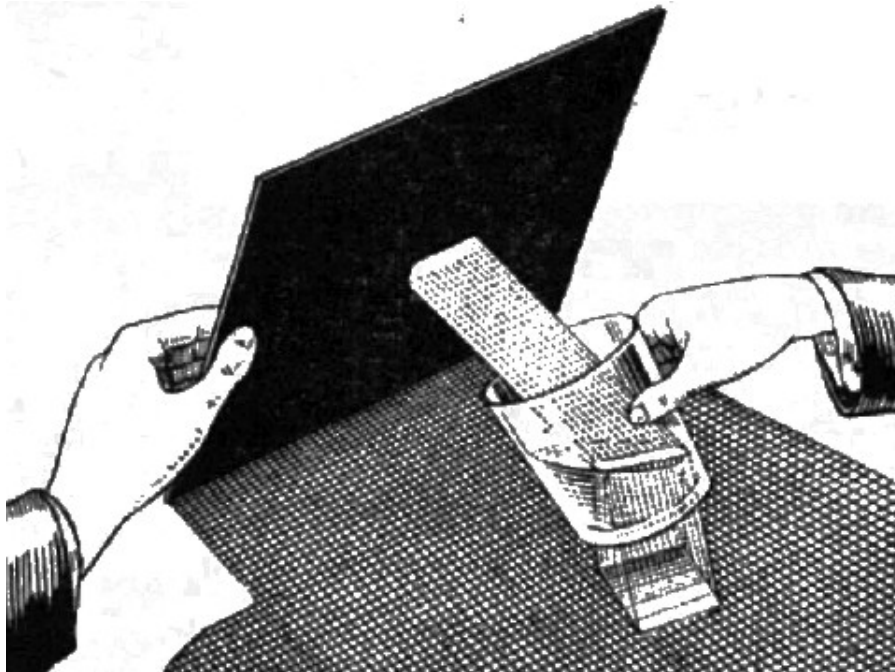


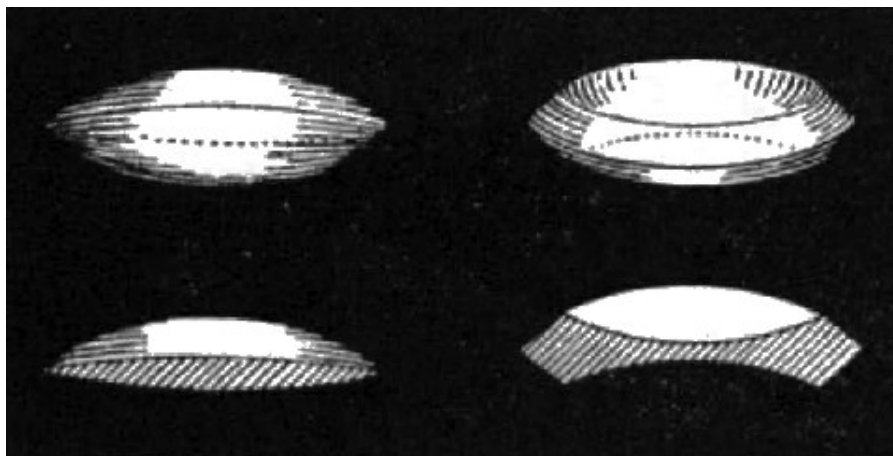
Figura 438

Las lentes

444. Una lente convergente puede adquirirse por pocos céntimos; las proporcionan excelentes los viejos aparatos de óptica, como gemelos, cámaras fotográficas, anteojos, etc.

La lente convergente es la que sirve ordinariamente como vidrio de aumento. Se puede distinguir de muchas maneras de la lente divergente, por ejemplo:

1. Mirando a través de la lente un objeto lejano; si aquélla es convergente, el objeto se verá muy difuso o no se verá, y si es divergente, el objeto se verá alejado y empequeñecido.
2. Mirando a través de la lente un objeto muy próximo, si la lente es convergente se verá aumentado, y si es divergente se verá empequeñecido. Además, sólo a una distancia determinada la lente convergente permitirá ver con limpieza el objeto, mientras que la lente divergente permitirá verlo a toda distancia.
3. Palpando la lente, se notará si es convergente en que tiene más grueso el centro que los bordes, y si es divergente en que tiene más gruesos los bordes que el centro (fig. 439: lente convergente y su sección; fig. 440: lente divergente y su sección).



Figuras 439 440

445. Interponiendo una lente convergente en un haz de rayos solares, y enturbiando el aire con humo o polvo, se observará que los rayos interceptados con la lente convergen detrás de ella en un punto, que es el llamado foco.

La concentración de la luz, y por tanto del calor, en el foco, explica las propiedades de este punto. Haciendo que el foco se forme sobre nuestra mano, la retiraremos súbitamente porque sentiremos que nos quema. Colocando en él un papel, pronto empieza a despedir humo y al fin arde (fig. 441). Es más notable ese efecto si el papel es oscuro o si el foco se ha formado sobre una región negra, como un grabado, una letra gruesa, etc.

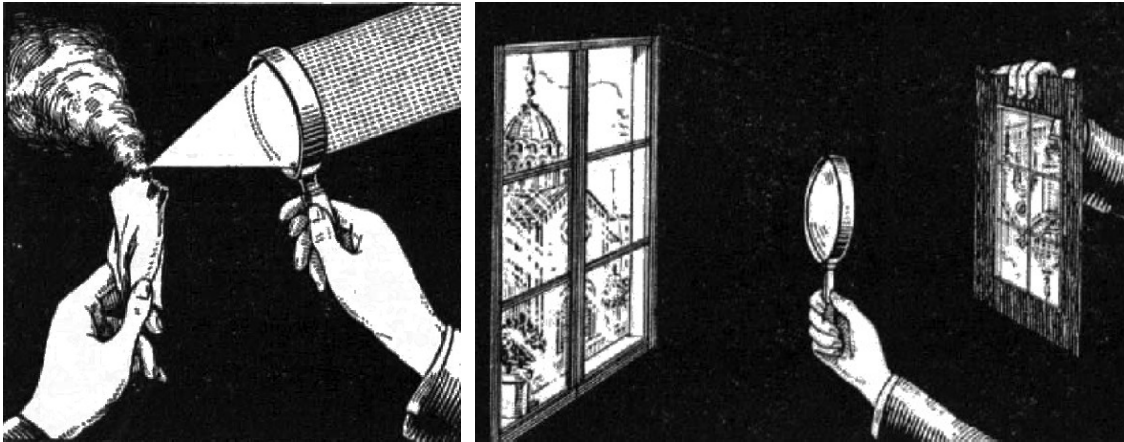


Figura 441 y 442

446. Colocando la lente convergente frente a la ventana y detrás de la lente una hoja de papel blanco, acercando o alejando el papel a la lente llegaremos a situarlos a la distancia conveniente para que se forme sobre el papel una hermosa imagen del paisaje exterior, donde se reproducirán exactamente los perfiles, colores y movimientos. Esta imagen, como la de la cámara oscura, presenta empero una extravagancia: la de que todo está invertido (fig. 442).

De noche puede realizarse el mismo experimento con una vela encendida, cuya imagen se verá invertida sobre la pantalla blanca.

Cámara oscura con lente

447. Como el experimento anterior nos ha demostrado, la lente produce sobre una pantalla una imagen real invertida de los objetos exteriores, del mismo modo que la producía el orificio de la cámara oscura. De aquí que en la cámara oscura, en vez de emplear un pequeñísimo orificio, pueda usarse uno mucho mayor, provisto de una lente convergente.

Con esto gana luminosidad la imagen, pues se reparte sobre toda ella la luz que penetra por el gran orificio obturado por la lente, mientras que en la cámara sin lente (sin objetivo), debiendo el orificio ser muy estrecho, la cantidad de luz que repartida sobre la pantalla forma la imagen es pequeñísima.

Pero la cámara con objetivo presenta un notable inconveniente: la imagen sobre la pantalla sólo se forma con limpidez cuando la distancia de la lente al objetivo y la

distancia de la imagen al objetivo están en cierta relación, y por lo tanto, objetos diversamente distantes no pueden dar al mismo tiempo imágenes bien nítidas (bien enfocadas) sobre la pantalla. Consecuencia: para poder dar buen resultado una cámara oscura con objetivo, ha de ser movediza la pantalla o la lente, a fin de poder situar una de otra a la distancia conveniente para que queden bien enfocados los objetos cuya imagen se trata de observar o de fijar.

Este es el fundamento de las cámaras fotográficas.

Lente improvisada

448. Una botella de forma esférica, como muchas de las que se usan para el agua o el vino, puede funcionar, llena de agua, como una verdadera lente convergente.

Puesta al sol, se encenderán fósforos y papeles en su foco; en una habitación oscura, permitirá proyectar sobre una pantalla o pared la imagen invertida de las llamas (fig. 443).

Pero esta improvisada lente es muy imperfecta para dar las imágenes correctas de paisajes y objetos cuyos contornos sean más precisos que los de una llama. Su imperfección puede reconocerse hasta en la formación del foco, que ya no es sensiblemente un punto, como en la lente de cristal, sino una superficie cuya forma puede observarse enturbiando el aire con humo o polvo.

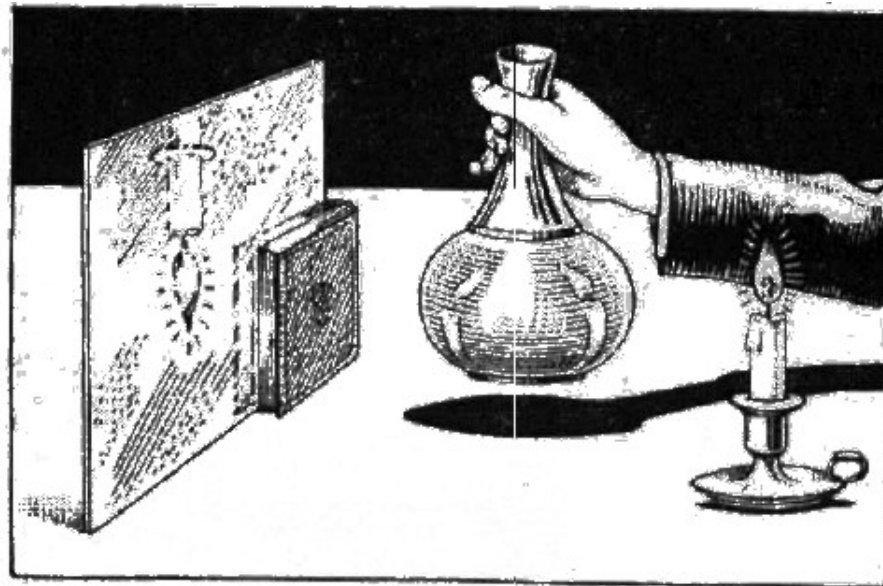


Figura 443

449. Por funcionar como lentes convergentes las botellas de agua, las bolas de cristal, etc., se explica que puestas al sol en los días cálidos de verano, cerca de objetos combustibles, como trapos, paja, etc., puedan ocasionar incendios espontáneos.

450. La concentración de la luz, por una botella de agua, en una superficie focal exterior a la botella, se utiliza muchas veces para iluminar con luz intensa objetos pequeños sobre los que se ha de realizar algún trabajo.

Aplican, por ejemplo, este sistema de alumbrado los engastadores de piedras preciosas. Además, en el agua con que llenan la botella disuelven un poco de sulfato de cobre, que la tiñe de azul, y así la luz adquiere un matiz muy agradable y no daña la vista a pesar de su intensidad.

451. Hemos visto (número 444) que la lente convergente permite ver aumentados los objetos cercanos. Cuando se usa con este fin, la lente recibe el nombre de microscopio.

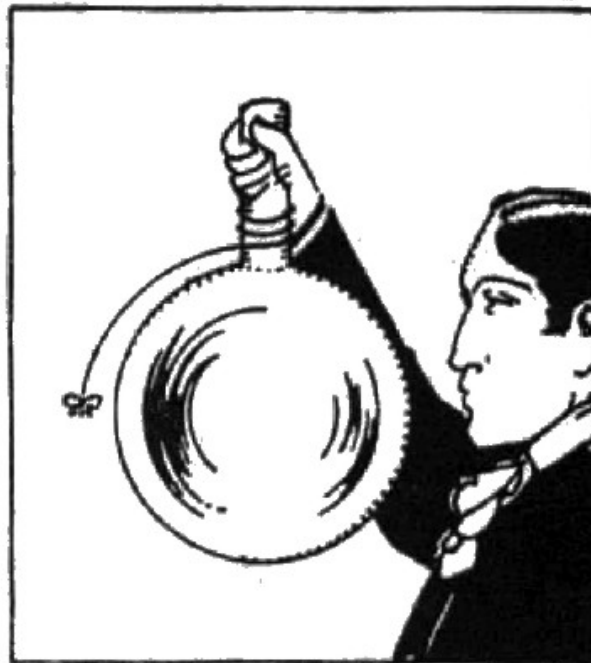


Figura 444

La botella esférica o el matraz llenos de agua pueden servir también de microscopios. El objeto se ha de colocar en las inmediaciones del foco y se mira a través de la botella. La figura .444 representa un modo de proceder para sujetar el objeto que se examina, de manera que se le pueda pasar, junto con el rudimentario microscopio, de unos observadores a otros.

Otras maneras de proveerse de lentes

452. Uniendo por sus bordes dos vidrios de reloj enfrentados por su cara cóncava, pegándolos con cera y llenando con agua la cavidad comprendida entre ellos, tendremos una lente de agua, cuya forma será la de las usuales lentes de cristal, y que podrá prestar los mismos servicios.

453. En una tarjeta se abre un orificio de unos tres milímetros de diámetro; los bordes de este orificio se embadurnan con cera o se untan con aceite y entre ellos se suelta una gota de agua que quedando adherida, sin mojar la cartulina, tomará una forma lenticular y podrá desempeñar el papel de lente, es decir, servirá como microscopio, dará sobre una pantalla la imagen invertida de los objetos, etc. Por ser demasiado pequeña, en su foco no se inflamará el papel.

Problema resuelto por el sol

454. Claro está que el problema deberá proponerse en un día de sol...

De un tapón suspéndase mediante una aguja retorcida en forma de gancho un hilo de coser lastrado con un pequeño objeto cualquiera. Introdúzcanse objeto e hilo en una botella, afírmese en el cuello de la misma el tapón, lácrese e invítese a los circunstantes a cortar el hilo sin destapar la botella ni sacudirla.

Cuando todos se hayan dado por vencidos, pondremos la botella al sol y con una lente convergente concentraremos sus rayos sobre el hilo (fig. 445).

La botella debe ser de vidrio incoloro. El hilo, es mejor que sea negro.

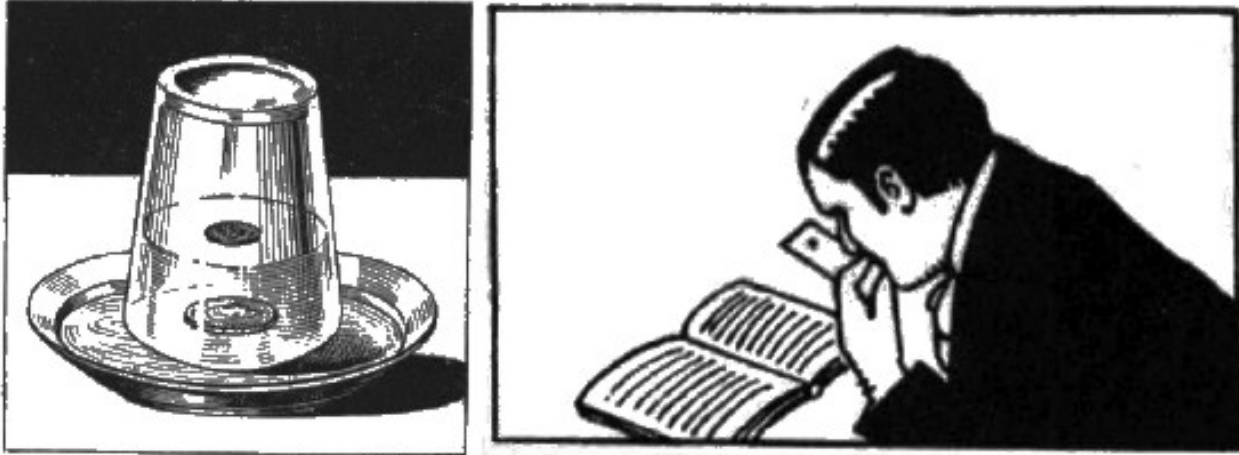


Figura 445

Multiplicación de un capital

455. Es un curioso experimento, fundado en la refracción de la luz. Sirve para efectuarlo un vaso común, de grueso fondo cóncavo.

En un plato de agua se coloca una moneda de dos pesetas. Dentro del tosco vaso de vidrio, puesto boca abajo, se deja arder una cerilla, para que caliente y dilate el aire que el vaso contiene, y entonces con el vaso se cubre la moneda: el aire pronto se enfriará y contraerá, el agua del plato ascenderá más en el vaso... y a través de la pared de éste bañada interiormente por el agua, veremos la moneda del tamaño de un duro; a través de la pared del vaso no bañada interiormente por el agua veremos al mismo tiempo la moneda de tamaño igual aproximadamente al verdadero, y si miramos desde arriba, a través del fondo del vaso, que viene a ser una lente divergente, veremos la moneda empequeñecida, aparentemente transformada en moneda de dos reales. Total, 7,50 pesetas vistas mediante una sola moneda de dos pesetas (figura 446).



Figuras 446 y 447

Seudo lente

456. Un simple orificio abierto en una tarjeta con un alfiler, parece funcionar como una lente convergente, pues a su través permite ver muy aumentados los objetos próximos.

Interpóngase el agujero de la tarjeta entre el ojo y el objeto que se observa, por ejemplo, una página impresa: aproximando suficientemente el papel, se verán las letras muy aumentadas (fig. 447). Sabíamos ya que en la cámara oscura, para obtener imágenes reales, un agujero prestaba el mismo servicio que un objetivo; y ahora acabamos de ver que también un agujero puede servir de microscopio como una lente convergente.

Puede explicarse así (**E.**): el agujero no actúa como lente, sino como estrechísimo diafragma. Diafragmando se suprime luz en las cámaras oscuras, pero se da mayor limpidez a la imagen. Podríamos decir que el diafragma corrige los defectos del enfocado. Ahora bien: los objetos los vemos tanto mayores cuanto más nos los acercamos a los ojos, pero la aproximación tiene su límite, pasado el cual no se ven los objetos con limpidez por formarse en la retina una imagen borrosa o desenfocada. Esto se puede comprobar acercándose poco a poco el libro a los ojos mientras se está leyendo. Pero al interponer el agujero de la tarjeta «se corrigen los defectos del enfocado y se puede aproximar más el objeto al ojo sin que su imagen se desfoque. De manera que las letras no se ven mayores porque el agujero actúe como lente, sino porque, cuando lo usamos, acercamos, y podemos acercarlos sin que su imagen resulte borrosa, los objetos al ojo más que de ordinario.

El mismo agujero abierto en la tarjeta nos permitirá realizar otro curioso experimento:

Situada la tarjeta a unos tres centímetros del ojo, miremos a través del orificio el cielo o una superficie bien iluminada; interponiendo entonces entre el ojo y la tarjeta un alfiler y moviéndolo de derecha a izquierda, lo veremos pasar por el agujero de izquierda a derecha, y moviéndolo de arriba abajo, se le verá pasar de abajo arriba.

Estrías líquidas

458. De un terrón de azúcar sostenido con la cuchara dentro del agua de un vaso y cerca de la superficie, se ven partir y bajar unas estrías, formadas por el agua azucarada que por ser más densa que el agua común, pasa a ocupar el fondo (fig. 448).

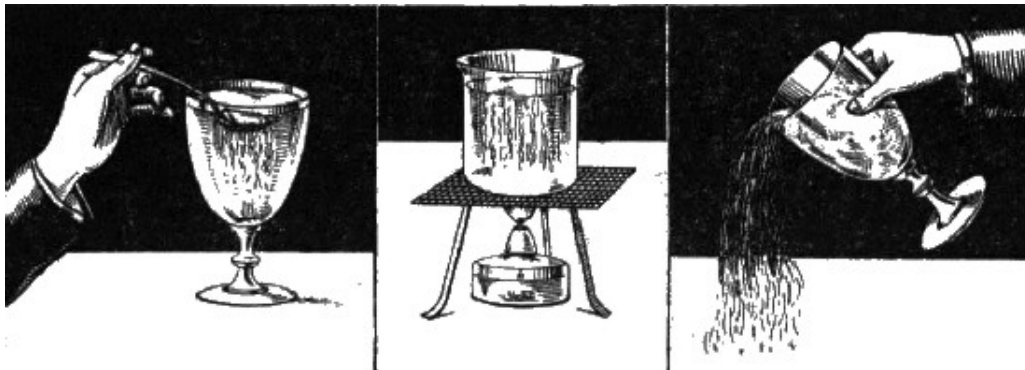


Figura 448, 449 y 450

Ahora bien: este hecho explica el descenso de las estrías, pero ¿por qué se ven?

Si un vaso contiene agua azucarada o sin azucarar, nadie lo conoce a simple vista: hay que gustarla. El agua azucarada es incolora, como el agua común.

La explicación que buscamos está en el distinto poder de refracción que para la luz poseen los dos líquidos: el agua azucarada es más refringente que la común, como el diamante es más refringente que el vidrio.

Y por las modificaciones que hace experimentar a la luz que lo atraviesa, vemos el filete de agua azucarada entre la masa de agua sin azucarar de igual manera que veríamos un diamante incrustado en una masa de vidrio.

459. Las mismas estrías aparecen en el seno del agua cuando se calienta: el origen entonces es el agua caliente, dilatada, que asciende y posee menor poder de refracción que el agua más fría (fig. 449).

También se producen semejantes estrías mientras se mezclan dos líquidos de distinta naturaleza, como, por ejemplo, agua y alcohol: la explicación es siempre la misma.

Estrías gaseosas

460. Dos gases al mezclarse dan también visibles estrías, que se observan fácilmente mirando un objeto lejano a través de los dos gases que se mezclan. El fenómeno es especialmente notable en los manantiales, naturales o artificiales, de gas carbónico, como en las fuentes del valle de San Daniel, cerca de Gerona, y en la boca de los toneles que contienen mosto de uva en fermentación (fig. 451).

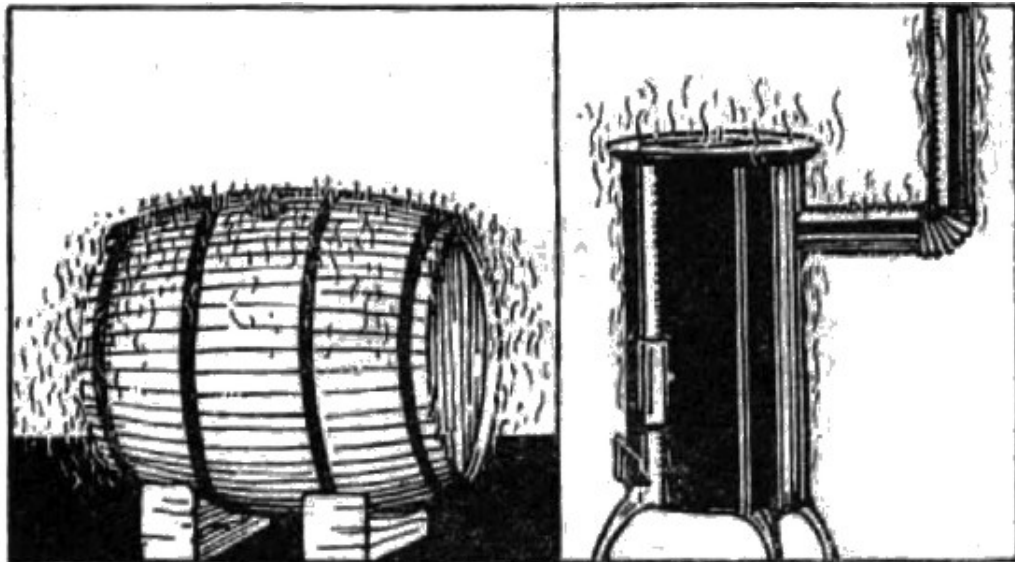


Figura 451 y 452

La causa está en el desigual poder refringente de los dos gases (aire y gas carbónico).

Advertencia. — Las estrías líquidas mencionadas en los párrafos anteriores lo mismo que las señaladas en este párrafo y los siguientes, se observarán mejor en la sombra que proyectan sobre una pared blanca, a la luz del sol, las vasijas en que se producen.

461. Lo mismo puede observarse en menor escala vertiendo en una copa unas gotas de éter sulfúrico, que se evaporarán con rapidez, dejando la copa llena de vapores de éter, más densos y más refringentes que el aire. Vertiendo la copa y mirando a través del chorro gaseoso un objeto lejano, se ven deformarse las líneas de este objeto y se perciben las estrías de vapor de éter que están cayendo al suelo (figura 450).

Insistimos en la necesidad de efectuar lejos de toda llama y de toda lumbre los experimentos en que se maneje éter.

462. El humo incoloro que se desprende de un brasero, el aire inmediato a una plancha metálica caliente, el aire que rodea los tubos de palastro de las estufas (fig. 452), el vapor límpido que se desprende del agua a una temperatura próxima a la de su ebullición, todos estos gases, aire y vapores calientes, al mezclarse con el aire atmosférico más frío que ellos, producen también estrías visibles por el desigual poder refringente de los dos fluidos que se mezclan.

463. El mismo origen tiene el movimiento ondulante que en los días cálidos de verano presentan las paredes y tejados de los edificios lejanos, especialmente cuando se miran con antejo.

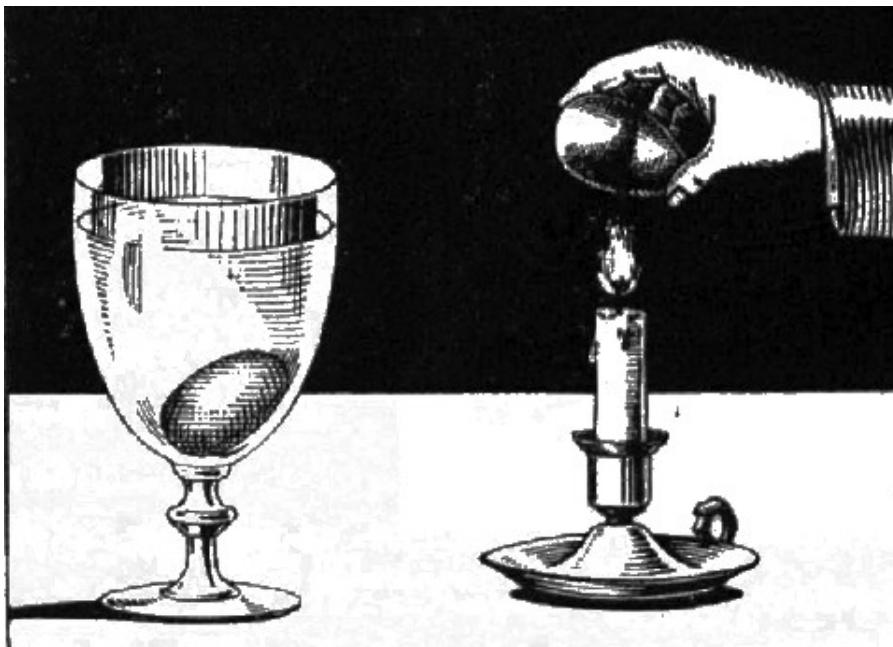


Figura 453

Este fenómeno adquiere su máxima esplendidez en la caldeada arena del desierto, llegando a producir al viajero la ilusión de la inquieta superficie de un estanque de agua agitada por el viento, en la que se refleja la imagen de los montes y árboles lejanos (espejismo: fig. 453). Notabilísimo efecto de espejismo vertical es el que puede observarse casi todos los días en Madrid en la cerca del Jardín Botánico expuesta a mediodía (García de la Cruz).

Plateado al humo

464. Ahumando o carbonizando superficialmente un tapón de corcho e introduciéndolo en el agua de un vaso, se le verá perfectamente plateado. La superficie ahumada no es mojada por el agua, y así el agua alrededor del corcho forma una lisa superficie libre sobre la cual se refleja la luz (reflexión total) como en una superficie plateada. Pero al separar el tapón del agua comprobamos que el plateado era ilusorio.



Figuras 454 y 455

El mismo experimento se puede realizar con un huevo de gallina o con cualquier otro objeto, que se haya ahumado (fig. 454). Para ahumarlos lo mejor es utilizar

una lámpara de petróleo desprovista de tubo; pero también se puede usar la llama de una bujía (figura 455).

Arco iris artificial

465. Para este experimento conviene situarse en una habitación en que dé el sol, cerrar enteramente los postigos de balcones y ventanas, y abrir en uno de ellos (en el que mejor dé el sol) un orificio circular de uno o dos centímetros de diámetro. Claro está que no - siempre será factible ni permitido estropear así un postigo... Pero para evitarlo podrá el operador ingeniarlo substituyendo el postigo por algunas hojas de cartón, una de las cuales se podrá agujerear sin inconveniente.

A la distancia de uno o dos metros del orificio circular, recibiremos el haz de rayos solares que lo atraviesa en un matraz lleno de agua, y la luz, refractándose y reflejándose, dibujará alrededor del agujero que le da paso un hermoso arco iris doble, quizá menos brillante que el natural, pero con los mismos colores igualmente ordenados (figura 456).

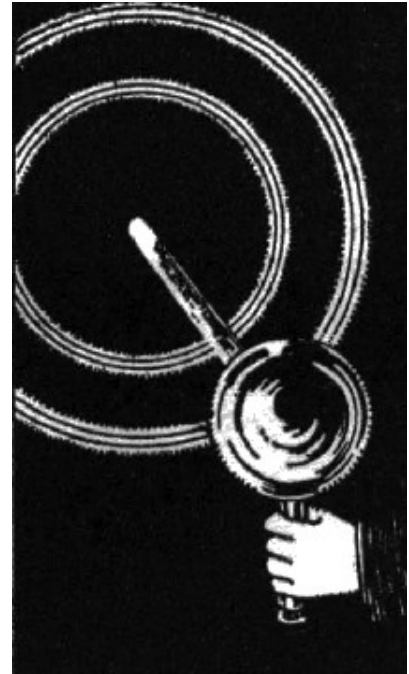


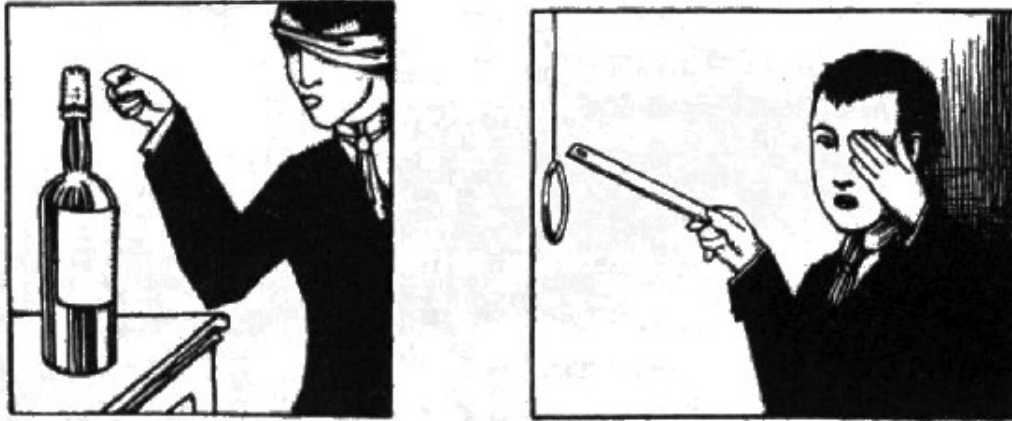
Figura 456

La visión de la distancia

466. El exacto valor de la distancia a que se halla de nosotros un objeto nos lo da la visión simultánea con los dos ojos.

Así, un individuo con un ojo tapado, difícilmente acertará con movimiento rápido a derribar de un papirotazo un tapón de corcho apoyado en la boca de una botella, situada a una distancia de medio metro (fig. 457).

467. Por la misma razón, al individuo con un ojo cerrado o tapado, le costará mucho hacer penetrar una regla en una anilla suspendida de un hilo en medio de la habitación (fig. 458).



Figuras 457 y 458

Las monedas igualadas

468. En la pared pegaremos con cera una moneda de ro céntimos, y a su lado, mediante un largo clavo, sostendremos también con cera a algunos centímetros de la pared una moneda de 5 céntimos (fig. 459). Miradas ambas a conveniente distancia a través de un agujero de un milímetro de diámetro practicado en un cartón, parecerán iguales.

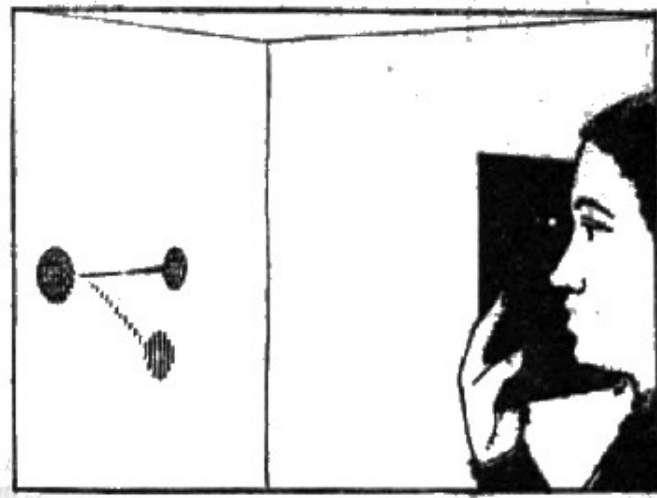


Figura 459

La explicación es muy sencilla. Un solo ojo no nos da noción de la desigualdad de las distancias que median entre las dos monedas y nosotros, y como las vemos del mismo diámetro aparente, por estar en realidad la menor más cerca, les atribuimos el mismo diámetro real.

El relieve

469. Vemos el relieve de los objetos porque los dos ojos nos dan dos vistas diferentes, que sólo el relieve puede hacer compatibles. Para darse cuenta de la diferencia entre las vistas de los dos ojos basta mirar los objetos colocados sobre la mesa, primero con un ojo, y después, sin moverse lo más mínimo, con el otro ojo: las posiciones o distancias relativas de algunos de aquellos objetos, advertiremos fácilmente que han sido alteradas en mayor o menor grado al cambiar de ojo, que es lo mismo que cambiar de punto de vista.

Esto no quiere decir que con un solo ojo no pueda percibirse el relieve, pero mucho más difícilmente que con los dos. Influye en ello la educación de la vista, y así uno a quien acaben de vendar un ojo se encuentra en peores condiciones que el que hace tiempo lo lleva vendado.

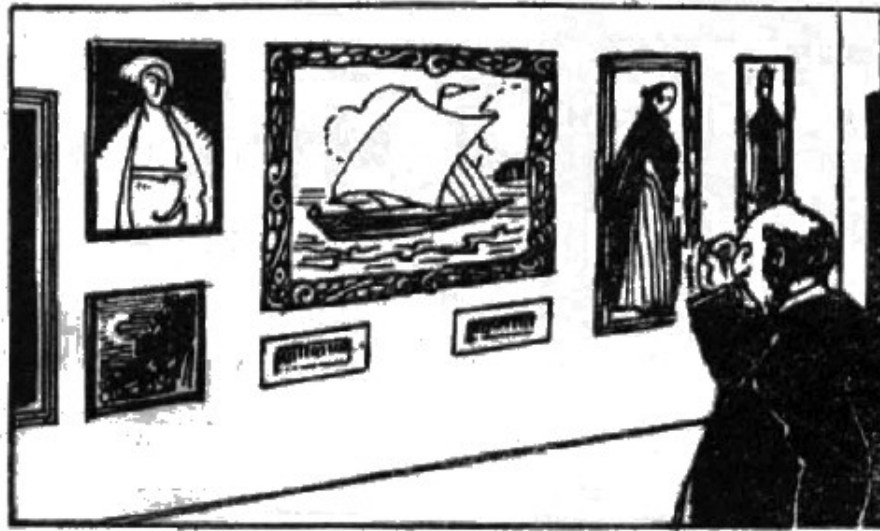


Figura 460

Si para apreciar el relieve fuese indispensable la visión binocular dándonos cuenta de la desigualdad de los dos aspectos percibidos, los cuadros de los mejores pintores realistas perderían su realismo.

Precisamente, la visión binocular estorba a la apreciación del relieve al contemplar un cuadro: la igualdad de los aspectos recogidos por nuestros dos ojos no es conciliable con el relieve que el pintor ha querido representar, y los objetos salen con dificultad del plano de la tela. Pero si miramos el cuadro con un solo ojo y para

contribuir a la ilusión le aplicamos el puño a medio cerrar, a guisa de antejo, los objetos que el pintor representó retrocederán o avanzarán, ordenándose en diversos términos y adquiriendo el conjunto toda la plasticidad que haya sabido interpretar el artista (figura 460).

471. Lo mismo sucede en el cinematógrafo: contribuye en él a dar la sensación de relieve el movimiento de las figuras que se nos presentan sucesivamente en diversos aspectos, sólo conciliables admitiendo la realidad de su relieve. Pero contradice esta conclusión la visión binocular con la igualdad de los dos aspectos que percibe simultáneamente. Gana muchísimo el relieve en las proyecciones cinematográficas mirándolas con un solo ojo; como se ha dicho de los cuadros en el párrafo precedente (**E.**).

Movimientos aparentes

472. Yendo en carruaje o en tren vemos los objetos del borde del camino o vía pasar en dirección contraria, marchando hacia la cola del tren los postes, los árboles, las casas.

Estamos tan familiarizados con esta apariencia, que preguntamos sin reparo a nuestros compañeros de viaje «qué estación viene».

Pero si nos fijamos en los diversos objetos más o menos apartados de nuestro camino, advertiremos que unos van en dirección contraria a la nuestra y otros siguen su movimiento aparente en la misma dirección.

El punto que separa el primer grupo del segundo está marcado por el objeto que miramos fijamente. Por ejemplo, si no separamos nuestra vista de un árbol, todos los objetos más próximos a nosotros que este árbol marcharán en dirección contraria a la nuestra, y todos los objetos más lejanos marcharán en la misma dirección; aun más, el movimiento aparente de los objetos será tanto más veloz cuanto más alejados estén del árbol fijo, de manera que en apariencia todo el paisaje gira alrededor del árbol. Dirigiendo la vista a otro punto, por éste pasará el nuevo eje del giro aparente del paisaje.

El punto ciego

473. Recibe este nombre el punto por el cual el nervio óptico penetra en el ojo y se expansiona en la retina.

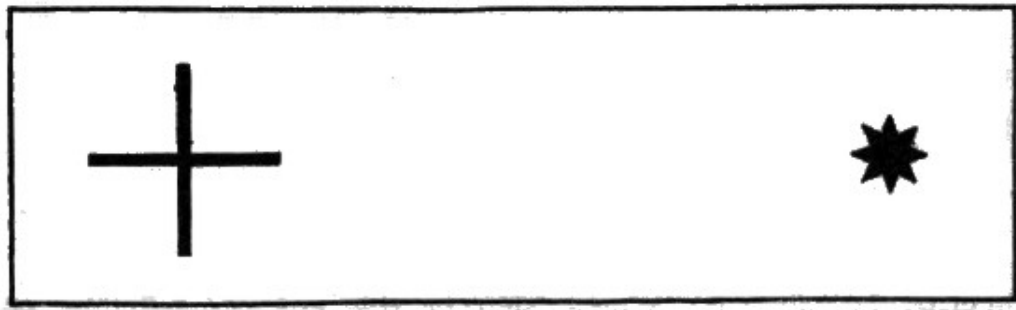


Figura 461

Este punto no es sensible a la luz, y para darse cuenta de su existencia se puede realizar el sencillo y sorprendente experimento de Mariotte:

Mirando fijamente con el ojo derecho (manteniendo cerrado el izquierdo) la cruz de la figura 461 se percibirá simultáneamente la estrella dibujada en la misma figura.

Sin dejar de mirar fijamente la cruz, varíese la distancia del ojo al papel, y a una distancia determinada se dejará de percibir la estrella. A distancia mayor o menor la estrella vuelve a percibirse.

La causa del fenómeno estriba en que a la distancia a que la estrella deja de verse, su imagen se forma en la región de la retina llamada punto ciego, que está situada

hacia la nariz. El mismo experimento puede realizarse con el ojo izquierdo, trocando en el dibujo las posiciones de la cruz y de la estrella.

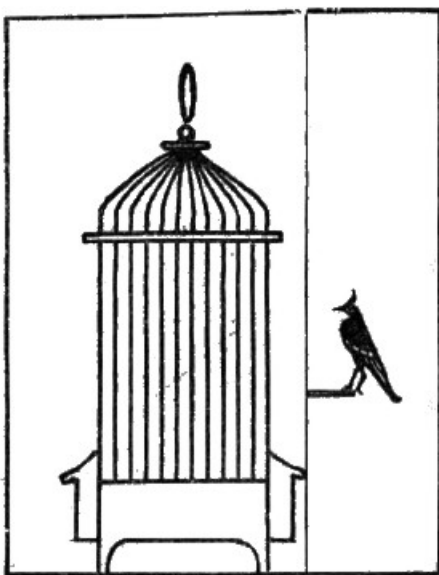


Figura 462

El pájaro en la jaula

474. Dibujada sobre un papel una jaula y a la derecha un pájaro, es muy fácil conseguir que éste entre espontáneamente en la jaula.

Basta colocar una tarjeta de visita normal al dibujo, a lo largo de la línea fina vertical (fig. 462), y acercarse hasta tocar con la punta de la nariz el canto de la tarjeta de modo que con el ojo

izquierdo se vea la jaula y con el derecho el pajarito. A los pocos momentos se ve el pájaro penetrar en la jaula y permanecer en ella... hasta que la ilusión desaparece.

El agujero en la mano

475. Obsérvese con el ojo izquierdo un objeto algo distante, a través de un rollo de papel sostenido por la mano izquierda; al mismo tiempo, póngase frente al ojo derecho, a una distancia de unos 20 centímetros, la palma de la mano derecha (fig. 463). Se percibirá en seguida la mano derecha taladrada.

Vista doble

476. Coloquemos un lápiz sobre la mesa, e interpongamos entre ella y nuestra vista, a mitad de distancia aproximadamente, una hoja de papel o cartulina en que hayamos practicado una larga y estrecha abertura.

Disponiendo la abertura paralelamente al lápiz, y moviendo la hoja transversalmente, anotemos las veces que la abertura nos deja ver el lápiz: observaremos que son dos las veces, es decir, son dos las posiciones de la tarjeta correspondientes a la visualidad del lápiz a su través (fig. 464).



Figuras 463, 464 y 465

Para reconocer la causa de esta doble visión, mantengamos la hoja en una de las posiciones en que permite ver el lápiz, y cerremos alternativamente el ojo derecho y el ojo izquierdo; notaremos, por ejemplo, que el lápiz sólo es visible para el ojo izquierdo; en cambio, en la segunda posición de la abertura, el lápiz sólo será visible para el ojo derecho.

Ver y mirar

477. ¿Se mira indistintamente con los dos ojos o se emplea con predilección uno de ellos?

Sin previo examen, casi todo el mundo afirmaría lo primero, pues a ello parece invitar la igualdad de constitución y de situación de los dos órganos de la vista.

Mas también ambas manos se equivalen en constitución y en situación, y sin embargo, nadie las emplea indistintamente; los más emplean con preferencia la derecha, los menos tienen más educada la izquierda (los zurdos), y hasta existen individuos que emplean siempre la mano derecha para algunas operaciones y la izquierda para otras (zurdos parciales).

Claro está que la diferencia entre ambas manos se puede explicar porque rarísimas veces las empleamos simultáneamente, y aun empleándolas así, no desempeñan el mismo papel. Por ejemplo, cuando escribo, es la mano derecha la que desempeña esa función, y si en algo, mientras tanto, me sirvo de la izquierda, será para sujetar el papel, para substituir las cuartillas, etc.

No parece suceder nada semejante en el uso de los ojos. Pero prescindamos de esta apariencia engañosa, y no pretendamos resolver a priori la cuestión propuesta: ¿miramos indistintamente con los dos ojos, o empleamos uno de ellos con predilección?

Puesto que podemos averiguar «cómo es», dejemos de lado «cómo debe ser», y vamos a resolver la cuestión por vía experimental.

Preparados dos tubos de cartón o de papel, de unos 25 centímetros de longitud por 4 de diámetro, miremos a su través de modo que el ojo izquierdo y el derecho vean dos páginas distintas de un libro (fig. 465). Leamos.

Claro está que no será para nadie posible leer ambas páginas a la vez. Pero entonces será fácil observar a los más, que leen con más facilidad lo que ve el ojo derecho; a los menos, que leen con más facilidad lo que ve el ojo izquierdo: éstos vendrían a ser los zurdos de la vista.

479. Aun estando los párpados abiertos, miramos de ordinario con un solo ojo, generalmente el derecho, y el otro sólo sirve de auxiliar para la apreciación de la distancia y del relieve.

Al mirar con un anteojo o un microscopio, se aconseja al observador que no cierre el ojo que no utiliza, pues basta con no hacer caso de lo que ve este ojo, es decir, basta no mirar con él, ya que así es más cómodo el empleo de dichos aparatos; y en efecto, el principiante pronto se acostumbra a mirar con un solo ojo, el aplicado al ocular del microscopio o del anteojo, aun teniendo levantados los párpados del otro ojo. Sucede aquí lo mismo que en el experimento del párrafo anterior.

Figuras de revolución

480. La persistencia de las imágenes en la retina explica multitud de fenómenos: por ejemplo, el de que las chispas que saltan del fuego parezcan hilos luminosos más o menos retorcidos según el trayecto recorrido por el punto brillante.

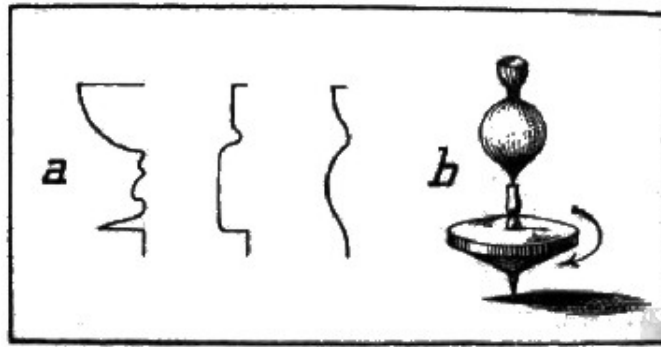


Figura 466

481. De igual manera que los puntos en movimiento parecen dibujar líneas, las líneas en movimiento parecen dibujar superficies. Así, preparando unos alambres de forma que corresponda a un contorno lateral de un objeto, por ejemplo una copa o botella (fig. 466, a), e introduciendo un extremo, que se habrá procurado que quede saliente, en un orificio practicado en la cabeza de un trompo o peonza, la rotación producirá a la vista la impresión de una superficie de revolución, cuya generatriz será la línea formada por el alambre (figura 466, b).

La transparencia del cañamazo

482. Extendido un tupido cañamazo sobre un manuscrito resulta imposible la lectura; mas con sólo mover con relativa rapidez el cañamazo ora hacia la derecha, ora hacia la izquierda, la lectura se realiza con facilidad.

La causa está en la persistencia de las imágenes en la retina.

La transparencia de la persiana

483. Situados a un metro de distancia de la persiana de una ventana o balcón, apenas distinguimos, por la serie de rendijas, la forma de los objetos exteriores. Mas, si se está de pie, con sólo agacharse y levantarse con relativa rapidez se perciben con claridad aquellos objetos. Este experimento es muy parecido al anterior y se funda en la misma propiedad del ojo (**E.**).

Transparencia y velocidad

484. Tiene el mismo fundamento que los experimentos anteriores la transparencia que presentan los volantes en movimiento, cuyos brazos no estorban para nada la visión de los objetos que están detrás. Lo mismo sucede con las ruedas polares de los alternadores, las hélices de los aeroplanos y ventiladores, etc.

Colores combinados por rotación

485. Un disco dividido en sectores pintados con colores diferentes presenta, cuando gira con rapidez, un color uniforme, mezcla de los que, en reposo, presentaban los distintos sectores.

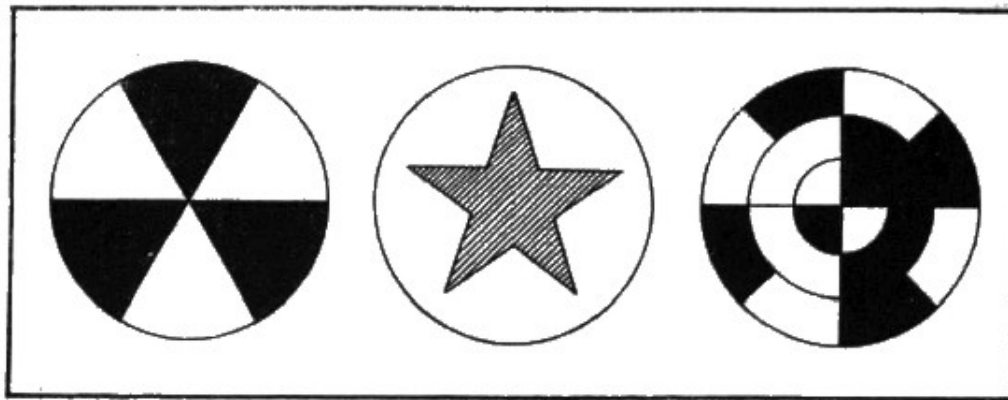
Lo mismo puede decirse de los radios de una rueda de carruaje, de las aspas de un molino de viento, etc.

La causa de la combinación de los colores está en la persistencia de las imágenes sobre nuestra retina: durante la rápida rotación del disco o rueda, no ha desaparecido todavía la impresión de un color cuando ya se proyecta sobre ella otro color.

486. Para ensayar diversas combinaciones de colores, pueden prepararse discos de cartón o de hoja de lata y pegar en ellos un papel blanco, sobre el cual se harán las divisiones convenientes y se aplicarán los diversos colores. Para poner en rotación rápida los discos pueden seguirse varios procedimientos: por ejemplo, abrir en su centro un orificio y dejarlos caer sobre un peón o un trompo en movimiento de manera que la cabeza del peón atravesase dicho orificio; pero es preferible pegar el

disco por el centro a un carrete, y poner éste en movimiento sobre un palillo, de la manera descrita en el número 320. Uno de los mejores procedimientos para obtener la rotación rápida del disco policromo consiste en practicar en él y sobre el mismo diámetro, dos orificios distantes entre sí unos 2 ó 3 centímetros y equidistantes del centro, y pasar por ellos sendos cordeles cuyos extremos se anudarán, para hacerle girar rápidamente en la forma en que se hacía girar el disco metálico del experimento descrito en el número 263.

487. Dividiendo el disco en cuatro o seis sectores pintados alternativamente de azul y amarillo, aparecerá por rotación uniformemente verde (fig. 467).



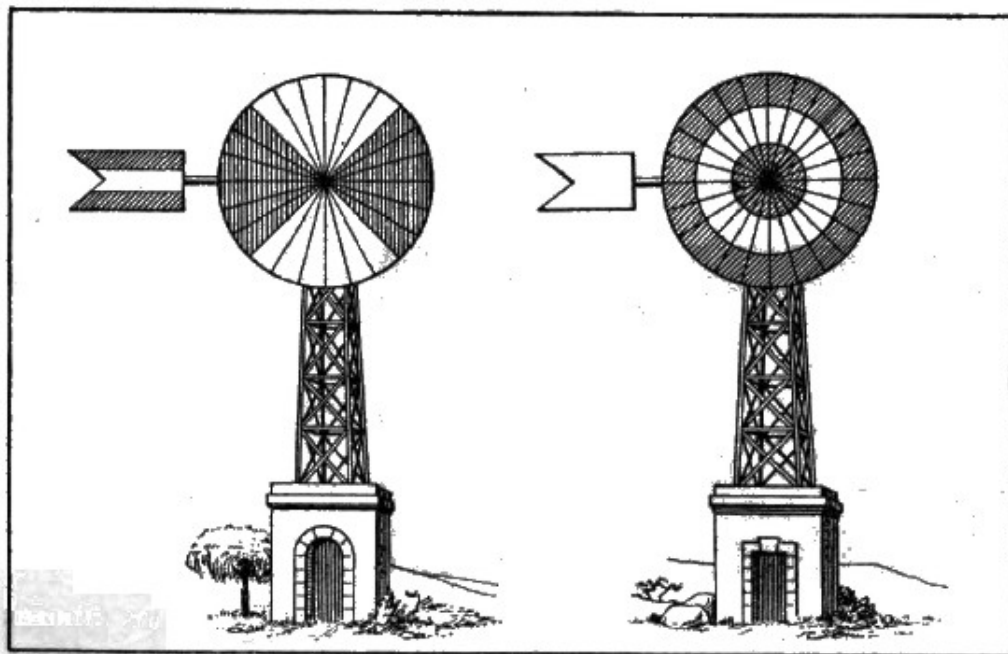
Figuras 467, 468 y 469

Pintando los sectores alternativamente de verde y rojo, el disco, al girar, resultará blanquecino, por tratarse de dos colores, el rojo y el verde, complementarios, es decir, dos colores cuya mezcla da luz blanca.

488. El disco dividido en sectores diversamente coloreados presenta siempre, al girar, color uniforme. Pero no será así, en general, cuando las porciones diversamente pintadas no sean sectores. Por ejemplo, en un disco donde se haya dibujado una estrella pintada de un color, siendo el fondo de otro color (fig. 468), se obtendrá por rotación el color de la estrella hacia el centro y el color del fondo hacia la periferia, pasándose insensiblemente de uno a otro color. Sucede así porque para las coronas en que podemos suponer descompuesto el círculo domina el color del

fondo en las próximas a la periferia y el color de la estrella en las inmediatas al centro.

489. Dividiendo el disco en varias coronas y pintando trechos de éstas de un color y trechos de otro, procurando que la proporción entre los dos colores sea la misma en todas las coronas, el disco, por rotación, presentará color uniforme. Cumple la condición señalada, por ejemplo, el disco de la figura 469, pues en las tres coronas en que está dividido hay la misma proporción de blanco y negro.



Figuras 470 y 471

490. Si se desea que el color de un objeto no cambie durante la rotación, debe atenderse a esa cuestión de la combinación de colores. Así, en los molinos de viento, si se quiere que las aspas presenten los colores nacionales, no deberán pintarse distribuyendo los colores en sectores (fig. 470), pues durante la rotación se verían mezclados, sino que tendrán que distribuirse en coronas, para que persistan separados aun durante la rotación (fig. 471).

Recomposición de la luz blanca

491. Para recomponer la luz blanca, los colores no deben ocupar sectores iguales del disco que se hace girar para que la retina los perciba mezclados, sino que unos han de hallarse en mayor proporción que otros; así, tomando por unidad la superficie del sector correspondiente al anaranjado, deberemos tomar para los otros colores las áreas siguientes:

Rojo	2,5	Azul	2,5
Amarillo	2,5	Índigo	1,5
Verde	2,0	Violeta	2,5

El taumatropo

492. En las dos caras de un disco de cartón o tarjeta algo gruesa, se distribuyen sendas porciones de un mismo objeto o asunto, el cual, por lo tanto, se verá incompleto si se mira sólo una cara. Pero dando al disco o rectángulo un rápido movimiento de rotación de manera que se presenten a la vista alternativamente las dos caras, se verán al mismo tiempo ambas porciones dibujadas. Y si al preparar los dibujos se ha procurado disponerlos de manera que al superponerse las vistas de las dos caras, las porciones dibujadas del mismo objeto se superpongan de un modo conveniente, ocupando cada porción el lugar que le corresponda, se verá el objeto entero, como si todo él estuviera dibujado en la misma cara y el cartón se mantuviera fijo (fig. 472).

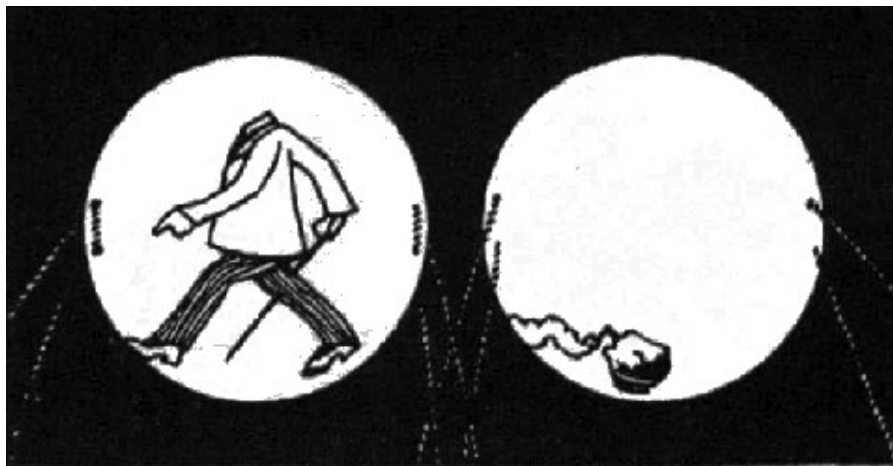


Figura 472

Para comunicar al cartón un movimiento de rotación rápido se le atan en los extremos de un diámetro (o en los puntos medios de dos lados opuestos) dos hilos y se retuercen éstos entre los dedos. También se podrían pegar los dibujos sobre una moneda que se hiciera girar como se describe en el número 305.

El zootropo

493. Un tambor de cartón o de hoja de lata puede girar alrededor de su eje y lleva una serie de aberturas longitudinales equidistantes. Dentro de él, aplicada a la base de sus paredes, se coloca una cinta de papel con una serie de vistas sucesivas de un objeto en movimiento: cuando no se trate de movimientos de traslación, las vistas equidistarán entre sí como las rendijas (fig. 473).

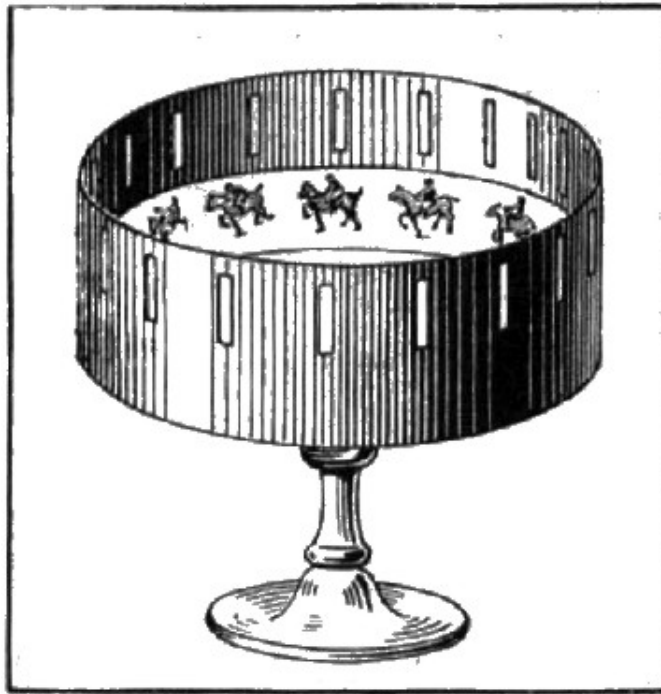


Figura 473

Mirando por una rendija hacia dentro del tambor, de modo que se vea una de las vistas, se hace girar el aparato alrededor de su eje, y sucediéndose ante el ojo las rendijas, se suceden también las correspondientes vistas. Se percibe entonces el movimiento del objeto representado, a causa de que cada imagen en la retina dura

más de lo que tarda cada rendija en ser substituida en la rotación del tambor por la rendija siguiente.

494. El fundamento del zootropo es el mismo que el del cinematógrafo: pero en este aparato las sucesivas imágenes (separadas también por intervalos de obscuridad) son proyectadas, mediante una lente, sobre una tela, en lugar de ser vistas directamente.

495. Para construirse uno mismo, sin grandes dispendios, un zootropo, puede utilizarse una lata cilíndrica, una caja de sombreros, etc. La mayor dificultad está en la disposición para hacerla girar alrededor de su eje. Puede sacarse partido de un carrete de madera, pegado al fondo de la caja y enchufado en un palillo, de manera semejante a la descrita en los números 320 y 486.

Pero resulta aún más sencillo suspender el tambor de tres cordeles atados a un cordel único que cuelgue de una lámpara o del techo (figura 474); dando algunas vueltas al tambor se retorcerá este cordel, y luego su torsión pondrá en movimiento al tambor (*E.*).

Así podrá observarse un curioso fenómeno: cuando el cordel haya perdido su torsión, la inercia del tambor le torcerá en sentido contrario, y después el cordel comunicará al tambor un movimiento también inverso. Entonces las figuras vistas en el zootropo se moverán al revés: la que antes se quitaba el sombrero ahora se lo pondrá; la piedra que antes caía ahora subirá, etc. También en el cinematógrafo se pueden proyectar aberraciones semejantes invirtiendo el sentido en que se desarrolla la película.

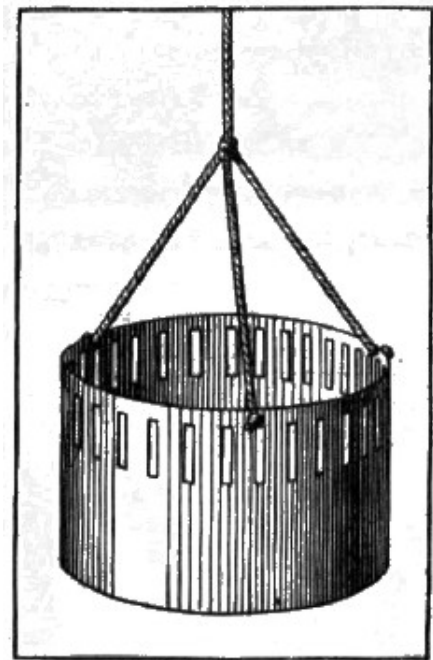


Figura 474

Una cuestión de alumbrado eléctrico

496. En el alumbrado eléctrico se emplea a veces corriente eléctrica continua, es decir, de sentido constante, y a veces corriente alternativa, es decir, que cambia periódicamente de sentido. Esos cambios son muy rápidos: generalmente, cien por segundo.

Si tenemos un arco voltaico alimentado por corriente alternativa, tendremos que cincuenta veces por segundo la corriente eléctrica irá del carbón superior al inferior y otras cincuenta veces por segundo irá del carbón inferior al superior; y cien veces por segundo (los cien cambios de sentido) no pasará corriente por el arco; es decir, la luz del arco quedará, cien veces por segundo, apagada.

No percibimos este temblor luminoso a causa de la persistencia de las imágenes en nuestra retina: no se ha extinguido todavía la imagen de un objeto en nuestra retina cuando vuelve a estar iluminado por el arco. Las imágenes perduran en nuestra retina $1/10$ de segundo, y esta duración es muy grande con respecto a la pequeñísima duración de una oscilación de arco. Por esto no percibimos oscilación o centelleo luminoso alguno, sino una luz quieta, de intensidad constante.

497. Sin embargo, algo extraordinario se advierte cuando un objeto bien iluminado se mueve a la luz de un arco voltaico alimentado por corriente alterna.

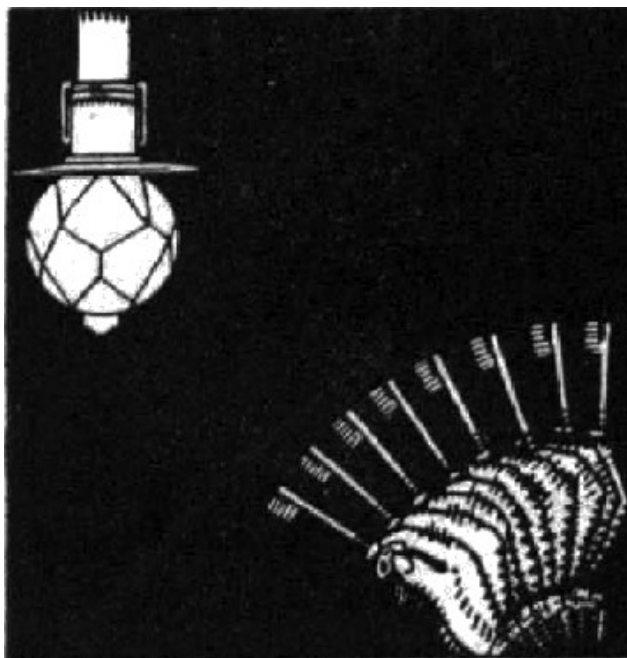


Figura 475

Agitando rápidamente a derecha e izquierda un objeto metálico bruñido, por ejemplo, una llave, en vez de percibir una superficie uniformemente iluminada, como sucedería si nos alumbráramos con luz continua, percibiremos una serie de bandas luminosas separadas por intervalos oscuros. La explicación, después de lo dicho en los últimos párrafos, es sencillísima: en virtud del movimiento del objeto, cada ráfaga de luz, cada momento de obscuridad, lo hallan en lugar distinto, y no superponiéndose sus imágenes en la retina, a pesar de su persistencia, pueden distinguirse (fig. 475).

Los mismos efectos se observan con sólo mover la mano o el bastón; o también sobre los objetos fijos, por ejemplo, los árboles del paseo, pasando por ellos rápidamente la vista.

Aunque con menos intensidad que con el arco voltaico, también dan origen a este fenómeno las lámparas de filamento metálico. Es en cambio particularmente intenso en los tubos de descarga eléctrica en gases enrarecidos, tan profusamente empleados para anuncios luminosos.

498. Por la misma razón, es muy notable el aspecto de un chorro líquido alumbrado por la luz de un arco de corriente alterna: en vez de verlo en forma de hilo continuo, como cuando la luz es continua, se perciben deslindadas entre sí las gotas que 19 constituyen.

En el cine

499. La luz, en el cinematógrafo, no es continua: la persistencia de imágenes en la retina nos hace ver, por un lado, como un movimiento gradual, lo que no es más que sucesión brusca de imágenes fijas. Y por otro lado, nos produce la sensación de una media luz continua, en el ambiente, cuando en realidad hay una sucesión de ráfagas de intensa luz separadas por intervalos de obscuridad completa.

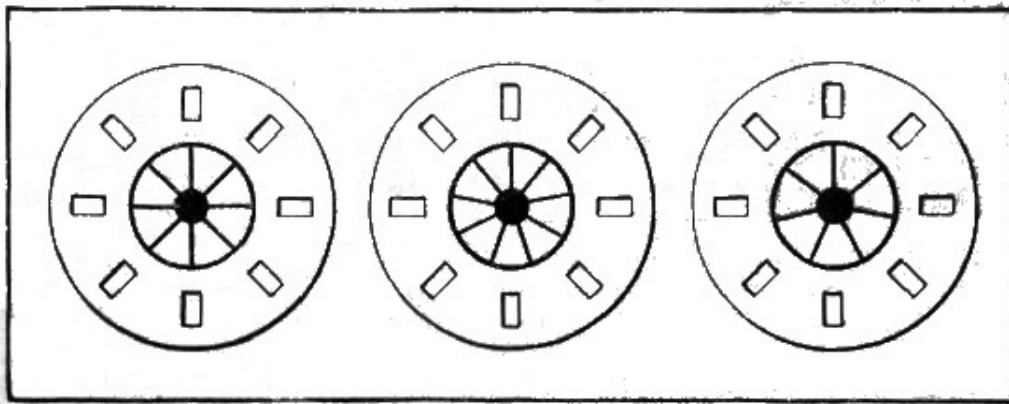
Si dejando por un momento de ocuparnos en las vistas de la película proyectada, miramos un objeto próximo a nosotros, lo veremos mal alumbrado de un modo continuo, por no borrarse su imagen de nuestra retina en los pequeñísimos intervalos de obscuridad. Pero si el objeto que miramos (el puño del bastón, el reloj,

nuestros dedos, etc.) se mueve con cierta velocidad, veremos diversas imágenes del mismo, o de sus bordes brillantes, separadas por espacios oscuros. Cada ráfaga de luz halla al objeto en distinta posición, y las sucesivas imágenes ya no se superponen en la retina. Lo mismo sucede si estando el objeto fijo pasamos por él rápidamente la vista.

Trátase del mismo fenómeno originado por la luz de los arcos eléctricos de corriente alterna (números 496, 497 y 498).

Discos maravillosos

500. Sobre un disco circular de cartulina, de unos 15 centímetros de diámetro, se abrirán en una circunferencia concéntrica con el disco, ocho ventanas iguales y equidistantes. Además, se dibujará una rueda, también concéntrica, de ocho brazos, que coincidirán, por ejemplo, con los radios que pasan por las ventanas (fig. 476).



Figuras 476, 477 y 478

Atravesado el centro del disco por un alfiler, se colocará frente a un espejo, con la cara dibujada vuelta a él, y se mirará a través de una de las ocho ventanas la imagen de la rueda en el espejo.

Comunicando entonces al disco un rápido movimiento de rotación, las ocho ventanas se irán sucediendo ante nuestra vista, y como todas ellas nos hacen ver en el espejo el mismo aspecto de la rueda, ésta nos parecerá completamente inmóvil, a pesar de estar girando con la misma velocidad que el disco que la lleva dibujada.

501. Constrúyase otro disco como el anterior, pero en él dibújese una rueda de nueve brazos (fig. 477): claro está que si partimos de un brazo que coincida con el radio de una ventana, el brazo siguiente se anticipará un poco a la ventana, el siguiente se anticipará más, etc. Haciendo girar el disco ante el espejo y mirando a través de la serie de ventanas que se sucedan a nuestra vista, veremos la rueda avanzar lentamente en el mismo sentido que el disco, a pesar de estar girando tan rápidamente como él.

502. Sobre otro disco de ocho ventanas, dibújese una rueda de siete brazos (fig. 478). Aquí, a partir del brazo que coincida con una ventana, cada brazo se irá retrasando con respecto a la ventana correspondiente, y al girar ante el espejo veremos, a través de las ventanas, la imagen de la rueda girando lentamente en sentido contrario del movimiento del disco.

Las ruedas en el cinematógrafo

503. Cuando una rueda gira ante la máquina cinematográfica, puede suceder que la velocidad de la rueda y la del obturador sean tales que cada vez que quede abierto el objetivo se presenten los brazos de la rueda exactamente en la misma posición. Después, al ser proyectadas las vistas de aquella rueda, el espectador verá de un modo constante los radios en la misma posición, y por lo tanto, la verá inmóvil, aunque el carruaje de que forma parte se presente avanzando, demostración de que sus ruedas no pueden estar fijas.

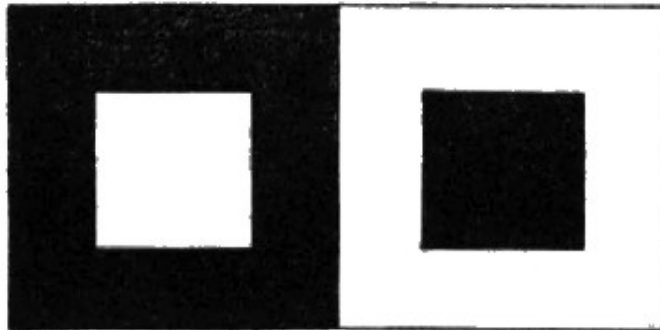
También es posible que cada vez que se abra el objetivo aparezca la rueda con un ligero avance de los brazos: en la proyección cinematográfica la rueda aparecerá avanzando con lentitud, no obstante avanzar desproporcionadamente el carruaje de que forma parte.

Por fin, las aperturas del objetivo pueden hallar los brazos de la rueda en movimiento con ligeros retrasos respecto a la posición anterior. En la proyección cinematográfica la rueda aparecerá rodando en sentido inverso del correspondiente al movimiento de avance del carruaje.

Repítense aquí los tres casos observados en los discos maravillosos (números 500, 501 y 502); y la causa de esa extravagancia cinematográfica viene a ser la misma que la del fenómeno análogo observado con aquellos discos (*E. 1907*).

Irradiación

504. Los objetos blancos, vistos a cierta distancia, parecen mayores que los objetos negros del mismo tamaño.



Figuras 479 y 480

Este fenómeno recibe el nombre de irradiación y es debido probablemente a que la impresión producida en la retina por la imagen blanca no queda limitada por su contorno, sino que rebasa este límite.

En virtud de la irradiación se explican estos hechos:

- La mano con guante blanco parece mayor que con guante negro.
- Un cuadrado blanco sobre fondo negro (fig. 479) parece mayor que el cuadrado negro sobre fondo blanco (fig. 480) a pesar de ser iguales.

En el tablero de damas, mirando a distancia, parecen juntarse por sus vértices los cuadrados blancos y separarse los negros.



Figuras 481 y 482

Una silueta blanca (fig. 481) parece mayor que una negra de igual tamaño (fig. 482).

El deslumbramiento

505. Sobre una tarjeta negra colóquese una silueta blanca (figura 483): mirando ésta con fijeza durante medio minuto teniéndola bien iluminada, y dirigiendo después la vista al techo, al cabo de unos diez segundos veremos aparecer en él un cuadro blanco del que se destaca la silueta negra.



Figura 483

Si el mismo experimento se hace con silueta negra sobre tarjeta blanca, en el tedio aparecerá la silueta blanca sobre cuadro negro. Si se hace con silueta verde sobre el fondo rojo, en el techo aparecerá la silueta roja sobre fondo verde, etc.

506. Fijando un momento la mirada en el sol poniente, se sigue viendo el disco solar en cualquier punto a que dirijamos la vista. Los ojos quedan fatigados en el punto en que recibieron la intensa impresión solar y no perciben las nuevas imágenes que se forman en el mismo punto.

En cambio, si se cierran los ojos se sigue viendo también el disco solar, pero con color complementario del que presentaba cuando se veía al dirigir la vista a otro objeto.

El mismo experimento puede realizarse fijando la mirada sobre el filamento incandescente de una lámpara eléctrica.

Se trata en estos casos de un deslumbramiento parcial, limitado a una región de los ojos.

Es fácil observar sobre uno mismo que no todos los días ni a todas horas se deslumbran los ojos con igual facilidad.

507. Leyendo largo tiempo, con abundante luz, un impreso en papel de color, rojo por ejemplo, y substituyendo al fin el papel rojo por uno blanco, éste aparecerá claramente verde, es decir, del color complementario del primero.

Lo que ocurre en este caso es un deslumbramiento parcial del ojo, pero no limitado a ninguna región, sino a un color.

508. Estos deslumbramientos cromáticos parciales son muy frecuentes y alteran profundamente el color y luminosidad de los objetos que observamos; pero en general no nos damos cuenta de nuestro estado de deslumbramiento, por la falta de puntos de comparación, es decir, de regiones del ojo no deslumbradas.

El siguiente experimento es notable y convincente. Obsérvese largo tiempo el paisaje con un solo ojo, por ejemplo, el izquierdo, manteniendo el ojo derecho perfectamente cerrado y tapado, como reserva. Después, cerremos el ojo izquierdo, cansado, y abramos el derecho, y el paisaje se nos mostrará con una riqueza y vistosidad de tonos muy diferentes de las que antes presentaba (**E.**).

509. Los vivos colores de los diversos pabellones nacionales se prestan a realizar curiosos experimentos con igual fundamento físico y fisiológico que los de los dos últimos párrafos.

Pintando sobre el papel una bandera con tres listas: una anaranjada, otra negra y otra verde, y mirándola fijamente a una luz muy viva, por ejemplo, la del sol, quedarán nuestros ojos deslumbrados de tal suerte, que mirando después una superficie blanca o el techo, veremos aparecer una bandera de tres listas: una azul (correspondiente a la anaranjada primitiva), otra blanca y otra roja (correspondiente a la verde primitiva), es decir, aparecerá la bandera francesa. En cambio, pintada ésta sobre el papel y mirada fijamente, se verá después sobre la superficie blanca o en el techo la batidera anaranjada-negra-verde.

Habiendo mirado fijamente la bandera española (roja-amarilla-roja) aparecerá sobre el fondo blanco una bandera verde-azul-verde.

Siempre los colores vistos por deslumbramiento son los complementarios de los colores que lo han causado.

510. Para poder variar esos experimentos de cambios de nacionalidad de las banderas, conviene conocer cuáles son las parejas de colores complementarios; he aquí una lista de ellas:

Rojo	y	Verde-azulado
Naranja	y	Azul de Prusia
Amarillo	y	Azul ultramar
Amarillo verdoso	y	Violeta
Verde	y	Púrpura

y, no había que decirlo, por ser una perogrullada:

Blanco	y	Negro
--------	---	-------

Astigmatismo

511. Sobre una hoja de papel dibújese una circunferencia de unos 30 cm de diámetro provista de doce radios, numerados como en la esfera de un reloj. Conviene que estos radios sean algo gruesos: de 4 mm de espesor (fig. 484).

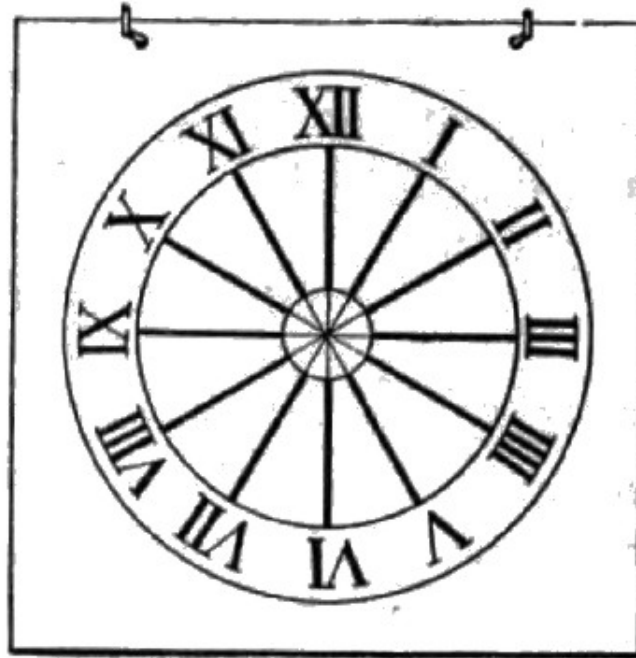


Figura 484

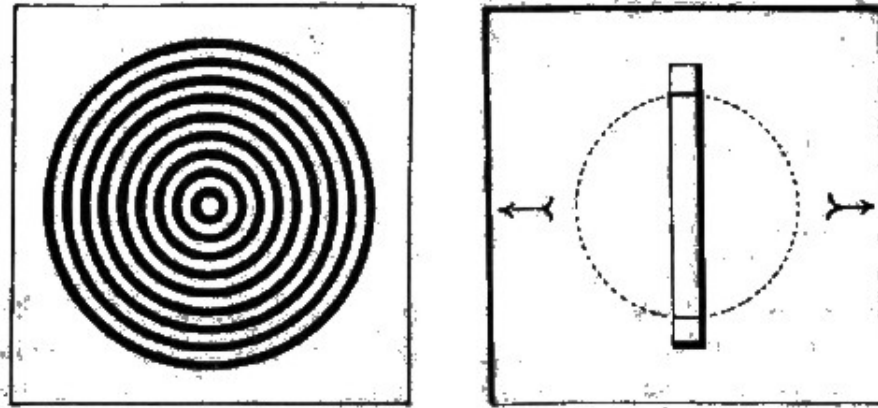
Cuélguese de la pared esta hoja de papel y obsérvese, con un solo ojo, a la distancia de unos 5 m. Casi nadie conseguirá ver con la misma limpidez todos los radios; tal individuo ve, por ejemplo, con nitidez el diámetro XII-VI y, en cambio, ve muy difuso el IX-III.

Este defecto, muy común del ojo, recibe el nombre de astigmatismo. Puede expresarse diciendo que un ojo astigmático es, por ejemplo, normal en una dirección, y miope o presbita en otra, generalmente perpendicular a la primera. El astigmatismo se corrige con lentes cilíndricas, que funcionan como vidrios planos en el sentido de sus generatrices y como convergentes o divergentes en el sentido perpendicular a las generatrices.

El ojo normal, desprovisto de astigmatismo, recibe el nombre de anastigmático.

Círculos estroboscópicos

512. Haciendo girar circularmente en su mismo plano el dibujo de la figura 485 y mirando un punto próximo a los círculos se verá que éstos giran en sentido contrario.



Figuras 485 y 486

Esta notable ilusión no ha sido todavía satisfactoriamente explicada. He aquí, sin embargo, un ensayo de explicación (*E.*) fundado en lo común que es el defecto de la vista llamado astigmatismo, señalado en el párrafo anterior: en virtud de ese defecto de la vista ocurre que las porciones de circunferencia superiores e inferiores de los círculos estroboscópicos no se ven con igual nitidez que las porciones laterales, y al girar el papel, aquellas porciones más límpidas o más borrosas, conservando su posición con respecto a nuestros ojos, la habrán cambiado con respecto al papel, pareciendo en consecuencia dotadas de un movimiento en sentido contrario al de la hoja de papel.

El círculo de Zoellner

513. Dibujado un círculo sobre el papel, cúbrase con una tarjeta en que se haya practicado una abertura longitudinal que sólo deje ver a la vez dos pequeñas porciones de la circunferencia (fig. 486).

Moviendo alternativamente con rapidez la tarjeta hacia la derecha y hacia la izquierda, normalmente a la abertura, de modo que ésta deje ver de un modo sucesivo las distintas porciones del círculo, se verá éste por entero, mas deformado de manera que se nos presentará como una elipse con el eje mayor perpendicular a la dirección del movimiento, es decir, paralelo a la abertura.

Atribúyese esta ilusión a un ligero movimiento inconsciente del ojo en la dirección del movimiento de la hendidura.

La muñeca y el meñique

514. Se prestan en gran manera a error las apreciaciones hechas a ojo, particularmente cuando se trata de apreciar tamaños.

He aquí un ejemplo. Propóngase a una reunión que se aprecie a ojo el número de veces que la circunferencia del meñique está contenida en la circunferencia de la muñeca; si se torna nota de las distintas apreciaciones, se verá que casi todo el inundo opina que la circunferencia del meñique está contenida unas nueve veces en la de la muñeca. Entonces, con una tira de papel, dese vuelta al meñique, señálese la longitud de su circunferencia, dese luego vuelta con la misma tira a la muñeca, señálese su circunferencia, y se observará lile ésta contiene solamente unas tres veces a la del dedo meñique.

La causa del error quizá estribe en que inadvertidamente se aprecia la razón de las secciones (superficies) del dedo y de la muñeca en vez de apreciar a razón de los contornos; pues, en efecto, siendo los contornos como 1 a 3, las superficies han de ser como 1 a 9, que es la proporción que alcanza más votos.

La chistera

515. La vista nos da una falsa lea de las dimensiones de una chistera.

Preguntémonos qué dimensión predomina en ella: ¿la altura o la anchura? Por atentamente que la examinemos simple vista contestaremos siempre que la altura. Nos será necesario emplear el metro para convencernos de que predomina la anchura.

La chistera representada en la figura 487 parece desmesuradamente alta, y sin embargo, la distancia de un borde al otro de las alas, sobre el dibujo, es bastante mayor que la altura.



Figura 487

Apreciación de la altura

516. He aquí dibujados varios árboles (fig. 488), ¿cuál es el más alto? El quinto, ¿verdad? Por lo menos, así parece.

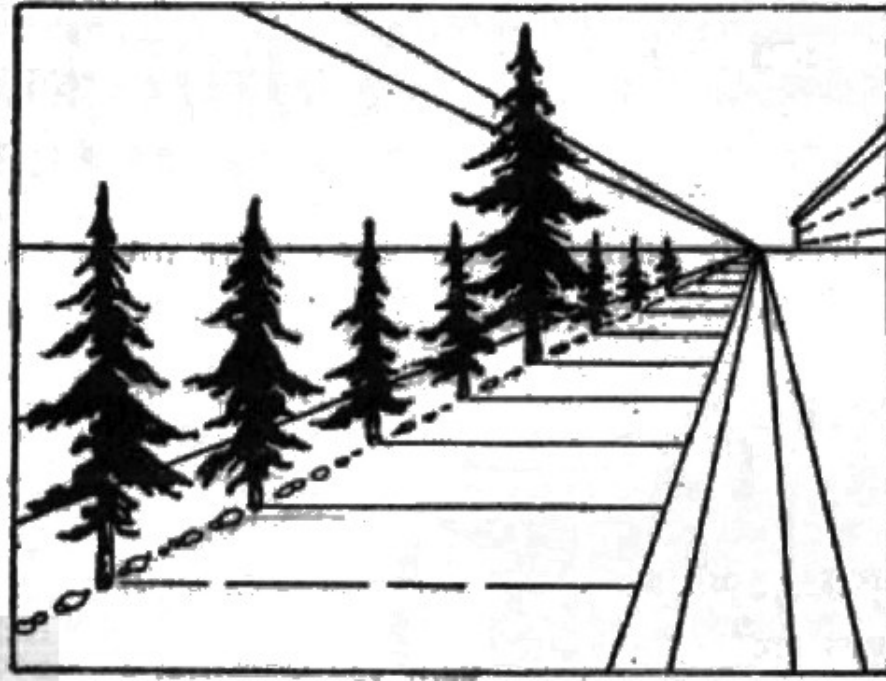


Figura 488

Mas no es difícil medirlos, con la regla o con el compás, y entonces veremos que el quinto no es más alto que el primero.

¿A qué es debido el error? A haberse dibujado junto a los árboles unas líneas que inducen a creer que se trata de la perspectiva de una calle, y por lo tanto a creer que el árbol quinto está mucho más lejos que el primero.

Así nos sucede también a menudo con muchos hombres: la perspectiva de las decoraciones que les rodean nos induce a error respecto a su verdadero tamaño.

En la figura 489, desaparecidas las engañosas líneas de la perspectiva, los dibujos de los árboles se nos presentan con su tamaño real.

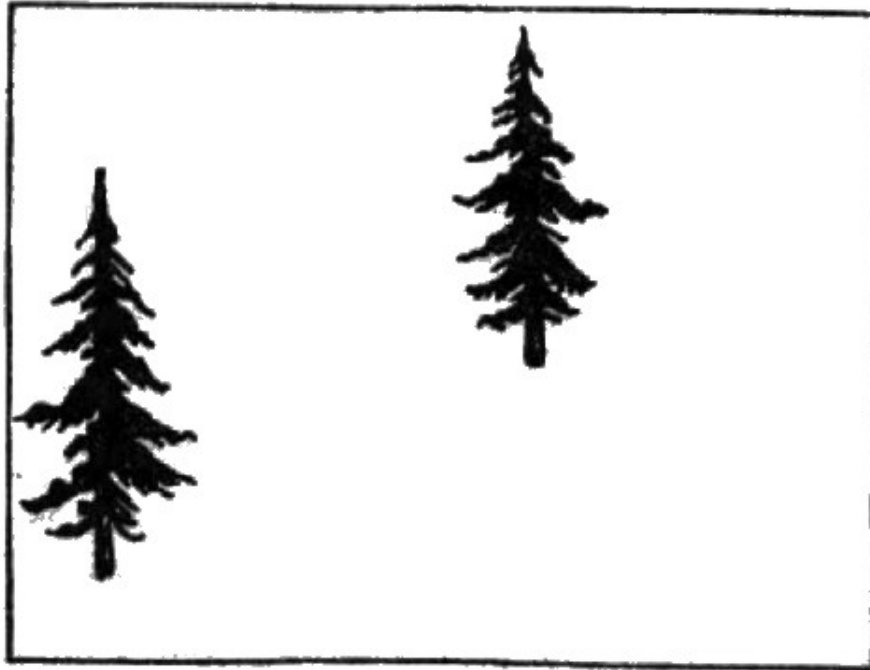
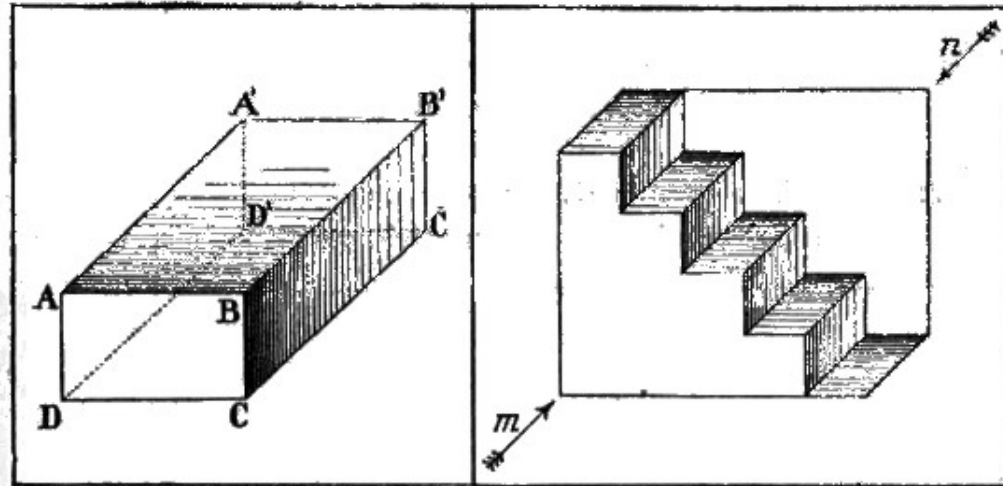


Figura 489

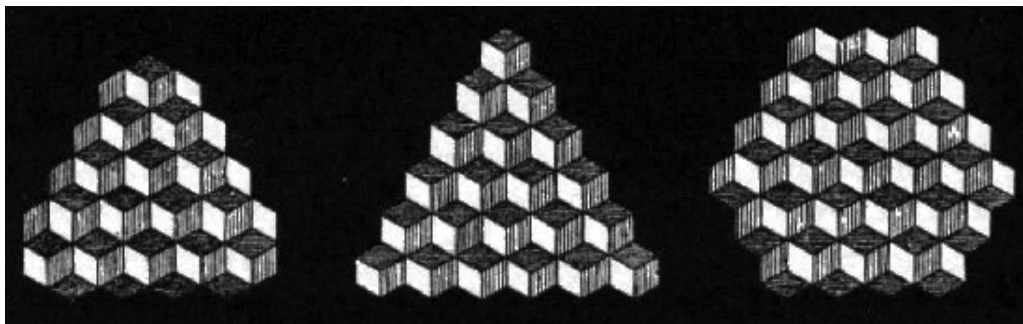
Otras ilusiones debidas a la perspectiva aparente

517. En la figura 490 el rectángulo ABCD parece más pequeño que el ABCD porque las líneas AA, BB, CC y DD con que se han unido los vértices inducen a suponer que se trata de un cuerpo geométrico visto en perspectiva y que la cara ABCD se halla más lejos del espectador que la ABCD; y como están ambas comprendidas en ángulos visuales iguales, la ABCD debería ser realmente mayor que la ABCD. En otros términos: en virtud de la perspectiva aparente del dibujo, vemos un tronco de pirámide en lugar de ver un prisma.



Figuras 490 y 491

518. La figura 491 puede representar una escalera; ésta se ve con bastante facilidad. Pero lo notable es que a veces se ve por encima, es decir, como si estuviera a la vista la cara superior de los peldaños, y a veces se ve por debajo, como si se viera la cara inferior de los peldaños. Un ligero esfuerzo (le voluntad basta para cambiar el aspecto del dibujo; en general, se logra el efecto de relieve por encima fijando la vista en m y dirigiéndola de golpe hacia arriba en el sentido de la flecha; y se logra el efecto de relieve por debajo, fijando la vista en n y dirigiéndola de golpe hacia abajo, también en el sentido de la flecha (Schroeder).



Figuras 492, 493 y 494

519. Los rombos representados en la figura 492 se han sombreado de tal manera, que con un ligero esfuerzo de voluntad se ven representados cubos cuyas caras son los antedichos rombos. Ahora bien: si las caras más negras son las superiores de los cubos, se ven sólo quince de éstos (a la manera como se ven los de la figura 493),

mas si aquellas caras son las inferiores, se ven dieciocho cubos (a la manera como se ven los de la figura 494). Por lo tanto, si se cambia el modo de mirar, de manera que primero se vean los cubos por encima, y después por debajo, se habrán visto en total en la figura 492 treinta y tres cubos diferentes.

520. La luna en el horizonte. Por una ilusión óptica, explicable también por un efecto de perspectiva, vemos la luna, al salir o al ponerse, mucho más grande que cuando está alta cerca del zenit. En general, apreciamos muy mal las distancias verticales: vemos todo lo alto en cierto modo rebajado: así vemos muy pequeñas las personas asomadas a las ventanas de un campanario, y nos sorprende ver salir, en casos de reparación, un obrero diminuto por la boca de una chimenea de fábrica. La misma ilusión se presenta con el tamaño de las distintas constelaciones en el zenit o en el horizonte

Otras ilusiones Ópticas

521. Vamos a señalar un buen número de ilusiones ópticas más o menos notables, y de explicación más o menos difícil, en que ora engaña la dirección de una línea, ora la magnitud de un objeto. Indicaremos primero una serie de ilusiones de magnitud y después otra de ilusiones de dirección.

El fenómeno de las ilusiones ópticas que vamos a describir, más que físico es fisiológico o psicológico, pero le asignamos este lugar para no separarlo de los fenómenos semejantes, más fácilmente explicables, estudiados en los últimos párrafos.

522. Las paralelas a, b, c y d, de la figura 495, parecen sucesivamente más largas, cuando en realidad son todas iguales.

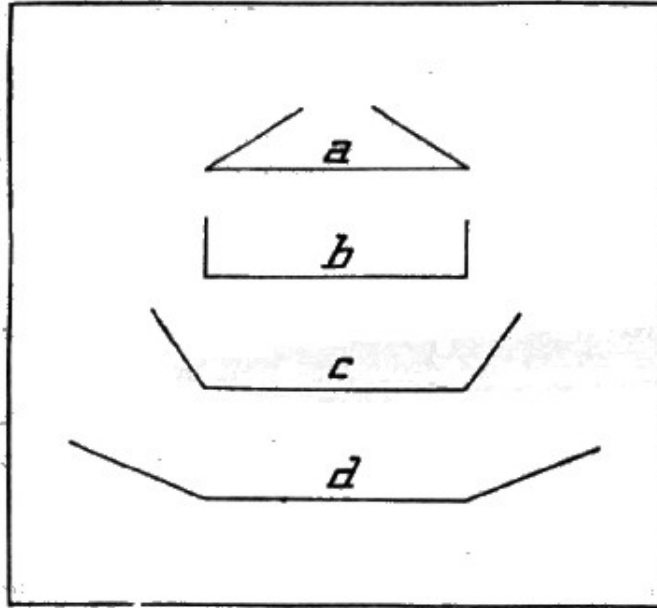
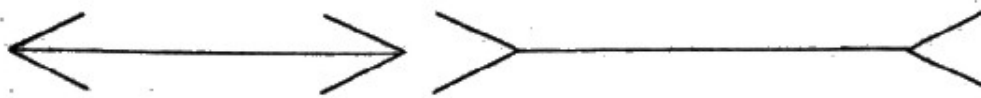


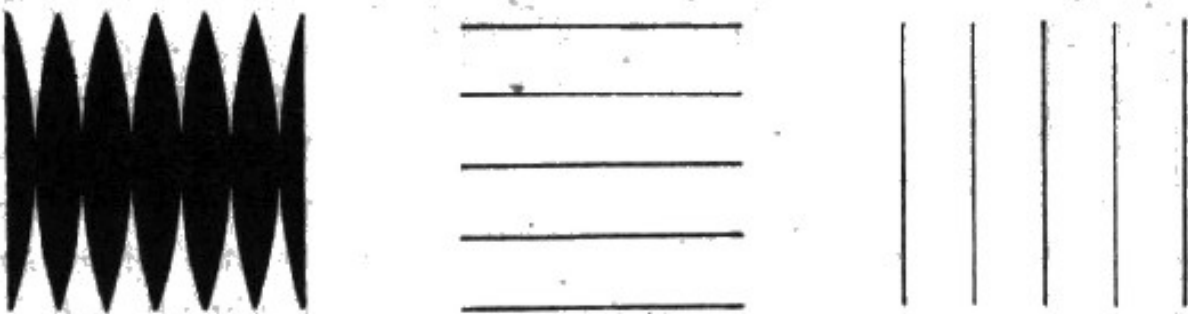
Figura 495

523. La recta horizontal de la figura 496 parece de menor longitud que la de la figura 497:



Figuras 496 y 497

524. El cuadrilátero de la figura 498 parece un rectángulo de base mayor que la altura; en realidad, es un cuadrado.

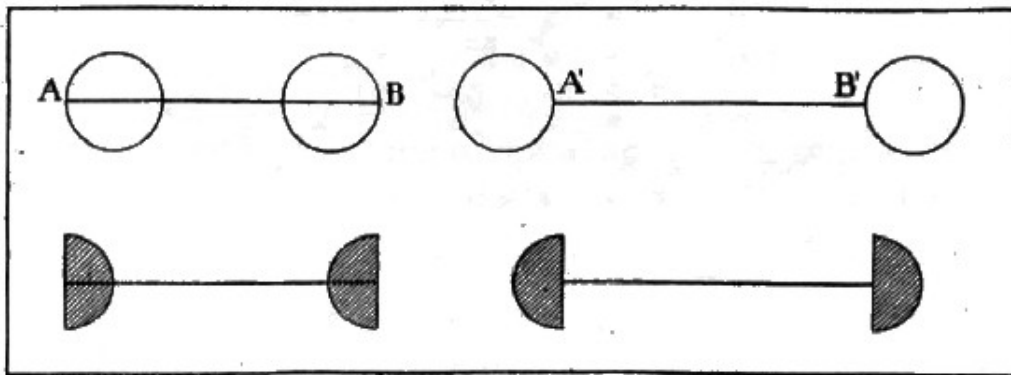


Figuras 498, 499 y 500

525. El cuadrado de la figura 499 parece un rectángulo con la altura mayor que la base; y el de la figura 500 parece un rectángulo con altura menor que la base. En realidad ambos cuadriláteros son cuadrados e iguales.

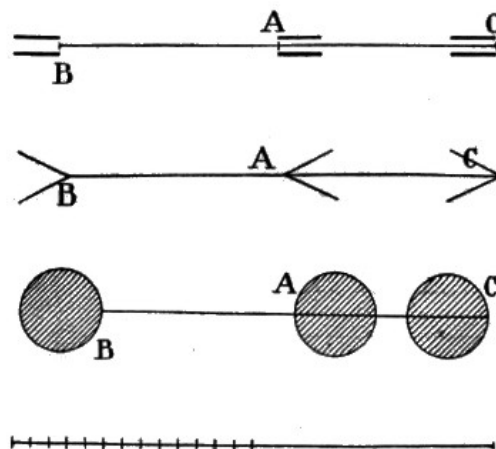
Así también, unas faldas listadas en sentido horizontal aumentan aparentemente la estatura de la mujer.

526. La distancia A B en la figura 501 parece menor que la A B en la figura 502: en realidad son iguales. Lo mismo sucede en el par de rectas inferiores de las mismas figuras, con semicírculos rayados terminales.



Figuras 501 y 502

527. A pesar de parecer más próximo a C que a B, el punto A es el punto medio de la recta BC (fig. 503). Lo mismo sucede con las figuras 504 y 505.



Figuras 503, 504, 505 y 506

528. La mitad subdividida de una recta parece más larga que la otra mitad, sin subdividir (fig. 506).

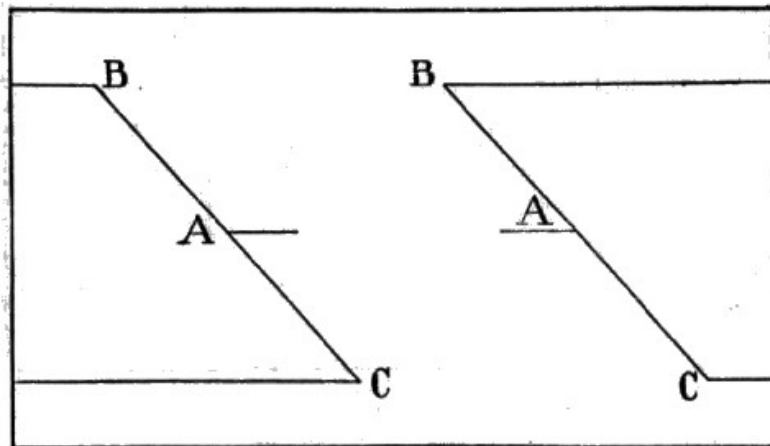
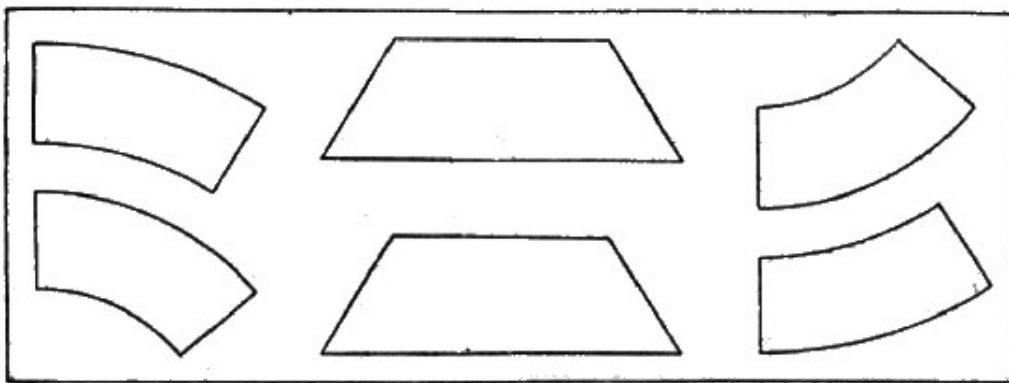


Figura 507

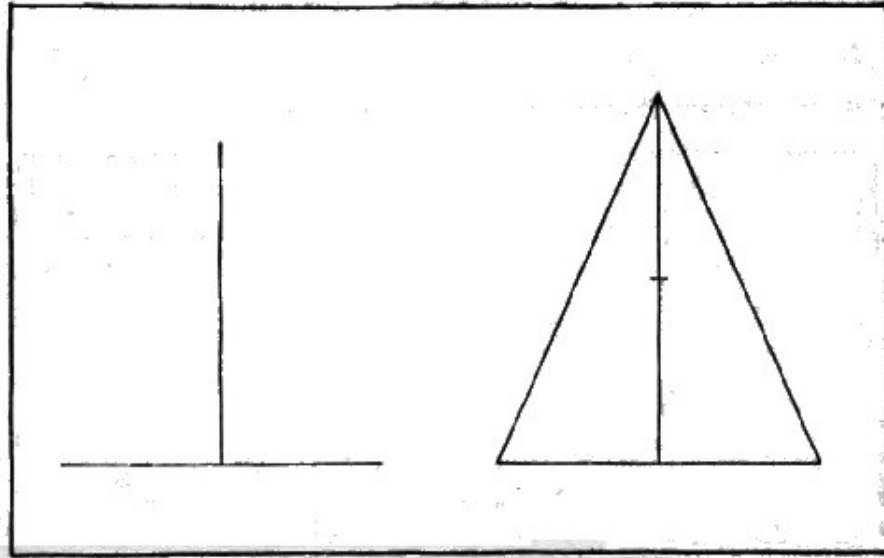
529. En la figura 507, difícilmente reconocería nadie en el punto A el punto medio de la recta BC. La ilusión en este caso recuerda las de la figura 495.



Figuras 508, 509 y 510

530. El trapecio superior (fig. 509) parece más ancho que el inferior, a pesar de ser iguales. Ilusiones análogas causan los sectores de corona circular representados en las figuras 508 y 510.

531. La vertical de la figura 511 parece más larga que la horizontal.

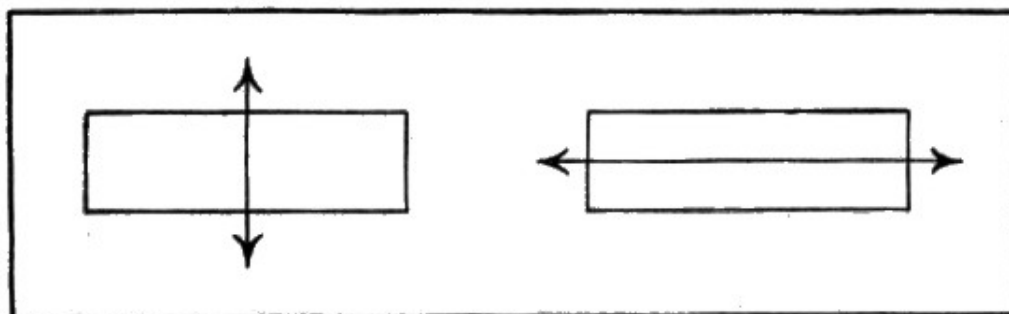


Figuras 511 y 512

532. El punto medio de la altura de un triángulo (fig. 512) parece más próximo al vértice que a la base.

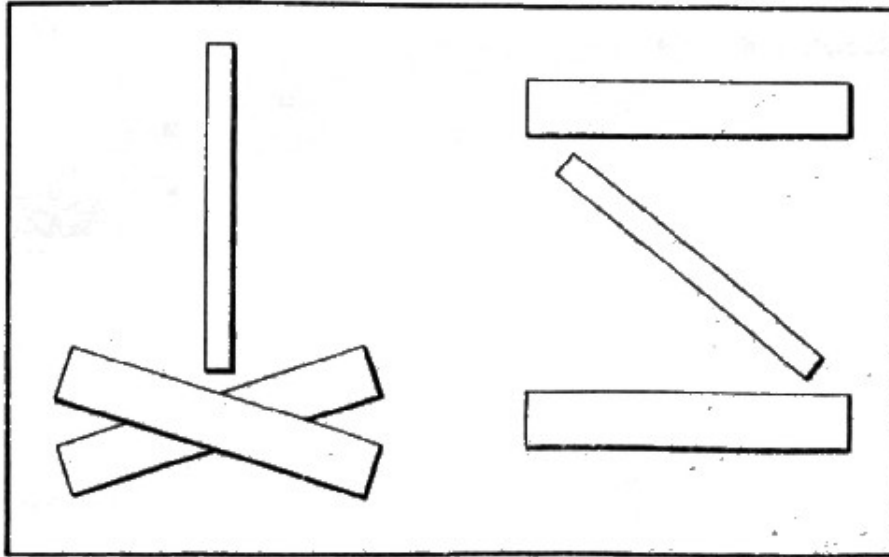
533. Habiendo mirado una moneda de dos céntimos, obsérvese una regla dividida en milímetros y trátase de apreciar a ojo el diámetro de aquella. Difícil será que nadie le atribuya la longitud real de 20 milímetros, y en general, se le atribuirá un valor bastante inferior.

534. Los rectángulos iguales de las figuras 513 y 514 parecen diferentes.



Figuras 513 y 514

535. Recortadas tres tiras de papel de igual longitud, pero una de la mitad de la anchura que las otras y colocadas como indica la figura 515, la tira estrecha parecerá más larga. En cambio, parecerá más corta si las tres se disponen como en la figura 516.



Figuras 515 y 516

536. De dos individuos de igual estatura, uno grueso y otro delgado, parecerá más alto el delgado (figuras 517 y 518).



Figuras 517 y 518

537. ¿Quién diría que las líneas AB y CB (diagonales) de la figura 519 son iguales?

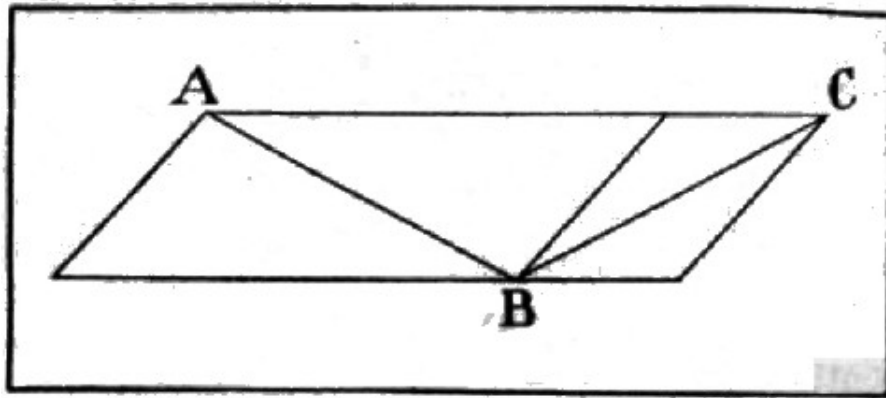
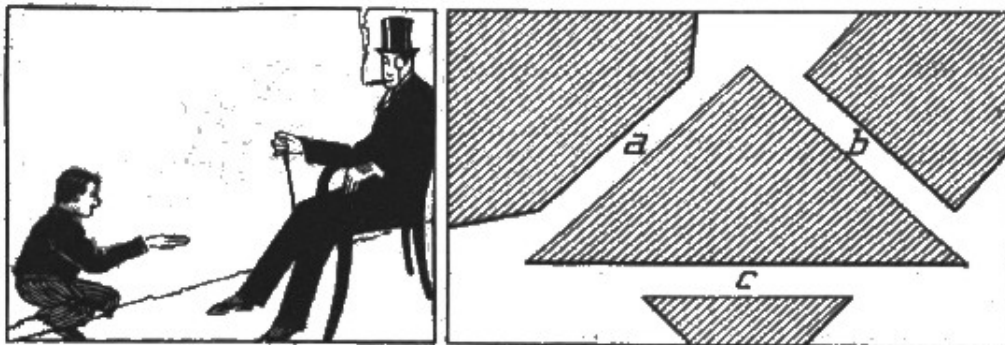


Figura 519

538. Propongámonos señalar en la pared, a partir del suelo, la altura de una chistera: siempre señalaremos una altura muy superior a la real (fig. 520).



Figuras 520 y 521

Véase también el número 515.

539. De las tres calles, a, b y c, en la figura 521, tomada del plano de una población, a parece ser la más larga y c la más corta, pero las tres son iguales.

540. Las dos porciones, superior e inferior, que se pueden distinguir en una Ss, o en una Xx, o en una Zz, o en un 8 impresos, nos parecen iguales, a pesar de ser

menor la porción superior. En cambio, cuando uno de estos signos aparece invertido en un impreso se ve exagerada la desproporción de sus dos partes:

Ss	Zz	Xx	8
22	ΣΣ	Xx	8

541. Una habitación desamueblada parece más pequeña que cuando en ella se han distribuido los muebles; una pared con cuadros y cortinajes parece mayor que cuando está desnuda.

542. Las dos primeras rectas paralelas de la figura 522 parecen divergentes a partir de sus puntos medios. Las del segundo par de la misma figura se presentan también dobladas y convergentes.

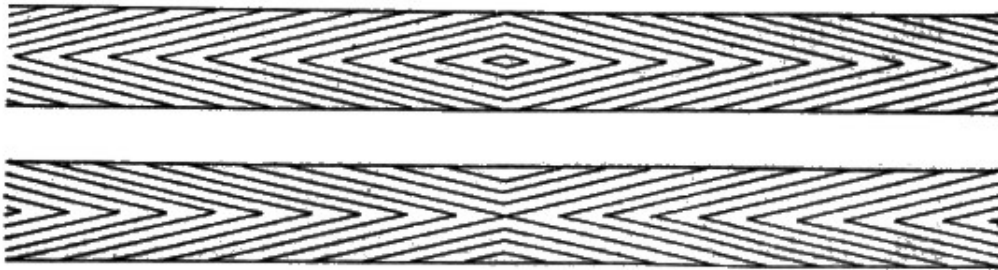
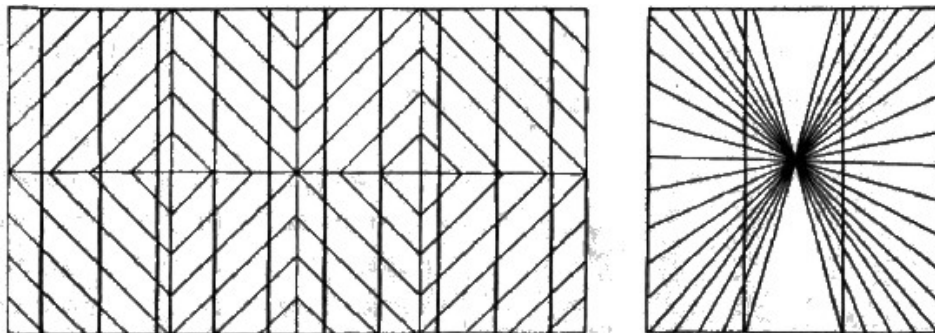


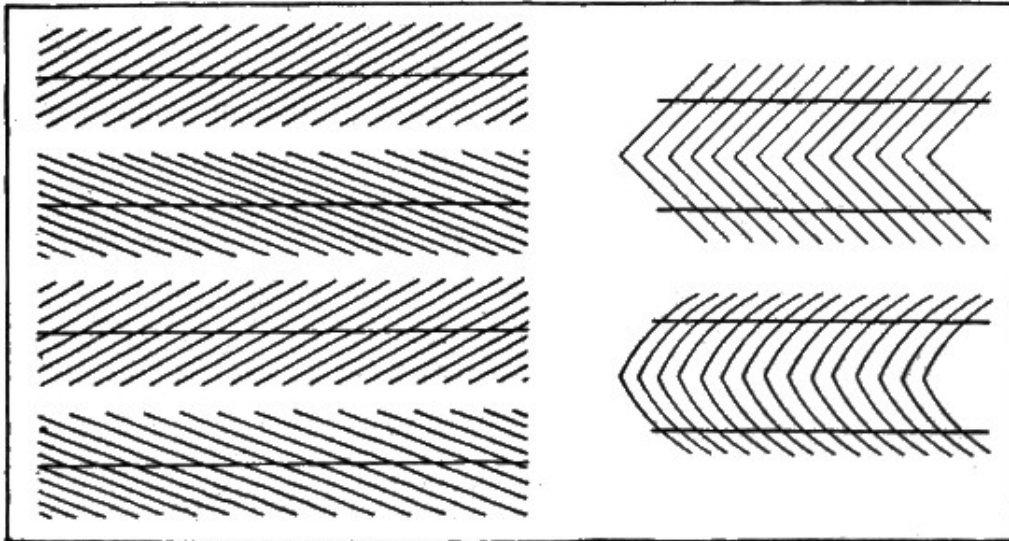
Figura 522

Lo mismo sucede con las rectas paralelas de la figura 523.

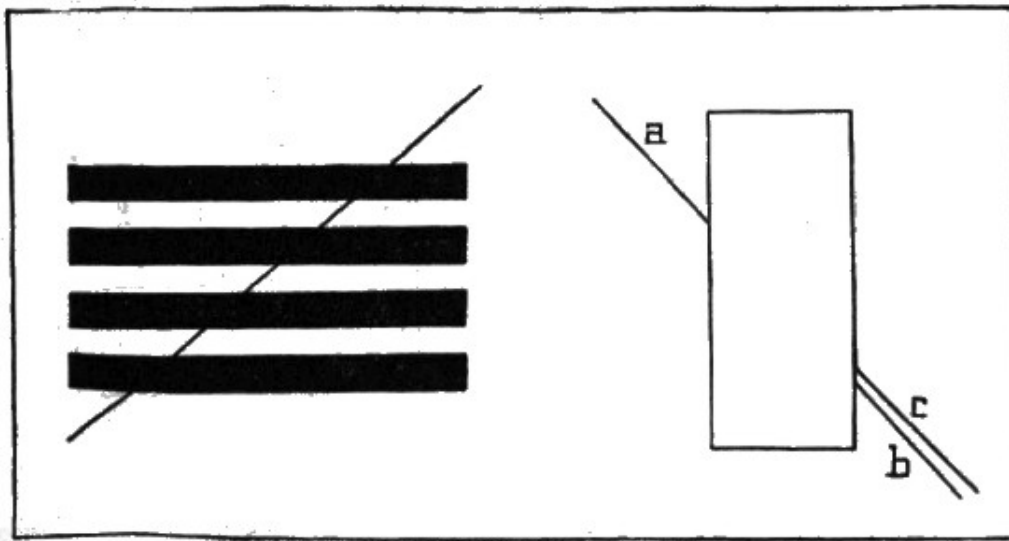


Figuras 523 y 524

Parecen curvas las dos paralelas que atraviesan un haz de rayos (fig. 524).



Figuras 525 y 526



Figuras 527 y 528

544. No parecen paralelas las de la figura 525 ni las de la figura 526.

545. La oblicua, secante de una serie de paralelas (figura 527), aparece con sus diversos fragmentos desviados paralelamente.

546. Por una ilusión semejante a la anterior, a parece prolongación de e en la figura 528, cuando en realidad a es prolongación de b.

547. No parecen paralelas, ni siquiera rectas, las verticales de la figura 529.

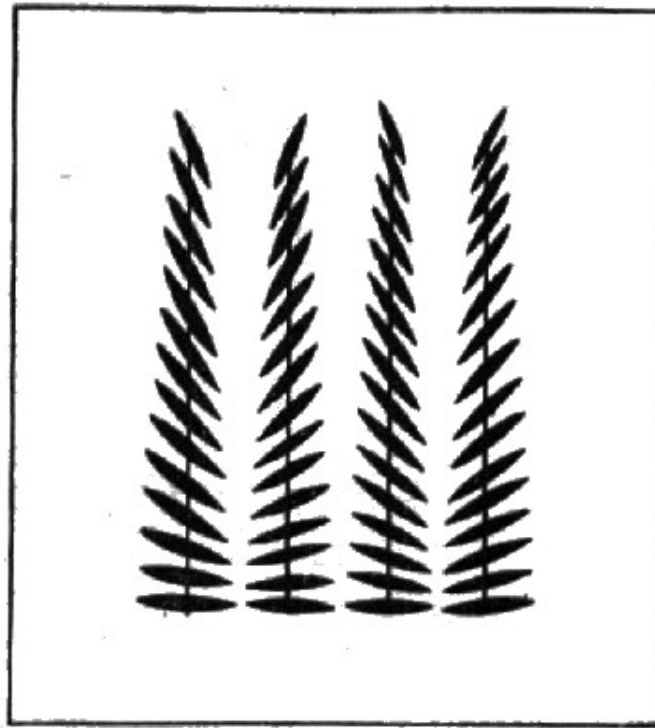
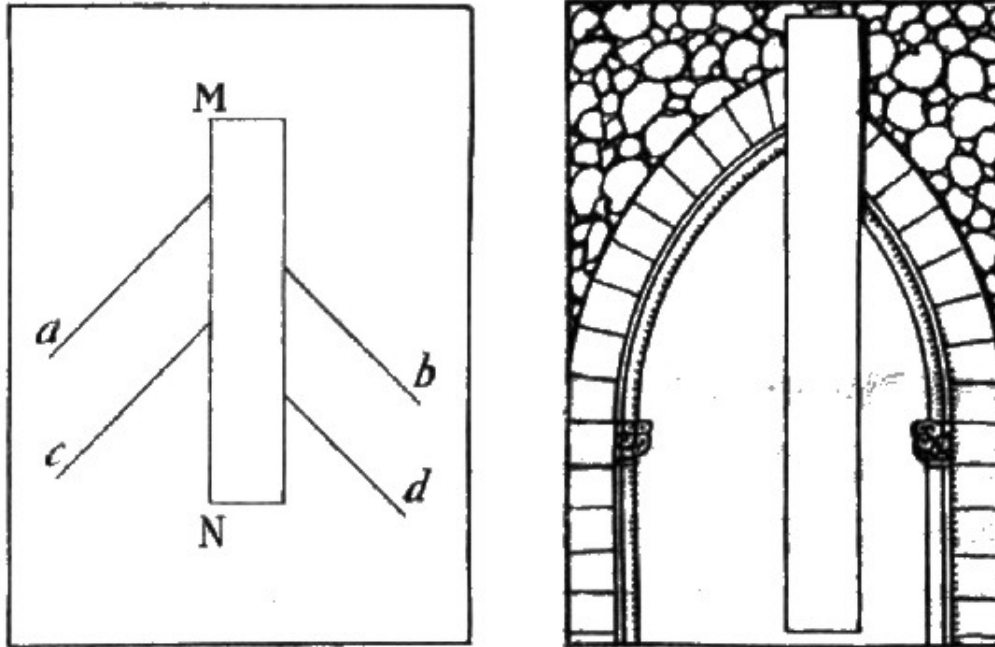


Figura 529

548. En la figura 530 no aparentan hallarse sobre la recta MN los puntos de intersección de a y b y de c y d.



Figuras 530 y 531

549. En la figura 531, no parece que el vértice de la ojiva parcialmente oculta por la tabla se halle en el borde de ésta.

Ilusiones ópticas exageradas

550. Hace algunos años el Dr. Fraser publicó en el *Journal of psychology* unos dibujos causantes de las ilusiones ópticas más exageradas que se conocen. El fondo de los dibujos en cuestión consistía en un cuadrículado a tres tintas (negro, gris y blanco), ora rectilíneo, como un tablero de damas, ora espiriforme; y las líneas desviadas y deformadas por la ilusión no estaban formadas por un trazo continuo, sino por trazos alternativamente blancos y negros, que se retorcían uno sobre otro como dos hilos formando un cordón, y dispuestos de manera que los extremos de los trazos negros se perdían en los cuadrados negros y los extremos de los trazos blancos se perdían en los cuadrados blancos. Pero todavía se ha podido simplificar el fondo de tales dibujos, y así se ha hecho en los que en estas páginas figuran, debidos al artista señor Alsina Munné, y en los cuales el fondo carece de gris, siendo sólo blanco y negro.

¿Quién es capaz de reconocer a primera vista el paralelismo de las rectas de la figura 532? ¿y de advertir que es sólo aparente la desigual inclinación de las letras

de la figura 533? ¿y de ver rectas perfectas que se cortan normalmente en el desquiciamiento de líneas de la figura 534, circunferencias en las aparentes espirales de la figura 535, y circunferencias también en los óvalos de las figuras 536 y 537?

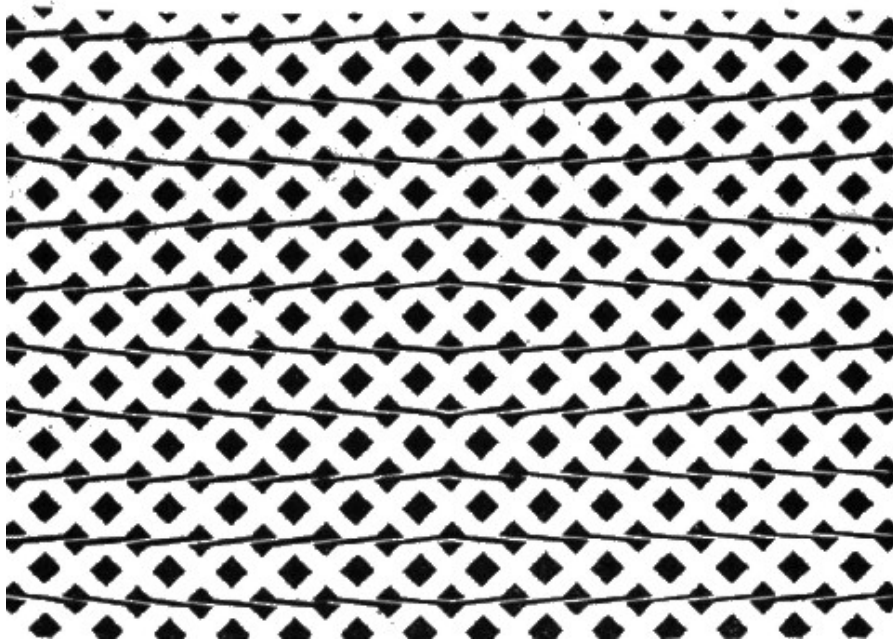


Figura 532

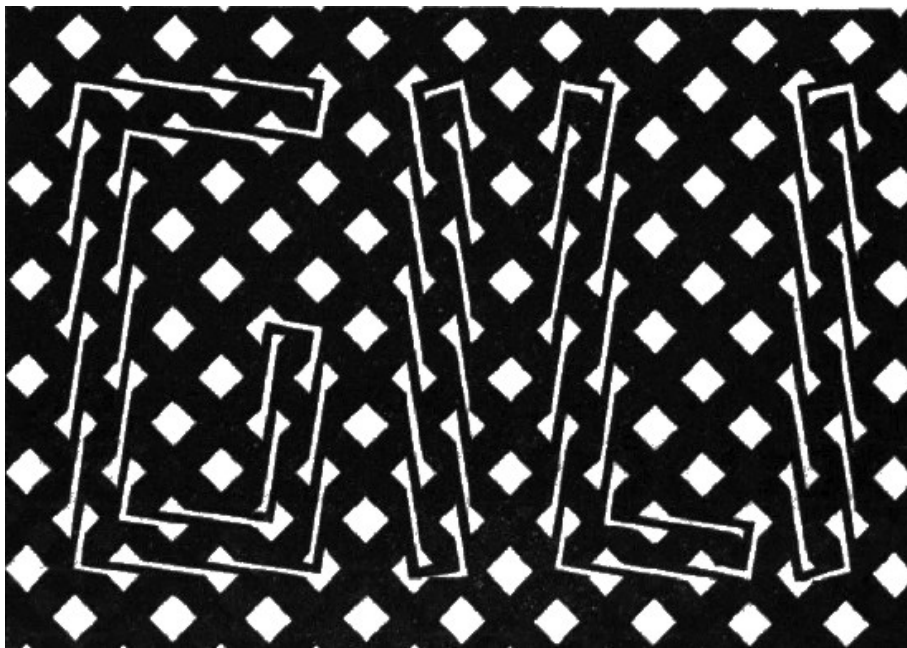


Figura 533

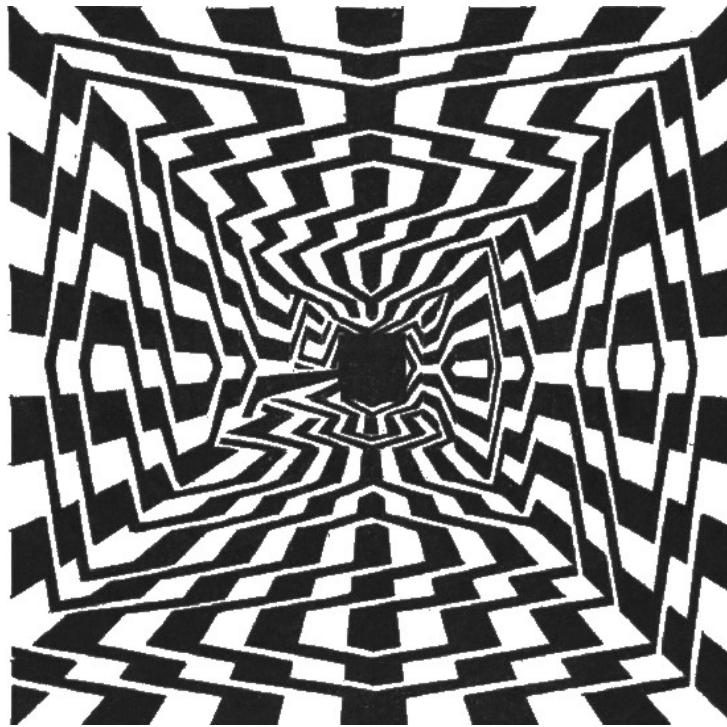


Figura 534

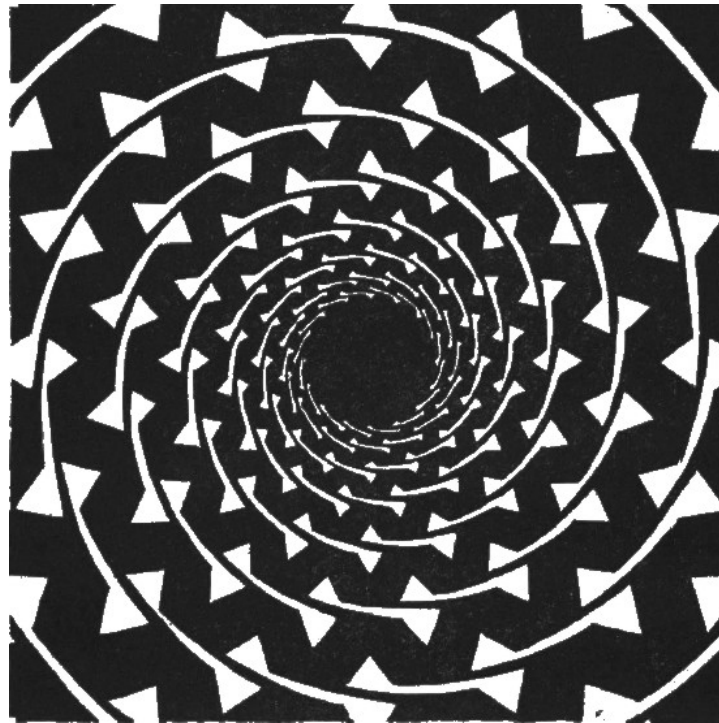


Figura 535



Figura 536

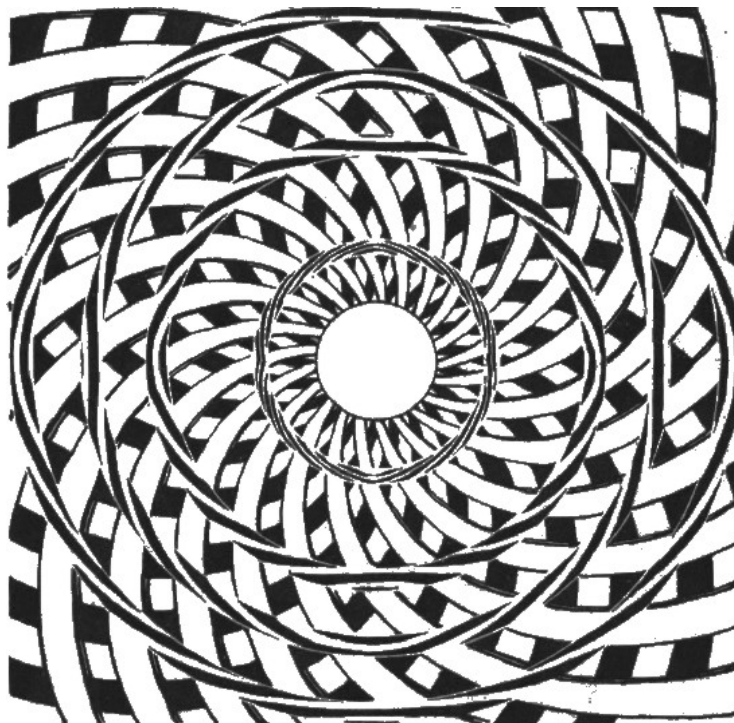


Figura 537

Todo es según el color...

551. *Todo es según el color del cristal con que se mira.* — A través de los diversos cristales de una vidriera policroma, ¿quién no se ha deleitado observando los variados y sorprendentes aspectos que toma el paisaje? ¿Quién no se ha maravillado ante el lago del infierno en que parece convertido el mar, visto a través de un cristal rojo?

La explicación es sencilla: el color azul del mar no puede atravesar el vidrio rojo. Y como el mar no tiene otro color, a través del vidrio rojo sólo puede verse negro. Negro aparecería también, aun visto directamente, si la luz del sol fuera roja.

552. *Todo es según el color de la luz que lo ilumina.* — He aquí un divertido experimento que lo comprueba. Prepárese una lámpara de alcohol con torcida (mecha) muy gruesa y cárguese con alcohol y sal. Agítese un rato para que el alcohol disuelva una buena porción de sal. Al encender esa lámpara se observará que el alcohol salado arde con luz amarilla. El sodio contenido en la sal da, en efecto, ese color a la llama de alcohol: así se tiene una llama monocromática, es decir, de un solo color, pues que no despidе rayos rojos, ni verdes, ni azules, sino solamente rayos amarillos.

Cerremos perfectamente el balcón y sus postigos, o apaguemos las otras luces, formemos un corro alrededor de la llama de alcohol salado, y mirémonos.

Parecemos salidos de la tumba. No hay carmín en los labios, ni rosa en las mejillas ni en las uñas; el blanco del ojo aparece terroso; una palidez cadavérica ha invadido todos los semblantes. Las corbatas presentan todas un tinte negruzco uniforme; unos trajes son más claros, otros más oscuros, pero no presentan diferencias de color. — He aquí un libro de tapas rojas: ¿quién lo diría?—He aquí una acuarela... parece que no se ha empleado en ella más color que la tinta china.

Cese la pesadilla: abramos el balcón o demos luz, y todo recuperará el color propio...

Mejor que «color propio» diríamos «color de costumbre», porque

*Todo es según el color
de la luz que lo ilumina.*

ADVERTENCIA. — Como lámpara de alcohol podrá emplearse un infiernillo, o la lámpara Fénix.

Herpin (1829) da a la lámpara de este experimento el nombre de «antorcha infernal».

Metamorfosis de un dibujo

553. Vista a través de un cristal rojo, una línea verde, trazada sobre un papel, aparece negra: la luz verde no atraviesa el vidrio rojo. En cambio, una línea encarnada trazada sobre el mismo papel, a través del cristal rojo resulta invisible, porque la luz roja que emite el trazo encarnado atraviesa el cristal del mismo modo que la procedente del fondo blanco, mientras no lo atraviesan los rayos de los restantes colores que integran el blanco.

En una hoja de papel dibújese primero en verde claro un objeto. y después en rojo intenso otro objeto: los fuertes trazos del dibujo rojo harán que pasen inadvertidos los más débiles del dibujo verde que con ellos se cruzan y superponen. Mas mirando a través de un cristal rojo o de una hoja (le gelatina teñida de rojo, dejará de verse el dibujo encarnado y en cambio el dibujo verde se verá perfectamente, en negro sobre el fondo rojo. Con un poco de gracia y mala intención en la preparación de los dibujos se consiguen así mediante el cristal rojo divertidísimas metamorfosis.

Invertiríanse las visualidades del encarnado y del verde si habiendo empleado tinta verde fuerte y tinta roja débil, en vez de mirar a través de una placa roja, mirásemos a través de una placa verde.

Dicromías estereoscópicas

554. Superpuestas en el mismo papel dos perspectivas de un mismo objeto, una correspondiente al ojo derecho y otra al izquierdo, y dibujadas la primera en rojo y la segunda en verde, producirán a simple vista la impresión de una figura confusa y defectuosa.

Mas colocando ante el ojo derecho un vidrio verde, y ante el izquierdo uno rojo, el ojo derecho no verá más que los trazos rojos, en negro, y el ojo izquierdo no verá más que los trazos verdes, también en negro. Viendo cada ojo la correspondiente

perspectiva del objeto, si colocamos el dibujo a la distancia conveniente, veremos de relieve, en el espacio, el objeto representado.

Para conseguir estos efectos, es necesario que el rojo y el verde empleados en el dibujo sean muy pálidos; de otra manera no sería posible dejar de verlos aun a través del cristal del mismo color.

555. Invirtiendo el color de los vidrios colocados ante los ojos, el izquierdo verá la perspectiva correspondiente al derecho y éste verá la correspondiente al izquierdo. Tratándose de un paisaje o de una figura, esto ocasionará confusión; mas tratándose de un cuerpo geométrico, advertiremos la inversión del relieve, pasando a último término las caras que antes ocupaban el primero. Si lo representado fuese una esfera (por ejemplo, la terrestre), con esa inversión se la vería en hueco.

Superposición de vidrios de color

556. Sabemos, y lo hemos experimentado repetidamente, que la unión del color rojo con el verde da el blanco. Pero coloquemos ante nuestro ojo un cristal verde: todo lo veremos verde; empleemos uno rojo: todo será rojo; miremos con uno rojo y otro verde superpuestos: todo será... negro.

Este hecho paradójico tiene fácil explicación. El cristal verde sólo da paso a la luz verde; el cristal rojo, que le sigue, sólo darla paso a la luz roja, pero no da paso a la luz verde: por consiguiente ninguna luz llega a penetrar en el ojo.

De igual manera, sabiendo que la mezcla del color azul con el amarillo da color verde, nos engañaríamos si quisiéramos preparar un cristal verde por la superposición de dos cristales, uno amarillo y otro azul; resultaría de esta combinación un cristal negro, ya que cada uno de los cristales elegidos da paso solamente a la luz que no puede atravesar al otro.

Colores de las laminas delgadas

557. Sobre el agua límpida de un aljibe déjese caer una gota de aceite: éste se extenderá rápidamente por la superficie del agua produciendo unos círculos de variados y bellísimos colores, debidos a la doble reflexión de la luz en la superficie del aceite y en la del agua, es decir, en ambas caras de la tenue capa de aceite.

Los brillantes anillos de color producidos por el aceite tienen una existencia fugaz: la tenue lámina se rompe y da origen a numerosas esferillas de aceite que se mantienen flotando en el agua.

En el agua sucia procedente de las fábricas se pueden observar con mucha frecuencia unas manchas de color debidas al mismo origen. Lo mismo sucede con el aceite que dejan caer los automóviles sobre el asfalto regado.

558. En muchos minerales foliáceos se pueden reconocer manchas coloreadas semejantes, tan especialmente visibles en la variedad natural de yeso llamada espejuelo o espejo de asno.

Aparecen también cuando dos vidrios bien pulimentados se superponen: con frecuencia se observan al obtener positivas fotográficas, cuando se coloca el clisé en contacto con el cristal de la prensa y se ejerce presión entre ambos.

Las vasijas de vidrio, desenterradas de las ruinas de antiguas ciudades y cementerios, presentan también variados colores, debidos a que con el tiempo el vidrio ha adquirido una estructura foliácea, como se puede reconocer rascando un poco su superficie, pues se disgrega saltando en cascarillas. La misma ligereza y tenuidad de esas vasijas muestra la disgregación espontánea que han sufrido.

559. La formación de colores en las láminas delgadas y la relación entre el color y el espesor de la lámina se pueden observar en una lámina de agua de jabón, formada en un aro de alambre. Para la preparación del líquido y formación de la lámina, daremos más adelante prolijos pormenores.

Formada la lámina líquida y manteniéndola vertical, el líquido que la constituye tiende, por su peso, a bajar, y baja, en efecto, engrosando la lámina progresivamente de arriba abajo. Pronto se tiene una lámina líquida, no de caras paralelas, sino de caras divergentes hacia abajo. Prosiguiendo este adelgazamiento espontáneo general, pero más avanzado en la parte superior, en seguida se ven aparecer los colores debidos a la doble reflexión en las láminas delgadas.

Fijando entonces la vista en un punto determinado, se verá pasar el color de verde (por ejemplo, suponiendo que éste fuera el color que percibimos al fijar la vista) a azul, y en seguida a violeta, y a rojo, y a naranja, y a amarillo, y otra vez a verde, y

a azul, etc., es decir, siempre en el sentido de pasar a los colores más refrangibles del espectro, y al acabar los colores espectrales se pasa del violeta al rojo a través del púrpura (color de transición entre el rojo y el violeta) o del rosado, que no es más que el color púrpura-claro.

Estando la lámina líquida aparentemente quieta y cuidando de no dirigirle soplo ni aliento alguno, podremos observar una serie de franjas paralelas irisadas, que indican el distinto espesor en las diversas regiones de la lámina: claro está que siendo hacia abajo mayores los espesores, de arriba abajo tendremos este orden de colores: ...verde, amarillo, naranja, rojo, púrpura, violeta, azul, verde, etc.

ADVERTENCIA.—Hasta aquí hemos considerado el caso, que pocas veces se da en la práctica, de formación de todos los colores. Estos sólo se forman en una lámina muy delgada. Si la lámina es algo gruesa, se saltan en la serie muchos colores, y se saltan todos, es decir, no se forma ninguno, cuando la lámina tiene demasiado espesor.

Valga esta advertencia para todos los párrafos dedicados a los colores de láminas delgadas.

561. Los hermosos, brillantes y variadísimos matices de las pompas de jabón se explican del modo que acabamos de ver.

Pero por estar sometida la pompa a una serie de corrientes de gas, interiores y exteriores, a vaivenes de la mano que sostiene el tubo, y si se suelta, a la acción resistente del aire, a movimientos de ladeo y rotación, etc., nunca sus colores se presentan distribuidos con uniformidad: aquí aparece una mancha roja, más allá una azul, etc.

Sin embargo, observándola con alguna atención, se advertirá que la distribución de los colores no es tan arbitraria como a primera vista parecía: en un lado, por ejemplo, una mancha roja de contorno irregular estará bordeada por una anaranjada y ésta por una amarilla, etc..

En otro lado advertiremos una mancha azul, bordeada por una verde, y ésta por una amarilla, etc. Después de lo advertido en el párrafo anterior ya podemos interpretar esta disposición: la primera mancha, roja, ocupa una región de la pompa en que el espesor de la pared es máximo y decrece a partir de ella; en cambio, la segunda mancha, azul, ocupa un área de espesor mínimo, y está rodeada por zonas



Figura 538

de espesor creciente. Es decir: los diversos colores, sabiendo interpretarlos, dan cuenta de las variaciones de espesor de la película líquida, como las curvas de nivel de un mapa expresan las variaciones de nivel de la superficie terrestre.

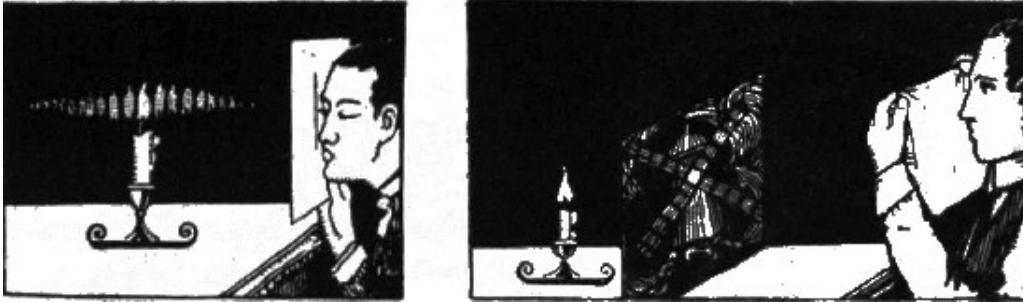
Pero las curvas de nivel de las pompas presentan una movilidad incesante.

561. Se da regularidad a los colores de una pompa de jabón formándola en condiciones que eviten las causas de confusión expresadas en el párrafo anterior. La manera de conseguirlo es soplar la pompa dentro de una botella incompletamente cerrada por un tapón atravesado por el tubo con que se sople (fig. 538).

Entonces los colores formarán zonas muy regulares que se corresponderán con las franjas que aparecían en la lámina plana formada en el aro de alambre (559).

Colores debidos a la difracción de la luz

562. En una tarjeta de cartulina delgada, ábrase, con una hoja cortante, una rendija de cosa de 1/4 de milímetro de anchura. Póngase esa rendija verticalmente delante del ojo y obsérvese a su través la llama de una bujía: se verán a uno y otro lado de la llama una serie de imágenes policromas y algo difusas de la misma llama, a causa de la difracción de la luz que atraviesa la estrecha rendija (fig. 539).



Figuras 539 y 540

563. Efectos semejantes se obtienen anteponiendo al ojo, en vez de la rendija, un cabello tenue, un alambre, etc. La difracción de la luz que pasa rasante por los bordes del filamento determina también la producción de aquellas series de imágenes. No puede emplearse con el mismo fin un hilo ordinario, por no ser su superficie lisa, sino en extremo rugosa y desigual.

564. Los mismos efectos se observan entornando los ojos para mirar a través de las pestañas. Y a la misma causa se deben los colores que aparecen en una cabellera expuesta al sol, o en las superficies finamente rayadas, como la del papel blanco o la de un metal esmerilado, cuando reciben la luz del sol.

565. Un tejido de seda produce brillantes efectos de difracción de la luz, en la dirección de la trama y en la de la urdimbre. Mirando una llama a través de un tejido de seda tenso, se verán cuatro series de imágenes coloreadas, en vez de las dos series que se veían a través de las pestañas (564)

He aquí un juego fundado en el mismo fenómeno (fig. 540). Sobre una hoja de cartón dibújese y píntese un molino de viento, sin aspas: en el punto correspondiente al eje de giro de las aspas recórtese una ventana cuadrada, colóquese el cartón sobre un mueble, y enciéndase detrás de él una bujía, de manera que la llama se forme a la altura de la ventana. Mirando el molino desde cierta distancia a través de un pañuelo de seda, se verán aparecer las aspas, bellamente pintadas, que girarán, sin viento, si se hace girar el pañuelo. La apariencia es debida a las cuatro series de imágenes de la ventana, producidas por la difracción en la trama y en la urdimbre.

Líquidos fluorescentes

566. El petróleo del alumbrado ¿de qué color es? Puesto en una vasija de vidrio incoloro, advertiremos que siendo amarillento el color de la masa líquida, presenta, sin embargo, un viso azulado en la superficie expuesta a la luz. Este color superficial recuerda el de los cuerpos fosforescentes, y, en efecto, se consideran muy relacionadas la fosforescencia y esta propiedad del petróleo de presentar el viso azulado en el lado expuesto a la luz, propiedad que recibe el nombre de fluorescencia.

567. No es el petróleo el único líquido fluorescente.

El aceite de máquinas, por ejemplo, que es un líquido muy espeso empleado como lubricante, es a menudo verdoso y presenta fluorescencia azulada o rojiza.

Ciertas clases buenas de agua de Colonia son fluorescentes por comunicarles esta propiedad alguna de las esencias que contienen. Son también fluorescentes las soluciones de sulfato de quinina, ese medicamento tan empleado para combatir las fiebres palúdicas. Disuelto un poco de sulfato de quinina en una gota de ácido sulfúrico y diluyéndolo en un vaso de agua, resulta un líquido que a pesar de aparecer incoloro en la masa, es azulado en la cara de la vasija que recibe la luz.

568. La fluoresceína es una substancia colorante derivada del alquitrán, que comunica bellísima fluorescencia a sus soluciones, de suerte que bastará disolver en el agua unos granos de fluoresceína para obtener un líquido de fluorescencia intensa. Utilizando esa propiedad de la fluoresceína, se puede realizar el siguiente experimento: pónganse unos granos de dicha substancia sobre el papel, vuélvase al frasco, y puesta la misma hoja de papel sobre un vaso de agua, sacúdase para que el polvillo de fluoresceína que le ha quedado adherido se



Figura 541

desprenda y caiga en el líquido: los granillos de polvo descenderán lentamente, y disolviéndose a lo largo de su camino, lo dejarán dibujado en el seno del agua por estrías amarillas, de bellísima fluorescencia verde (fig. 541).

569. Si se quiere dar más vistosidad al experimento anterior, sacúdase sobre el agua del vaso una hoja de papel espolvoreada a la vez con fluoresceína, eosina, verde malaquita y otras materias colorantes solubles en el agua: cada grano, al descender, dejará su estela; y por lo tanto, aparecerá el líquido surcado verticalmente con estrías policromas, unas de color uniforme, otras fluorescentes.

Preparación del sulfuro de calcio fosforescente

570. Entre los cuerpos fosforescentes, constituyen un grupo especial aquellos cuya fosforescencia no se desarrolla por acciones mecánicas (como la de las piedras de chispa frotadas entre sí), o eléctricas (como la de los objetos electrizados), o químicas (como la del fósforo), o fisiológicas (como la de las luciérnagas), sino por exposición previa a una luz muy viva.

A este grupo corresponden el diamante y otras piedras preciosas, y principalmente el sulfuro de calcio, el sulfuro de bario y el sulfuro de estroncio.

El sulfuro de calcio fosforescente se prepara mezclando íntimamente carbonato de cal finamente pulverizado y flor de azufre, en la proporción de 100 partes de carbonato por 48 de azufre, pasando la mezcla a un crisol de barro y sometiéndola durante media hora al calor de una estufa de carbón ordinaria: en la estufa, ocupando el centro de la rejilla, se pone un trozo de ladrillo, y sobre éste el crisol, rodeado de los carbones encendidos. No conviene que el calor de la estufa sea excesivo, pues la temperatura del crisol no ha de pasar de la correspondiente al rojo cereza.

Al cabo de media hora, se saca de la estufa el crisol, se deja enfriar y se guarda su contenido en un frasco de vidrio.

571. Expuesto a la luz del sol, o a la de la llama de magnesio, el sulfuro de calcio así preparado, una vez en la obscuridad despedirá durante bastante tiempo una luz

viva, cuyo matiz dependerá de la procedencia del carbonato de cal empleado en la preparación del sulfuro.

Pueden emplearse, como carbonato de cal, conchas de ostra, que dan a veces un sulfuro muy fosforescente, cristales de calcita..., pero los mejores resultados se obtienen empleando carbonato de cal precipitado

Esta precipitación se consigue tratando las soluciones de diversas sales de calcio, con la solución de un carbonato alcalino o haciendo burbujear en agua de cal una corriente de gas carbónico.

Por ejemplo: disuélvase en agua nitrato de calcio, agréguese unas gotas de ácido nítrico y añádase gradualmente una solución de carbonato amónico hasta que deje de formarse más polvo blanco al mezclarse los dos líquidos. Déjese posar, fíltrese, lávese con agua la masa blanca acumulada en el filtro, déjese escurrir, sepárese el filtro del embudo, extiéndase sobre papel secante y abandónese el tiempo suficiente para que se seque bien. Esta masa blanca, muy fácilmente pulverizable, es el carbonato de calcio destinado a ser mezclado con la flor de azufre en la proporción citada en el párrafo anterior, para obtener un sulfuro fosforescente que presentará fosforescencia purpúrea. Si en la preparación del carbonato de calcio verificada como acabarnos de explicar, substituímos el nitrato de calcio por el cloruro de calcio, el sulfuro, obtenido presentará fosforescencia amarilla.

También puede prepararse el carbonato cálcico haciendo pasar una corriente de gas carbónico por agua de cal; obtenido el precipitado, se filtra, se lava y se seca del modo dicho. El sulfuro formado con este carbonato da fosforescencia violácea.

Por fin, en vez de mezclar con la flor de azufre el polvo de carbonato, puede mezclarse polvo de cal viva, en la proporción de 3 partes de azufre por lo de cal.

572. De igual manera que el sulfuro de calcio, puede prepararse el sulfuro de estroncio, y según el carbonato de estroncio de que se parta se obtienen variedades que dan fosforescencia verde o azul.

Lo mismo puede decirse de los sulfuros de bario, cuyas variedades dan fosforescencia anaranjada o verdosa. Mas en la preparación de este sulfuro debe elevarse y sostenerse más la temperatura a que se somete el crisol.—Véanse otros

procedimientos especiales de preparación en el Recetario de droguería, de Buchheister.

Objetos fosforescentes

573. Estampas, esferas de reloj; espejos, flores de trapo, cualquier objeto puede hacerse fosforescente adhiriéndole con goma o cola un polvo fosforescente como aquellos cuya preparación se ha descrito en los últimos párrafos.

Para excitar la fosforescencia del objeto preparado, se expone a la luz del sol, a la del magnesio o a la del arco voltaico.

Disponiendo de diversos sulfuros fosforescentes, pueden distribuirse sobre el objeto que se prepare, de manera que se obtengan bellísimas combinaciones de matices.

Hasta se ha propuesto suprimir en algunas ciudades el alumbrado público nocturno, enjalbegando las fachadas de los edificios con sustancias fosforescentes, las cuales, recibiendo durante el día la excitación de la luz del sol, cederían por la noche la luz necesaria para el alumbrado, a un precio que resistiría a toda competencia.

Para esferas y saetas de reloj se emplean colores fosforescentes radiactivos, consistentes en sulfuro de zinc adicionado de bromuro de mesotorio. Puede verse la preparación y la aplicación en el citado Recetario de droguería.

Luz fría

574. Particularidad notable de la luz fosforescente es la de proceder de cuerpos fríos.

Las piedras de chispa, o los terrones de azúcar, que al ser frotados entre sí fosforecen, se mantienen fríos.

Las tajadas de merluza que en la despensa han aparecido luminosas, con una hermosa luz purpúrea, se mantienen frías.

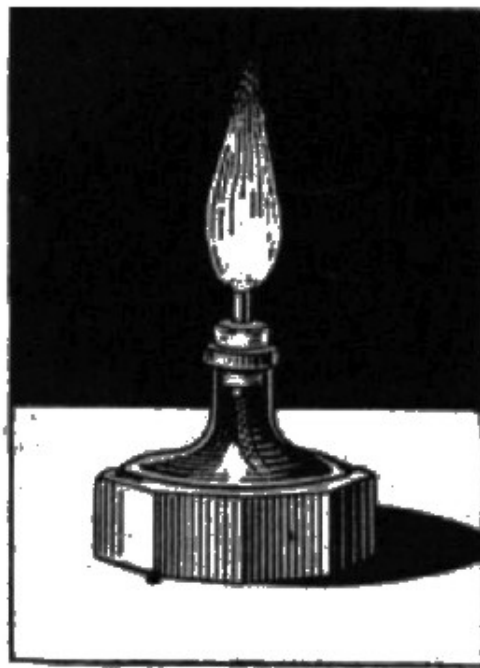
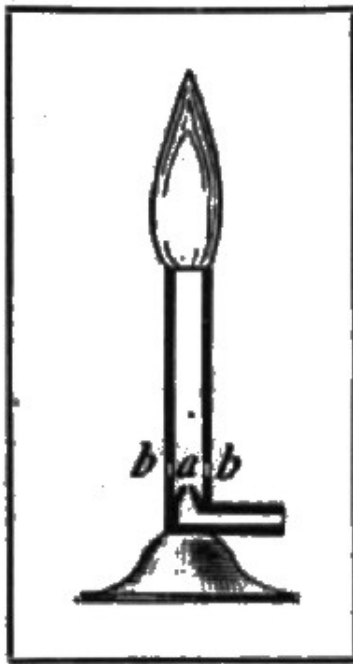
El gusano de luz, la humilde luciérnaga, que luce entre las hierbas su luminoso abdomen, puede ponerse en la mano sin temor a que cause quemaduras. Se halla también enteramente frío.

EL CALOR

Lamparillas para calentar

575. Al realizar experimentos de Termología (estudio del calor) o de Química, se necesita usar a menudo lamparillas de alcohol o mecheros de gas para calentar tubos de ensayo, vasos y otros recipientes de vidrio de paredes delgadas, etc.

El hornillo de carbón, el fuego de leña, el hornillo de gas, sólo sirven para calentar vasijas toscas de barro o recipientes de metal que no sean frágiles: calentar los de otra clase exige cierta práctica.



Figuras 542 y 543

Si se dispone de instalación de gas del alumbrado, es preferible a todas las lámparas un mechero de Bunsen (fig. 542), que consiste esencialmente en un tubo vertical por cuya base penetra el gas y se mezcla con el aire que entra por unas aberturas inmediatas: en la boca del tubo arde la mezcla del aire y gas con una llama azulada, muy poco luminosa, que no ahúma los objetos que en ella se calientan. Esta misma llama la da en mayor escala el hornillo de gas. Cerrando las aberturas de entrada del aire, la llama se vuelve luminosa y humeante.

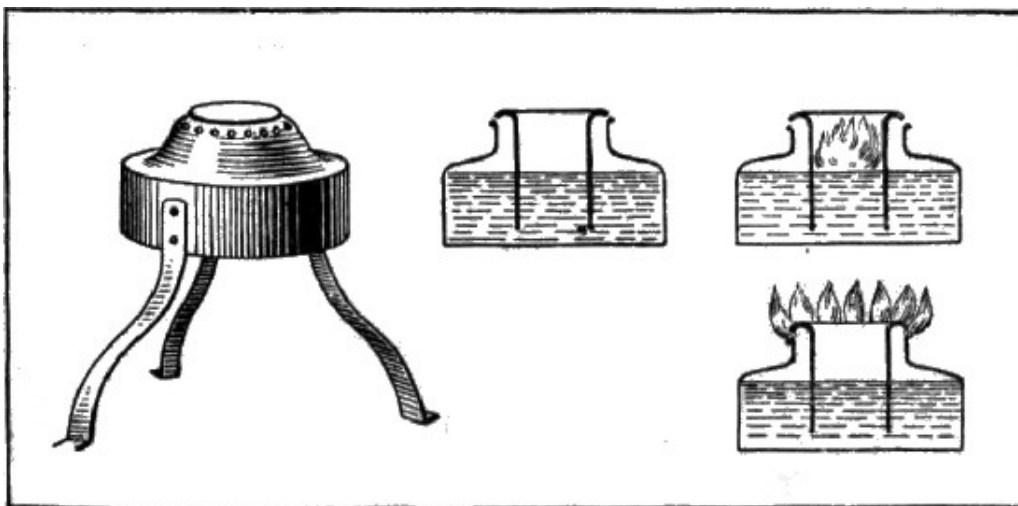
Un buen mechero de Bunsen se puede adquirir por muy pocas pesetas.

Si se emplea gas del alumbrado para realizar experimentos insistiremos en la necesidad de evitar escapes y de dejar perfectamente cerradas las llaves al apagar las llamas. En el caso de que se teman escapes, ábranse de par en par las ventanas de la habitación antes de buscarlos.

576. No disponiendo de instalación de gas y de mechero de Bunsen, hay que proveerse de lámpara de alcohol, ya comprándola, ya preparándola. Para esto se taladra el tapón de una botellita y se aplica al orificio, de manera que quede bien sujeto por el corcho, un tubito metálico, procedente de un portaplumas viejo: a través de este tubo se pasa la torcida de algodón y en la botellita se pone alcohol de arder (fig. 543).

577. Si se necesita calentar algo en un hornillo, puede emplearse el de carbón, el de gas o el de alcohol.

Entre los diversos sistemas de hornillos de alcohol es muy recomendable el llamado «lámpara Fénix», de la que la figura 544 representa la perspectiva y la figura 545 la sección vertical.



Figuras 544, 545 y 546

Para usar la lámpara se enciende el alcohol en el pozo central, obteniéndose así una tenue llama vacilante que calienta las paredes internas de metal y, por lo tanto, el

alcohol comprendido entre ellas y las externas; así el alcohol pronto despidió abundantes vapores que escaparon por la corona superior de orificios y se inflamaron dando una nutrida llama (fig. 546).

Para mayor economía, en las lámparas de alcohol se puede emplear indistintamente alcohol de arder (es decir, alcohol de comercio, impuro) o alcohol desnaturalizado (es decir, alcohol con impurezas agregadas para hacerlo desagradable al gusto, e impedir así que sea utilizado en la bebida). No olvidemos tampoco la posibilidad de emplear el combustible «meta».

Dilatación de los sólidos por el calor

578. Los metales y en general todos los cuerpos se dilatan por el calor, pero la dilatación es tan pequeña, que sólo ampliándola puede hacerse sensible a simple vista.

Mas a pesar de su pequeñez, esa dilatación se utiliza en múltiples casos, así en la vida doméstica como en la industria: ella es la que permite destapar, calentando el cuello, un frasco de tapón esmerilado; ajustar las llantas a las ruedas de los carruajes; entrar anillos metálicos en caliente sobre las piezas que se deben unir, etc.

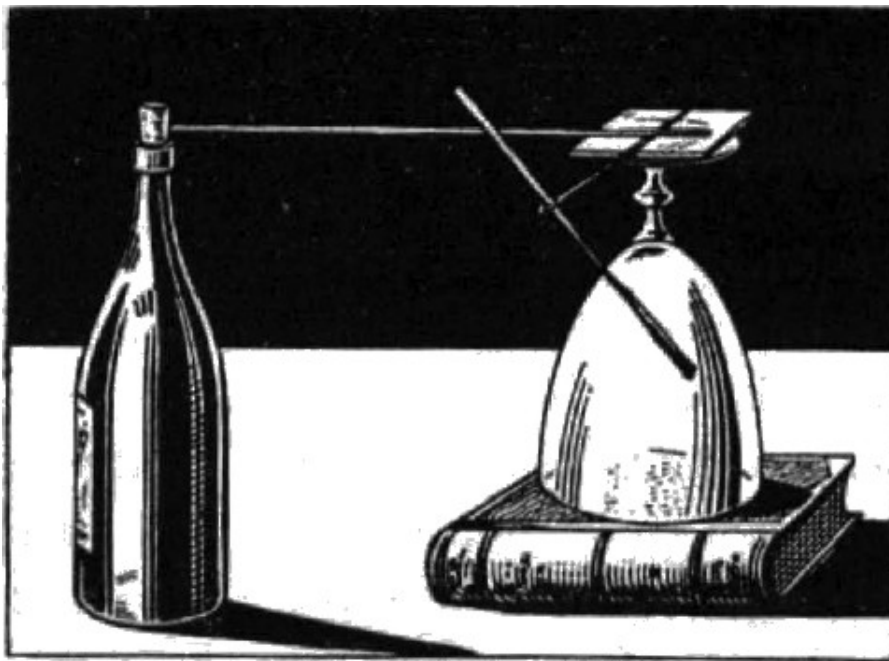


Figura 548

579. Con un tapón de corcho y dos agujas calceteras se preparará la cruz de una balanza. Los extremos de las agujas calceteras llevarán sendos corchos, en los cuales se irán clavando alfileres hasta conseguir que la cruz se mantenga horizontal. Dos agujas de coser que atraviesen el primer tapón normalmente a la dirección de la cruz constituirán el punto de apoyo, y de plano de apoyo servirá el pie de una copa puesta boca abajo sobre la mesa. La figura 547 muestra el aparato terminado. Aplicando ahora una llama a uno de los brazos de la balanza (es decir, a una de las agujas calceteras) el equilibrio quedará perturbado, como si el lado calentado hubiera aumentado de peso. En realidad lo que ha aumentado ha sido la longitud de la aguja calentada, y por lo tanto el brazo de palanca, así del peso aplicado a su extremo como de su propio peso.

580. Sujetando uno de los extremos de una aguja calcetera en forma conveniente, por ejemplo clavándolo en el tapón de corcho de una botella, y haciendo que el otro extremo se apoye sobre una aguja de coser situada transversalmente en una superficie plana muy lisa, por ejemplo de cristal o de metal pulimentado, si se calienta la aguja calcetera, el ligero aumento de su longitud hará rodar la aguja de coser, y si en el extremo de ésta se ha fijado perpendicularmente una brizna de paja, girará la paja a su vez, mostrando la rotación de la aguja de coser y por lo tanto la dilatación de la aguja calcetera (fig. 548).

El tapón de corcho con que se sostiene un extremo de la aguja debe inclinarse convenientemente para que el otro extremo ejerza presión sobre la aguja de coser que lleva el indicador de paja.

El caucho, caso excepcional

581. El caucho o goma elástica cuando se calienta se contrae en vez de dilatarse; dicese que el caucho presenta una dilatación negativa. De aquí que el caucho al contraerse absorba calor; en cambio para dilatarse, desprende calor.

Aplicada a los labios una tira de goma elástica (por ejemplo una tira de las que se usan para liar paquetes), al tirar fuertemente de sus extremos sentiremos en los labios el desarrollo del calor; y al aflojar de nuevo, para volver la goma a su

longitud primitiva, notaremos el enfriamiento debido a la absorción de calor (fig. 549).

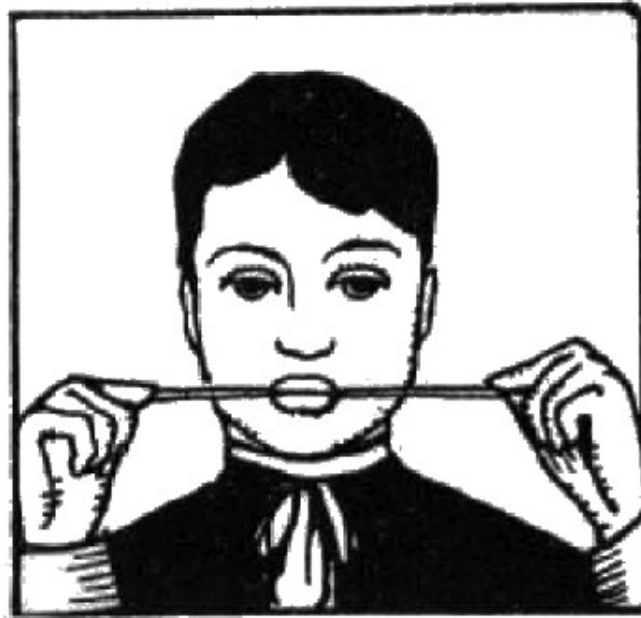


Figura 549

Manera de cortar el vidrio

582. Conocida es la tendencia a prolongarse que presentan las grietas en el vidrio. Evitase tal propagación, interceptándola mediante un orificio circular: éste es el procedimiento comúnmente seguido para contener la rotura completa de los grandes cristales que han comenzado a agrietarse.

Pero una grieta sobre un objeto de cristal, se puede hacer progresar en la dirección y forma que se desee, calentando el cristal en dicha dirección mediante una punta candente. Aproximando esta punta al extremo de la grieta, ésta se va alargando y se corre en la dirección en que se vaya corriendo la punta.

Se puede emplear una punta de hierro calentado al rojo, pero es más común servirse de una varilla de vidrio cuyo extremo se ha calentado hasta comenzar a reblandecerlo. Claro está que en uno y otro caso se tendrá que interrumpir la operación de vez en cuando, por haberse enfriado la punta y tener que calentarla de nuevo.

De aquí lo cómodo del uso de unas barritas de carbón, moldeadas como lápices, llamadas carbones de Berzelius, cuyo extremo se mantiene incandescente por ser

asiento de una viva combustión, sin llama y sin que estorben las cenizas producidas, porque se desprenden a medida que se forman.

Preparación del carbón de Berzelius

Fórmase una pasta con los siguientes ingredientes:

Negro de humo	180 gramos
Goma arábica	56 gramos
Goma tragacanto	23 gramos
Benjuí	23 gramos
Agua	cantidad necesaria

y se moldea en forma de barritas mediante un corto tubo de cristal y un lápiz que sirve para comprimir la pasta dentro del tubo y extraer luego la barrita formada. Déjese secar las barras, y quedan dispuestas para el uso.

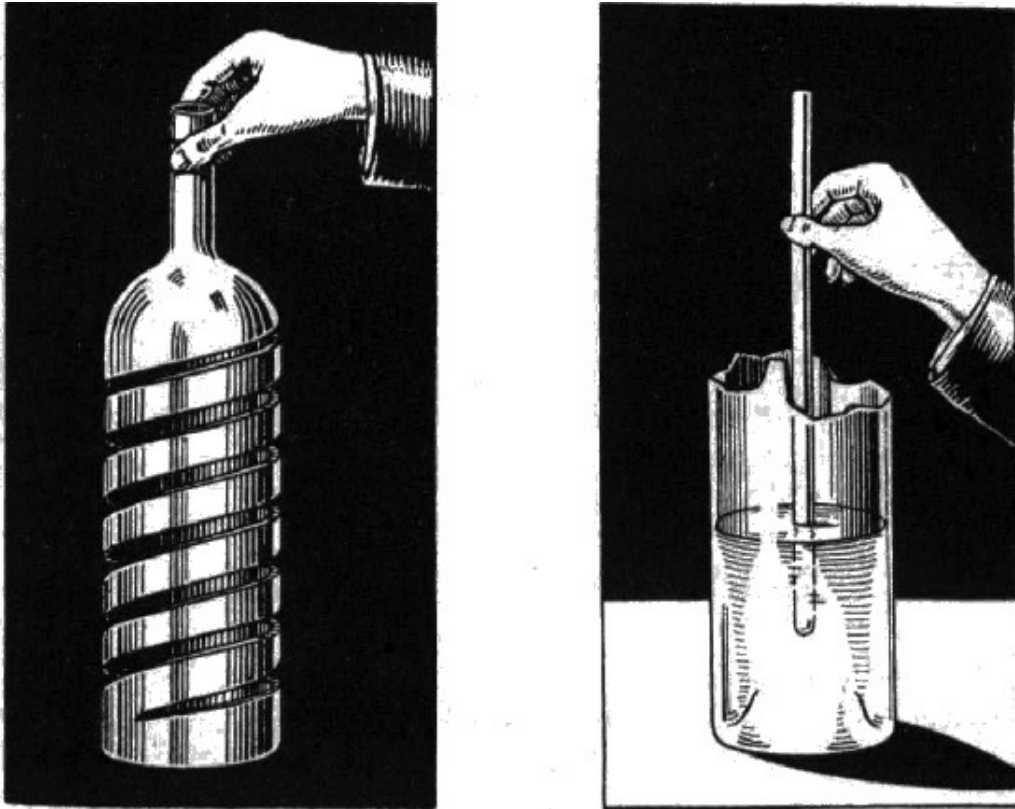
Encendida una barra por un extremo se aproxima éste al límite de la grieta, se sopla para activar la combustión, y corriendo el carbón, se obliga a la grieta a propagarse en la dirección que se le va señalando.

Por su combustión, el carbón de Berzelius despide un olor muy agradable.

Para apagarlo se le moja con una gota de agua.

584. Cortar según el procedimiento descrito un objeto de cristal ya agrietado, no tiene dificultad. Pero es más difícil cortar un objeto en que haya de comenzarse la grieta. Para ello sirve la lima: con el canto de una lima triangular se frota el punto en que se quiera comenzar la grieta, mojándolo previamente. Así se abrirá un surco en el cristal. Aunque este surco no llega a la cara opuesta, es un punto flaco en que se producirá una rotura con más facilidad que en otra región intacta. Se aproxima al surco el carbón encendido, y soplando con fuerza se logra que aparezca la grieta: obtenida ésta se consigue su propagación del modo ya descrito. Estas operaciones son utilísimas en los laboratorios de química para cortar tubos de gran diámetro, aprovechar matraces rotos por el cuello, etc.

Pasatiempo tan entretenido como inútil, a no ser que sirva para poner a prueba la paciencia, es el de recortar una botella en espiral, como está representado en la figura 550.



Figuras 550 y 551

Aprovechamiento de una botella rota

585. Una botella rota por el lado del cuello se puede aprovechar para convertirla en vaso, recortándola circularmente por debajo de la sección irregular que ha dejado la rotura.

Para recortarla se empleará uno de los procedimientos descritos en los últimos párrafos, o bien el siguiente.

Se llena la botella rota de aceite hasta la altura a que se quiere recortar, y en el aceite se introduce el extremo candente de una varilla de hierro puesta con antelación al fuego. La elevación brusca de la temperatura del aceite, comunicándose al vidrio, determina su rotura al nivel preciso del aceite. Se percibe un chasquido y la porción superior de la botella queda separada (fig. 551).

Claro está que el vaso resultante no tiene aspecto muy elegante, pero no deja de ser aprovechable para algunos usos, sobre todo después de haber limado sus bordes, cuyas aristas, extremadamente cortantes, nos lastimarían con mucha facilidad.

Un globo improvisado

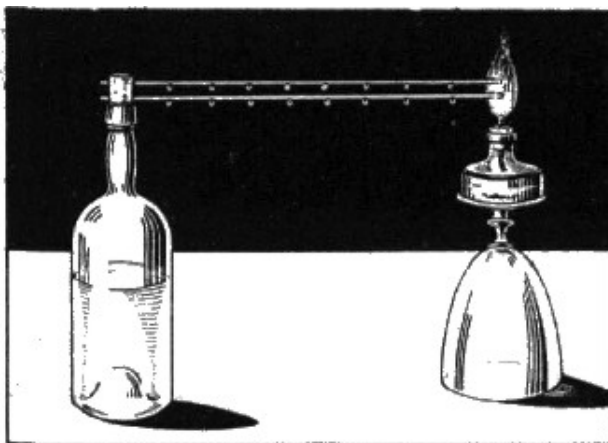
586. Con papel de seda se prepara una bolsita de papel, y ésta se coloca boca abajo sobre la mesa. Se pega fuego por el extremo superior y pronto, ardiendo todo el papel, queda la bolsa convertida en cenizas, aun conservando su forma. Pero entonces de golpe se eleva espontáneamente hasta una altura de uno o dos metros o hasta el techo. La ligerísima bolsa de papel incinerado ha quedado llena de aire caliente, como un globo de Montgolfier, y por esto se eleva.

Conductibilidad calorífica de los metales

587. Una aguja calcetera y un alambre de cobre de igual grueso y longitud se sostienen horizontales fijando sus extremos en el tapón de una botella o entre dos libros.

De dos en dos centímetros se pega con cera sobre los alambres un perdigón.

Calentando los extremos libres de los alambres con una llama de gas o de alcohol, o cualquier otra, el calor transmitido por los metales va fundiendo la cera y soltando los perdigones (fig. 552).



Figuras 552 y 553

Pero los perdigones pegados al alambre de cobre caen más pronto que los pegados al hierro por ser la conductibilidad calorífica de aquel metal bastante mayor que la de éste.

Puede realizarse el mismo experimento sin perdigones, embadurnando de cera, estearina o parafina ambos alambres, y observando cómo avanza más aprisa a lo largo del cobre que a lo largo del hierro, la gota formada por la cera que se va fundiendo.

¿Incombustibilidad del pañuelo?

589. ¿Puede ponerse una brasa de carbón sobre un finísimo pañuelo sin que éste se queme o se carbonice?

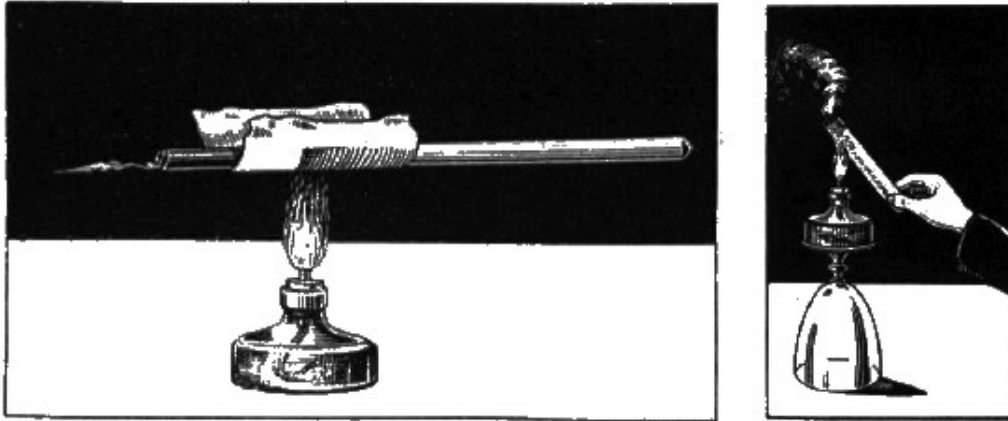
Sí, evitando que la temperatura del tejido se eleve demasiado a pesar de su contacto con el carbón ardiente. O, lo que es lo mismo, robándole al tejido por una cara el calor que el carbón le cede por la otra.

La forma práctica de llevar a cabo el experimento consiste en envolver con el pañuelo una pesada bola metálica y colocar la brasa sobre la región en que el pañuelo se presente perfectamente tenso, sin arruga alguna: la conductibilidad de la bola de metal y su mucha masa evitarán el excesivo caldeo del tejido.

590. Otra manera de proceder: envolver en el pañuelo, manteniéndolo tan tenso como sea posible, un mechero metálico de gas: la llama no quemará el pañuelo (fig. 553).

No sirven los mecheros ordinarios de esteatita, por su falta de conductibilidad.

591. *No todo el papel se carboniza.* Enrollando un pedazo de papel sobre un portaplumas alrededor del punto de separación entre metal y madera, y pasando el papel así arrollado por una llama, observaremos la carbonización inmediata de la porción que cubre la madera y la inmunidad de la porción que cubre el metal (fig. 554).



Figuras 554 y 555

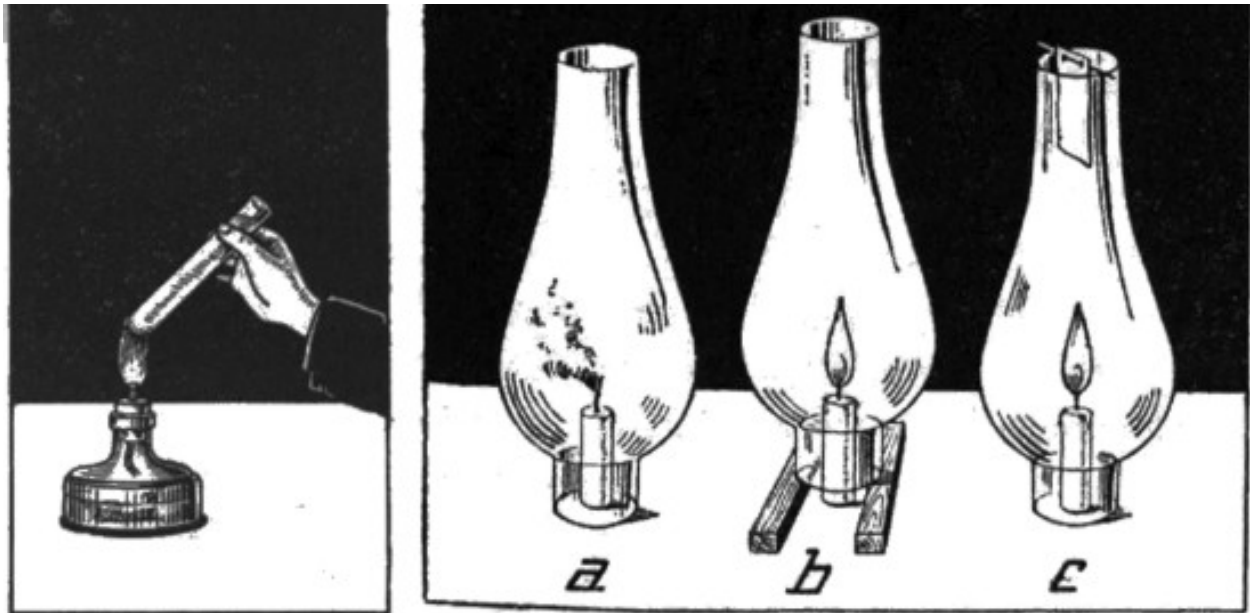
También aquí la conductibilidad metálica impide el exceso de temperatura necesario para carbonizar el papel (Tissandier).

Análoga explicación tiene el hecho de que nos parezca más frío un objeto de metal que un objeto de madera, aunque hayan estado rodeados mucho tiempo por el mismo ambiente frío y posean por lo tanto idéntica temperatura.

¿Por dónde asir el tubo?

592. Llénese de agua un tubo de ensayo, y sosteniéndolo por la porción inmediata al fondo, caliéntese por la superior: el agua se irá calentando por arriba gradualmente y hasta llegará a hervir, sin que los dedos que sostienen el tubo por el fondo sientan la más mínima impresión de calor (fig. 555). El agua es mala conductora del calor y por esto el calor de la superficie no se transmite al agua subyacente.

Pero renuévese el agua del mismo tubo, y caliéntese por el fondo mientras se sostiene por la parte superior (fig. 556).



Figuras 556 y 557

Al poco tiempo la impresión de calor en los dedos será irresistible y tendremos que soltar el aparato, porque el agua caliente del fondo, dilatada, asciende a la superficie y es reemplazada por el agua fría superior, que se calienta y dilata en el fondo a su vez. En el experimento del párrafo anterior, calentándose y dilatándose el agua precisamente en la superficie, la del fondo no interviene en los movimientos y corrientes que se establecen.

Renovación del aire

594. Encendido un cabo de vela sobre la mesa, rodéese de un tubo de antiguo quinqué, que se mantenga derecho, apoyado en la mesa por su boca inferior. A los pocos segundos la llama palidecerá y se extinguirá, ahogada por los productos de la combustión, que se acumulan en el interior del tubo (fig. 557, a).

Mas si este tubo se sostuviera un poco elevado sobre la mesa, de manera que dejara libre una entrada de aire, la vela seguiría ardiendo, hasta consumirse enteramente, ya que la corriente de aire que en el interior del tubo se establecería, expulsaría los productos de la combustión (figura 557, b) .

El mismo efecto de ventilación se puede determinar, estando cerrada toda entrada por la base del tubo, suspendiendo de la boca superior, mediante un alambrito, una pequeña pantalla vertical, por ejemplo, un recorte de tarjeta de visita. Se establece

espontáneamente una circulación de aire a uno y otro lado de la tarjeta (corriente ascendente por un lado, corriente descendente por el otro), circulación que renueva el ambiente interior, y entonces la llama perdura (fig. 557, c).

Viento producido por desigual calefacción del aire

595. Abriendo un poco la puerta de comunicación entre dos habitaciones, una caliente y otra fría, y paseando una bujía a lo largo de la abertura, se observará que en la parte más baja la llama se inclina hacia la habitación caliente y que en la parte alta la llama se inclina hacia la habitación fría; en cuanto a la región media, la llama se mantiene vertical (fig. 558).



Figura 558

La llama funciona como un sensible anemoscopio, e indica que hacia el suelo el aire pasa de la habitación fría a la caliente y hacia el techo el aire pasa de la habitación

caliente a la fría. A veces esas corrientes son bastante intensas para que se puedan percibir por el tacto, y entonces se aprecia también la temperatura más elevada de la corriente superior.

Estando la atmósfera tranquila, este experimento puede hacerse en el balcón, mejor que en una puerta.

Perturban el resultado las chimeneas y estufas encendidas, por su enérgico efecto ventilador.

La causa está en la menor densidad del aire caliente (dilatado) con respecto al aire frío: al establecer la comunicación entre los dos, el aire frío tiende a ocupar la región inferior y el aire caliente la superior de ambos recintos.

Así se explica también el origen de ciertos vientos.

Llamas sonoras

596. Paseando con cierta rapidez por el aire una llama, sea de bujía, sea de gas, se percibe un ruido que se refuerza y debilita de una manera algo rítmica.

Lo mismo sucede soplando sobre la misma llama con bastante fuerza, sin llegar a apagarla.

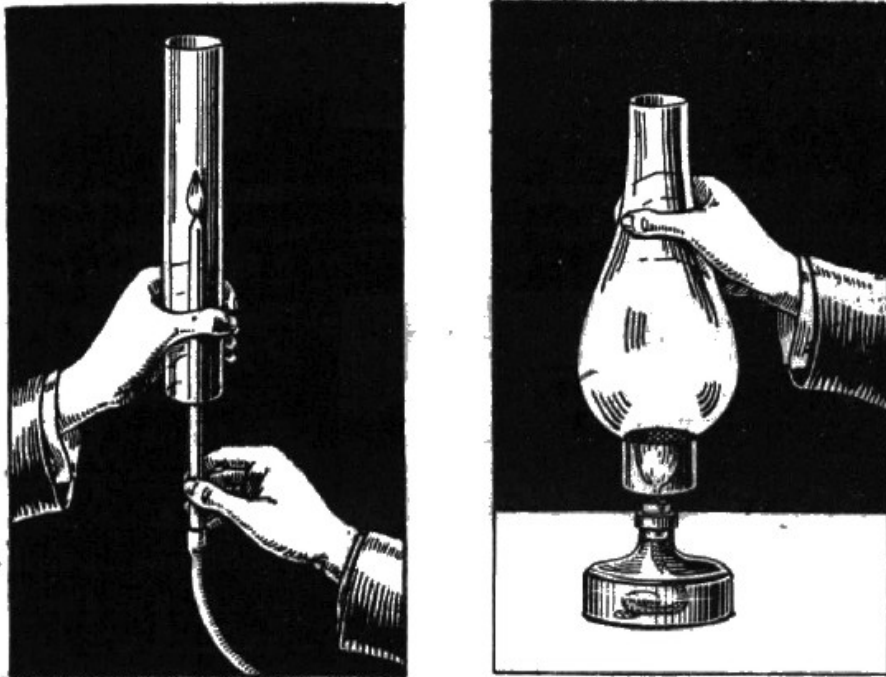
Pero la producción de un verdadero sonido se obtiene rodeando la llama con un tubo vertical, de manera que ella misma, por caldeo del aire del tubo, produzca la corriente gaseosa que la hace vibrar, es decir, oscilar rápidamente.

597. En un mechero largo y estrecho, si es preciso preparado ex profeso mediante un tubo recto de plomo, o de vidrio, se hace arder el gas y se envuelven llama y mechero en un tubo de metal o de cristal más o menos ancho y largo. Es mejor que sea de cristal, para poder observar lo que dentro de él sucede (fig. 559). Cuando la llama está aproximadamente a un tercio de la longitud del tubo, se percibe un sonido musical que se prolonga mientras dura la llama, y ésta entre tanto oscila con tan rápidas oscilaciones que no se perciben mirándola fijamente, y es preciso para observarlas, mover rápidamente los ojos de un lado a otro, frente a la llama, u observarla reflejada en un espejo giratorio.

Para obtener el efecto máximo, conviene graduar la intensidad de la llama cada vez que se cambia de tubo.

Un tubo que canta

598. Un antiguo tubo de quinqué provisto de una tupida tela metálica que obture el paso desde el cuello a la región ensanchada, permite realizar este sencillo experimento (fig. 560).



Figuras 559 y 560

Calentada la tela metálica con una llama de gas o de alcohol hasta ponerla candente, si se retira la lámpara o mechero y se mantiene el tubo vertical, se percibe un sonido monótono de intensidad gradualmente decreciente: el tubo canta.

598. La tarjeta crisol

Sobre una tarjeta o una carta de baraja con los bordes levantados, se llega a fundir perfectamente estaño, con una llama de alcohol, sin que la cartulina se quemara (figura 561).

En realidad, este experimento no es más que una variante de aquellos en que la conductibilidad metálica impedía la combustión de un trapo o un papel, con la particularidad de que tratándose de un metal de bajo punto de fusión, como el estaño, ocurre esta fusión antes de que la cartulina haya adquirido la temperatura

necesaria para inflamarse. O, dicho de otro modo: la temperatura de fusión del estaño es inferior a la temperatura de inflamación de la cartulina.

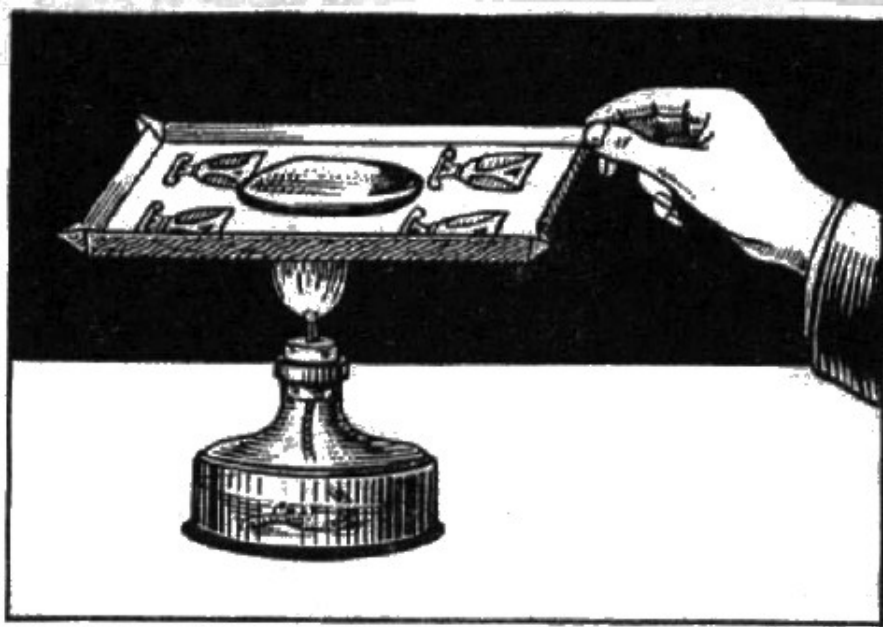


Figura 561

Metales que se funden por fricción

600. Fundiendo en determinada proporción ciertos metales fácilmente fusibles, como el plomo, el bismuto, el estaño, y en especial uniéndolos con el mercurio, se formarán combinaciones, que se llaman aleaciones si no entra en ellas el mercurio, o amalgamas en caso contrario, de muy bajo punto de fusión, y hasta líquidas.

Por ejemplo, la amalgama de bismuto, formada por dos partes de bismuto por una de mercurio, es tan fácilmente fusible, que basta frotarla para convertirla en líquida. De igual propiedad goza una amalgama de plomo formada de cuatro partes de plomo por una de mercurio.

Cucharas que no pueden usarse con el café caliente

601. Con aleaciones fusibles a menos de 70 °C, se pueden fabricar unas sorprendentes cucharas metálicas: la persona que va a usarlas en su taza de café, se encuentra con que la cuchara le desaparece y sólo el mango le queda en la mano...

Se pueden emplear a este fin las siguientes aleaciones:

1. Bismuto 15 partes, cadmio 3 partes, plomo 8 partes, estaño 4 partes: funde a 60 ó 65 °C.
2. Bismuto 4 partes, cadmio 1 parte, plomo 2 partes, estaño 1 parte: funde a 65 °C.
3. Bismuto 8 partes, plomo 5 partes, estaño 3 partes, mercurio 2 partes: funde a 53 °C.

En los párrafos referentes a la reproducción de medallas (libro tercero) se explicará la manera de formar esas aleaciones.

La marmita de papel

602. El vaso de papel cuya confección se hallará descrita más adelante, sirve muy bien como marmita, para hervir el agua.

Mediante un par de agujeros practicados en sus bordes, se podrá suspender el vaso de unos hilos, y llenándolo de agua hasta más de la mitad y aplicándole al fondo una llama de bujía o mejor de gas o alcohol (fig. 562) el agua llegará a hervir sin que el papel se queme, pues la ebullición del agua ocurre a unos 100 °C y la combustión del papel (o mejor, la destrucción del papel por el calor) exige una temperatura bastante más elevada.

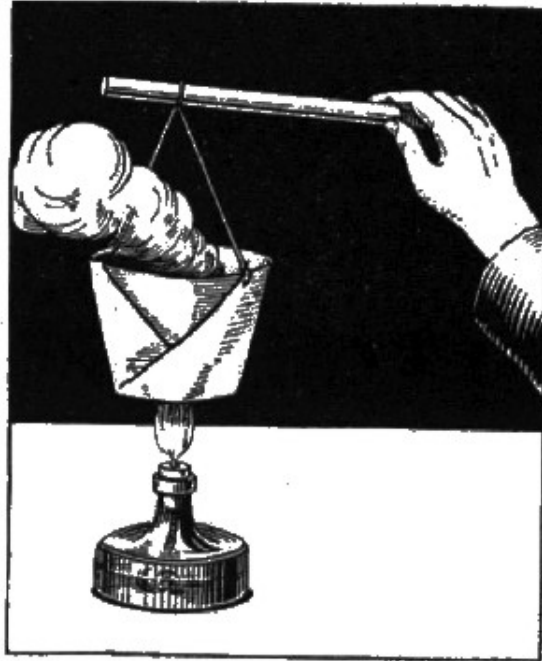


Figura 562

El contacto del papel con el agua impide que la temperatura de aquél pueda elevarse más de unos pocos grados por encima de los ciento, y por lo tanto el papel resiste sin alterarse a la acción de la llama.

El agua hirviente

603. El agua hirviente del puchero levanta la tapa y rebosa sobre el fuego. He aquí un fenómeno vulgar cuya interpretación requiere un poco de cuidado: ¿por qué rebosa el agua?

Desde luego se comprende que el vapor producido, no pudiendo escapar por estar puesta la tapadera, debe aumentar de tensión; pero una vez ésta venza el peso de la tapadera y la levante como una válvula, parece que debería escapar del puchero un chorro de vapor, hasta que la tensión así rebajada fuera insuficiente para mantener levantada la tapadera. Pero ¿por qué rebosa el agua?

Admitido el aumento de tensión producido por el peso de la tapadera, tendremos que esa tensión será mayor que la presión atmosférica, y como se ejerce a un tiempo sobre la tapadera y sobre el agua, este líquido, sometido a presión mayor que la atmosférica, se calentará a temperatura superior a su punto de ebullición, absorbiendo a este fin algunas calorías. Al levantarse la tapa, el agua queda

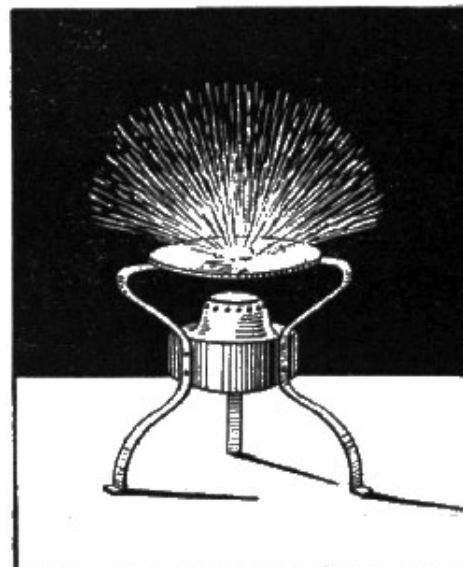
sometida súbitamente a la presión atmosférica, y hallándose recalentada se inicia una ebullición instantánea y tumultuosa, ya que sobre la acción del fuego con que se prosigue calentando, se suman aquellas calorías que quedaron almacenadas en el líquido para recalentarlo.

Las cocineras saben muy bien que para impedir que rebose el agua hirviendo hay que dejar algo destapado el puchero.

La sencilla teoría que acabamos de exponer tiene también su aplicación industrial interesante. Las válvulas de seguridad de las calderas de vapor llegan en algún caso a funcionar en sentido perjudicial, escupiendo el agua hirviendo y dando origen a una producción tan tumultuosa de vapor, que puede acarrear la explosión de la caldera. La rotura de un tubo de conducción del vapor, determina a veces el derrame de toda el agua hirviendo de la caldera.

Una gota inquieta

605. Una moneda de cobre, o mejor de plata, aplastada y algo ahuecada, puesta candente (al rojo) sobre la llama de gas o de alcohol o sobre brasas de carbón, se presta a la realización del siguiente experimento.



Figuras 563 y 564

Déjese caer en el hueco del disco metálico candente un par de gruesas gotas de agua. Éstas, en vez de reducirse instantáneamente a vapor o convertirse en un ramillete de salpicaduras, quedarán sobre el disco paseando o bailando suavemente, recorriendo en diversas direcciones la ardiente superficie, después de haberse unido para formar una sola gruesa gota (fig. 563).

Se explica esta manera de comportarse el agua por la intensa evaporación de que es asiento la cara inferior de la gota: el vapor producido impide el contacto directo del líquido con el metal. La forma esferoidal se explica por ser la que siempre toman los líquidos cuando no mojan la superficie en que se apoyan, como el mercurio sobre el cristal y sobre el papel, el agua sobre los cuerpos pulverulentos, etc.

606. Pero si la superficie metálica no se hubiera calentado a tan elevada temperatura, la evaporación superficial del agua no habría sido suficientemente intensa para impedir el contacto del líquido con el sólido y el esperado ramillete de salpicaduras habría, en efecto, aparecido, con aparición más ruidosa que peligrosa, ya que las menudas gotas, aunque sean de agua caliente, son poco numerosas, por la exigua cantidad de agua empleada, y en el trayecto de la lámina al rostro de los circunstantes se enfrían bastante para que no produzcan más que una levísima sensación de calor. En vez de repetir el experimento anterior con la lámina menos caliente, resulta más bonito repetirlo con la lámina candente, y apagar la llama, o separar del fuego la placa con el agua esferoidal: la lámina va enfriándose, y llega un momento en que estableciéndose su contacto con la gota, ésta es proyectada en todos sentidos, finamente dividida (fig. 564).

A fenómenos parecidos se han debido algunas explosiones de calderas de vapor.

Un motor térmico

607. Córtese una bujía esteárica de manera que el pabilo quede al descubierto por ambos extremos. Con una aguja de coser casi candente atraviésese perpendicularmente la bujía en un punto equidistante de los extremos, pero de manera que deje a un lado la torcida (fig. 565). Una vez fría la aguja, la estearina solidificada a su alrededor la mantendrá fija. Sosteniendo los extremos de la aguja

en los bordes de dos copas, procúrese que la bujía se sostenga horizontal, para lo cual, si es preciso, se cortará o rascará estearina del lado más pesado.

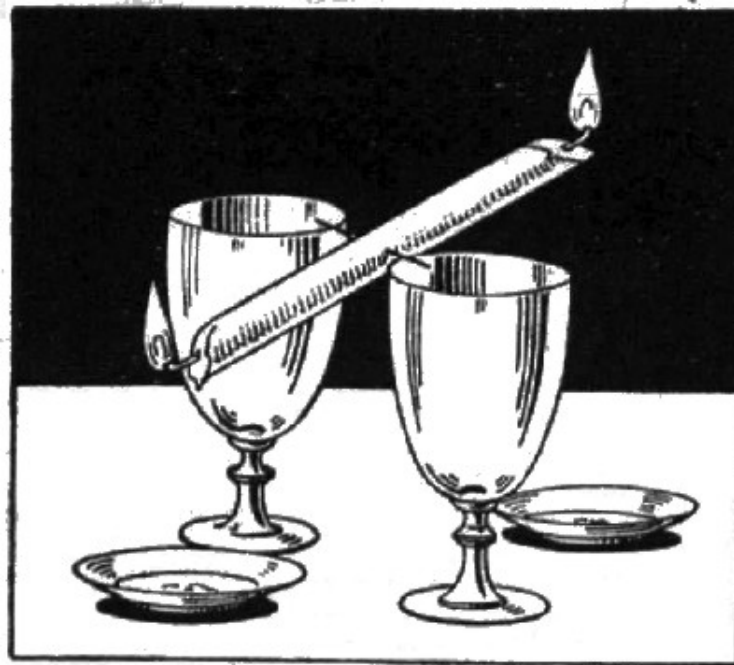


Figura 565

Conseguido el equilibrio, enciéndanse los dos pabilos, y en cuanto principie a gotear la estearina fundida por uno u otro cabo, empezarán una serie de oscilaciones de la bujía, que se inclinará ora a un lado, ora a otro, siendo siempre el lado que por estar más cargado, se haya situado más bajo, el que siendo mordido por la llama, perderá más estearina, y por lo tanto ascenderá. Entonces será el otro cabo el consumido en mayor proporción. Debajo de cada llama conviene colocar un plato o un gran papel para recoger las gotas de estearina (Tom Tit, [La ciencia divertida](http://www.librosmaravillosos.com/lacienciadivertida/index.html), <http://www.librosmaravillosos.com/lacienciadivertida/index.html>).

¿Cómo negar el origen térmico de los movimientos observados?

Agua hervida al sol

608. Recibiendo los rayos del sol concentrados en el foco de una lente convexa sobre un papel, éste se enciende. Pero experimentando con un papel impreso se podrá observar que los puntos blancos resisten mucho más que los negros

(impresos) a la acción incendiaria de los rayos de sol. La explicación es obvia: el papel negro absorbe los rayos y el blanco los rechaza o les da paso.

Una variante vistosa del experimento anterior es la siguiente (**E.**): podemos asegurar a un compañero que con una lente y el sol conseguiremos que hierva el agua contenida en el fondo de un tubo de ensayo; es probable que el compañero pretenda hacer otro tanto, pero en vano concentrará los rayos del sol sobre el agua, pues siendo ésta y las paredes del tubo transparentes, no ocurre absorción de los rayos solares, y la temperatura del líquido apenas aumenta. Cuando aquél se dé por vencido, acudiremos al recurso de verter en el agua del tubo un par de gotas de tinta: entonces, el líquido teñido absorberá los rayos de sol, y su temperatura se elevará rápidamente hasta llegar a hervir (fig. 566).

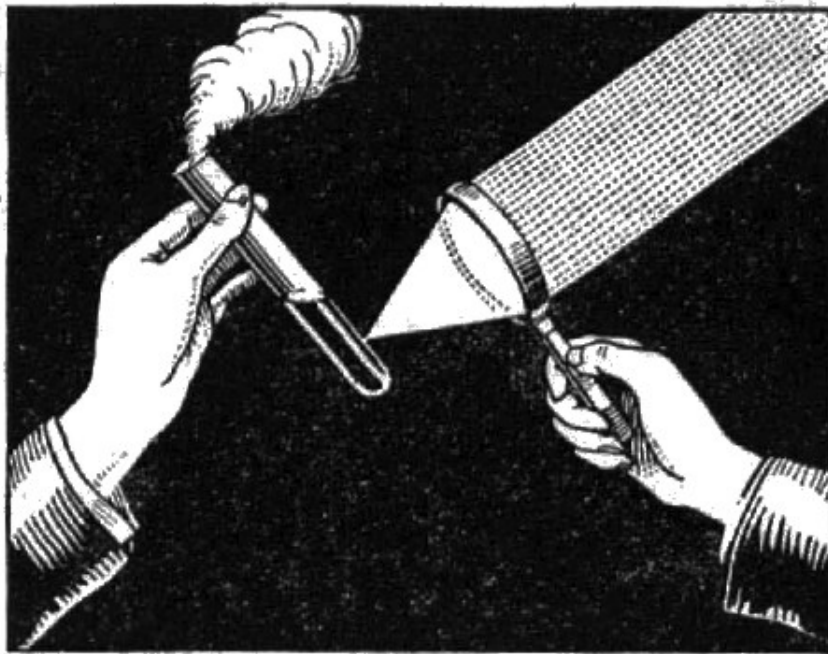


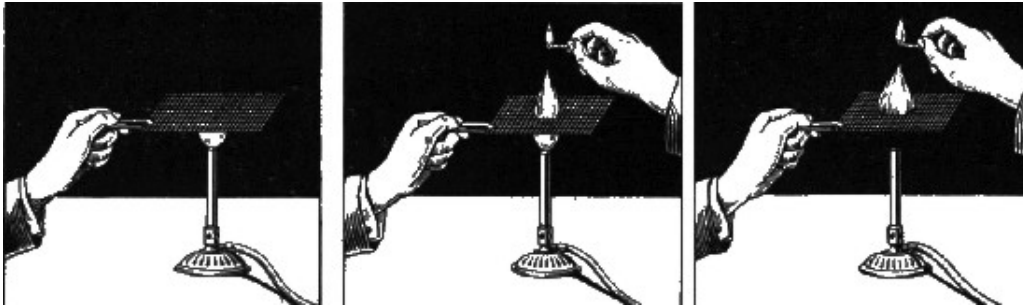
Figura 566

La lente empleada para estos experimentos debe ser algo grande.

La tela metálica y la llama

609. Cortando con una tela metálica fina y espesa (por ejemplo, las empleadas por los cedaceros) una llama de gas, de alcohol o de cualquier otra clase, se observa que las mallas de la tela no son atravesadas por la llama (fig. 567).

Pero los gases de la llama atraviesan indudablemente la tela, como puede demostrarse acercando otra llama al lugar que debería ocupar, encima de la tela metálica, la llama cortada: aquellos gases se encienden (fig. 568).



Figuras 567, 568 y 569

Se explica el fenómeno por el enfriamiento que en los gases ardientes produce el contacto con los alambres que constituyen la tela.

Ha sido aplicada esa propiedad de las telas metálicas a unas lámparas de minero, llamadas lámparas de seguridad o de Davy, en las que la ventilación necesaria para alimentar la llama (número 594) se establece a través de telas metálicas. Así, aunque el ambiente esté formado por una mezcla gaseosa explosiva, la llama no puede inflamarlo. Con análogo objeto se usan en los teatros telones de boca de tela metálica.

610. Con el mechero de gas, se puede realizar el siguiente experimento, análogo al anterior. Abierta la espita, y cortado con una tela metálica el chorro de gas que sale del mechero, con la llama de un fósforo podremos encender el gas en la parte superior de la tela, sin que la llama se transmita, a través de las mallas, a la corriente de gas combustible en su trayecto de la boca del mechero a la tela metálica (fig. 569).

Las tenacillas engañosas

611. Es notable una costumbre de los peluqueros: para ensayar el grado de calor de las tenacillas con que van a rizar un bigote o unos bucles, usan dos procedimientos.

1.0 Acercárselas a la mejilla: la mejilla es particularmente sensible al calor.

1. Aplicarlas a un papel: si éste se tuesta es señal de que las tenacillas están demasiado calientes.

Ahora bien: ¿usan indiferentemente uno y otro procedimiento? No. Usan el primero con las tenacillas viejas (negras, ahumadas), y el segundo con las tenacillas nuevas (de brillo metálico).

Esta distinción se explica perfectamente: las superficies ennegrecidas irradian con facilidad el calor, avisan que están calientes. En cambio, las superficies metálicas bruñidas apenas irradian calor y por tanto no avisan sino que engañan. No hay más remedio que acudir al contacto directo y sacrificar un pedazo de papel para salvar unas retorcidas guías o unos dorados bucles (**E.**).

Ilusiones táctiles

612. *La apreciación del calor y del frío.* — La apreciación de las temperaturas por el tacto es siempre muy relativa. Induce en primer lugar a error la diferencia de conductibilidad de los objetos que se tocan. Así, el mármol y el metal parecen siempre más fríos que la madera, que está a la misma temperatura. Y puede sostenerle más tiempo en la mano un objeto de porcelana o de madera que un objeto de metal, calentados todos en la misma estufa a la misma temperatura (591).

613. En segundo lugar, influye la temperatura a que la piel esté acostumbrada: así, la mano habituada al agua caliente halla fría el agua tibia, y a esta misma agua la halla caliente la mano habituada al agua fría. El experimento se puede realizar con tres palanganas, que contengan respectivamente agua fría, agua tibia y agua caliente. Después de un rato de tener la mano izquierda en el agua fría y la derecha en la caliente, introdúzcanse ambas en el agua tibia: la mano derecha la encontrará fría; la mano izquierda la encontrará caliente.

614. Lo mismo sucede con aquellas fuentes de las que el vulgo dice que manan frías en verano y calientes en invierno: en realidad, por venir el agua de bastante profundidad, manan siempre a la misma temperatura, por ejemplo 15 °C,

temperatura que en verano es bastante inferior y en invierno bastante superior a la del ambiente.

También dan la impresión de frescas en verano y templadas en invierno las bodegas que ocupan los subterráneos de un edificio: la explicación, después de lo dicho, es obvia.

615. Otras ilusiones táctiles, de más o menos fácil explicación que las anteriores, vamos a exponer a continuación. De ellas, como de las ilusiones ópticas y acústicas, se puede decir que más corresponden a los dominios de la Fisiología y de la Psicología que al de la Física, pero las señalamos en este lugar para no separarlas de las ilusiones táctiles de carácter térmico que en los últimos párrafos hemos estudiado.

Apreciación de la rugosidad de una superficie

616. La finura de esta apreciación depende de la sensibilidad de la región de nuestro cuerpo cuya epidermis se ponga en contacto con la superficie rugosa. A su vez, la sensibilidad depende de la riqueza en papilas táctiles, que es muy distinta en las diversas regiones del cuerpo.

Puede ensayarse esta sensibilidad apretando ligeramente la piel con las dos puntas de un compás y abriendo más o menos el compás hasta alcanzar el límite en que se distingue la existencia de las dos puntas y no se atribuye el pinchazo a una sola. Las distancias a que habrán tenido que situarse las puntas darán una medida relativa de la sensibilidad de las diversas regiones. Weber halló que es máxima en la punta de la lengua, los pulpejos de los dedos y los labios, y mínima en la región media de la espalda y del cuello y en los brazos.

617. Tocando con una región de escasa sensibilidad táctil (por ejemplo, el dorso de la mano) un cuerpo de superficie finamente rugosa, por ejemplo, una trenza de pelo, se percibe la misma sensación que si se tratase de un cuerpo enteramente liso.

618. *La apreciación del peso.* — Cuando apreciamos el peso de un cuerpo por el esfuerzo que hemos de efectuar para sostenerlo, a la noción de peso se sobrepone

la de densidad, y por esto parece siempre más ligero el más voluminoso (menos denso) de dos cuerpos que en realidad pesen lo mismo.

Así, puede proponerse la siguiente cuestión: ¿Qué es más pesado, el almohadón o el vaso grande lleno de agua? Cualquiera que los sompese, contestará que el vaso pesa más, pero la balanza o la báscula nos dirán que en realidad es mucho más pesado el almohadón.

619. Apreciando el peso por el esfuerzo necesario para levantar el cuerpo, y dependiendo ese esfuerzo de la mayor o menor comodidad con que podamos sostener el cuerpo, es fácil incurrir en otro orden de errores.

Así, de tres objetos de igual peso y volumen, situados uno en el suelo, otro sobre la mesa y el tercero en un estante elevado, siempre este último parecerá ser el más pesado.

620. Por último, parece sumarse al peso la impresión de desigualdad de temperatura: un témpano de hielo parecerá siempre más pesado que una cantidad igual de agua. Del mismo modo un vaso de agua caliente parecerá siempre más pesado que un vaso de agua fría.

La firmeza de las cenizas

621. Las cenizas que dejan al arder los combustibles son tanto más abundantes y consistentes cuanto mayor sea la carga mineral de aquellos cuerpos. Así, el mejor papel de filtro, purgado con enérgicas lociones de casi toda impureza mineral, deja por incineración un residuo pulverizado insignificante (por ejemplo, 0,00005 gramos para un filtro de 9 centímetros de diámetro); mientras que del pesado papel «couché» de las revistas ilustradas queda, después de arder, la hoja casi entera incinerada.

Empapando en solución muy concentrada de sal común un hilo de algodón, y una vez seco, suspendiendo de él un objeto poco pesado, como, por ejemplo, un anillo, se puede quemar el hilo (fig. 570) sin que ese peso llegue a romper el filamento mineral constituido por las abundantes cenizas (Herpin, 1826). Origen semejante tiene la consistencia de los manguitos del mechero Auer.

Utilidad de un cesto viejo

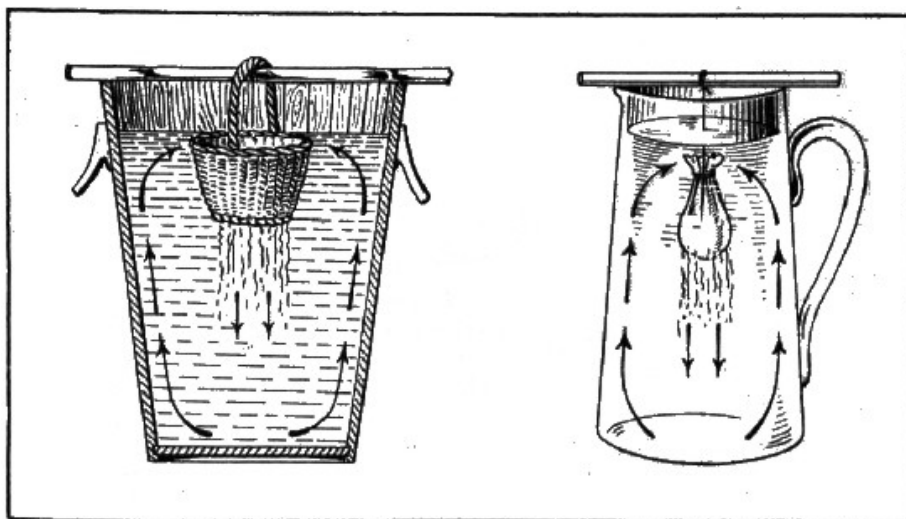
622. Los labradores, cuando disuelven sulfato de cobre en el agua para aplicar la solución al sulfatado de las vides, saben muy bien que dejando los cristales en el fondo de la vasija llena de agua, en vano esperarían a que la sal se disolviera, pues siendo su solución más densa que el agua, únicamente la capa líquida inferior resultaría cargada de sulfato, quedando una gran masa de agua sin sulfatar, y la mayor parte de sulfato sin disolver.



Figura 570

Una manera de evitar ese inconveniente consiste en remover, con un palo, el agua y los cristales. Pero ellos saben algo mejor y más ingenioso: suspender de un palo sostenido por los bordes de la vasija un cesto viejo, en el cual ponen los cristales que se han de disolver: el agua que se va cargando de sulfato, como más densa, pasa al fondo, y es reemplazada en el cesto por otra porción que a su vez disuelve sal y se hunde (fig. 571), estableciéndose así en

circuito cerrado una corriente que perdura hasta el agotamiento de los cristales de sulfato o hasta la saturación del agua.



Figuras 571 y 572

628. Aun conocen otro procedimiento para disolver el sulfato rápidamente y sin gran molestia: poner la sal y el agua en un caldero de cobre y calentarlo en una hoguera: el caldeo establece las corrientes que en el caso del cesto se establecían espontáneamente por diferencia de densidades. Además el sulfato de cobre es más soluble en agua caliente que en agua fría.

Por esto dicen los labradores que para disolver el sulfato de cobre se necesita o cesto o fuego.

624. Se puede aplicar fácilmente en pequeño, mediante un jarro de cristal y una bolsa de tela, el procedimiento del cesto usado por los labradores: llenando el jarro de agua y la bolsa de sulfato de cobre se observarán las corrientes ascendentes y descendentes de agua, que aceleran la disolución del sulfato (fig. 572).

621. Análogo procedimiento debe seguirse para limpiar una vasija, como una botella o un tubo de ensayo, en cuyo fondo haya cristalizado una sal quedando adherida en masa al vidrio. Sirva de ejemplo el tubo de ensayo en que se hace solidificar el hiposulfito de sosa, en el experimento del número 631.

En vano dejaríamos durante días y más días llena de agua la vasija en cuestión, esperando que la sal se disolviera: la solución, más densa, quedaría siempre en el fondo, e impediría el contacto de la sal con el agua que todavía tiene avidez por ella. En cambio, se logrará rápidamente disolver y eliminar la sal, llenando enteramente de agua el tubo o botella, volviéndolos boca abajo y dejándolos con la boca sumergida en el agua de un vaso (número 342). Se establecerán en el interior las corrientes ascendentes y descendentes tan útiles para disolver rápidamente los cuerpos y debidas a la diferencia de densidades entre las porciones líquidas desigualmente cargadas de sal (fig. 573) (E.).

En todos los casos en que se usen vasijas de cristal, las corrientes líquidas se verán con más claridad que mirándolas directamente, observándolas a la luz del sol, en la sombra proyectada sobre una hoja de papel blanco.



Figura 573

626. La lenta solubilidad del permanganato potásico, y el subido color que comunica al agua, permiten realizar el siguiente experimento: lleno enteramente de agua un frasco de cuello ancho, se cierra con un tapón de corcho a cuya cara inferior se habrá pegado con un poco de cera un cristal de permanganato, que al disolverse da origen a la formación de un hermoso hilo morado vertical descendente, a menudo interrumpido por abultamientos de color más intenso que se persiguen, alcanzan y atraviesan produciendo anillos de bellísimo aspecto. El fenómeno dura mucho tiempo.

Soluciones saturadas

627. Se llama saturada una solución cuando contiene disuelta la mayor cantidad de sólido que el líquido puede disolver. Así, 100 gramos de agua a 20^o pueden disolver hasta 31 gramos de salitre, pero no más, y por lo tanto, si tenemos agua a 20 °C cargada de salitre a razón de 31 gramos de sal por 100 gramos de agua, diremos que se trata de una solución saturada de salitre a 20 °C.

Decimos a 20 °C, porque el estado de saturación cesa si la temperatura aumenta. Así, calentando el agua a 40 °C, llega a disolver hasta 64 gramos de salitre por 100 de agua, y por lo tanto una solución saturada de salitre a 40^o contiene 64 gramos

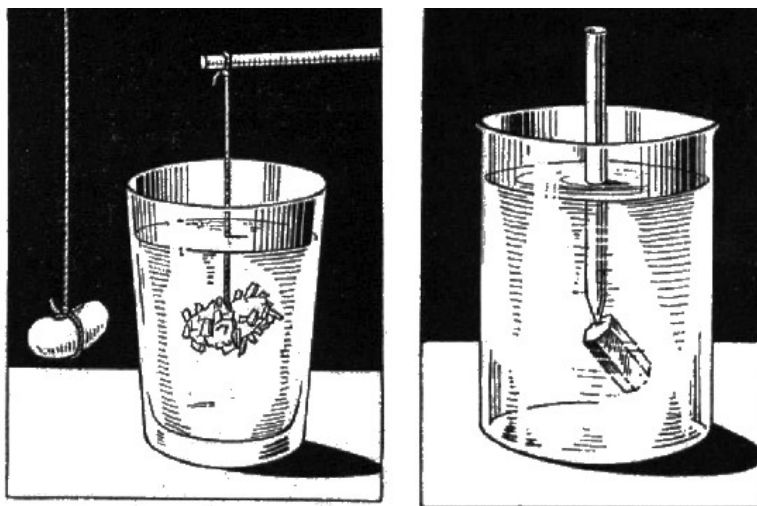
de sal por 100 de agua. A $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, 100 gramos de agua han de disolver, para saturarse, hasta 247 gramos de salitre.

Si una solución saturada de salitre a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ la dejamos enfriar a $40\text{ }^{\circ}\text{C}$, se precipitarán en forma sólida 183 gramos ($247 - 64$) de salitre; y si la solución saturada a $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ la dejamos enfriar hasta $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, precipitará 33 gramos ($64 - 31$) de salitre.

De aquí un procedimiento para obtener soluciones saturadas: calentar el agua en contacto de un exceso del sólido que se disuelve y enfriar después la solución hasta la temperatura requerida. Como ejemplo, y para no trabajar siempre con la misma sal (pero empleando siempre sales baratas, que se encuentran en cualquier droguería) prepárese una solución saturada de sulfato de sosa.

Abandonando al aire la solución de sulfato de sosa saturada a la temperatura del ambiente, observaremos la formación espontánea de cristales de sulfato en la superficie del líquido: la causa de su formación está en la evaporación superficial del agua. Puesto que parte del agua se pierde por evaporación, la restante, ya saturada, no puede conservar disuelta la sal correspondiente a la porción evaporada, y ésta es la parte de sal que cristaliza.

Suspéndase, mediante un hilo, una judía seca en el seno de la solución fría y saturada de sulfato de sosa preparada según se explica en el párrafo anterior: al cabo de algún tiempo se hallará la habichuela enteramente revestida de agujas cristalinas de sulfato de sosa, que le darán aspecto de pequeño erizo (fig. 574).



Figuras 574 y 575

El origen de esos cristales es análogo al de los que se forman en la superficie exterior de la misma solución, pues verificándose en la superficie de la judía el fenómeno de la ósmosis, una porción de agua penetra en la legumbre y la correspondiente cantidad de sal cristaliza.

Claro está que sobre un objeto, metálico, de vidrio, de barro, o de otra substancia impermeable suspendido como la habichuela, no ocurriría la sorprendente cristalización.

Siembra de cristales

631. Las substancias funden por el calor, y luego, al enfriarse, recobran el estado sólido. Mas este segundo cambio de estado, de líquido a sólido, puede estar en algún caso entorpecido. El hiposulfito sódico se presta a la observación de este curioso fenómeno.

El hiposulfito sódico es una sal muy empleada en fotografía para la operación de fijar los clisés: puede adquirirse en cualquier droguería. Lleno un tubo de ensayo, hasta la mitad, de hiposulfito, caliéntese a la llama de alcohol o de gas: pronto se advertirá la fusión de la sal; prosígase calentando hasta que no quede ni la más mínima porción sólida.

Entonces déjese enfriar. Para no tener que esperar demasiado, enfríese rápidamente con agua fría, por ejemplo, bañando el tubo con un chorro de agua. Cuando el tubo esté enteramente enfriado, advertiremos que persiste el estado líquido. La solidificación no se producirá hasta que se siembre el líquido con algún cristal de la misma sal: al caer un cristalito de hiposulfito en el líquido, alrededor de él se formarán con rapidez los nuevos cristales, y en menos de un minuto toda la masa líquida se habrá cuajado. Al mismo tiempo, se hallará nuevamente caliente el tubo.

632. En la forma descrita, la cristalización del hiposulfito se verifica entrecruzándose los cristales, y dificultando uno el crecimiento del otro. Para que se verifique con más regularidad y para poder obtener un cristal único, grande y no deformado, se verifica la fusión del hiposulfito en un vaso; en el líquido

sobrefundido se introduce la punta, abierta, de un tubo de cristal estirado en punta muy fina, y se verifica la siembra en el interior de este tubo. Entonces cristaliza primero el líquido del tubo, y después, por su punta, la cristalización trasciende al líquido exterior, formándose rápidamente el cristal deseado (figura 575).

ADVERTENCIA. — *Para fundir el hiposulfito en el vaso conviene calentar, no al fuego desnudo, sino al baño maría.*

633. De manera análoga al hiposulfito sódico se comporta el acetato sódico; fundiendo en un vaso hiposulfito, y en otro acetato, y mezclando las soluciones, enfriando y sembrando la mezcla fría con cristal de acetato sódico, cristaliza el acetato en el seno del hiposulfito, que se mantiene líquido. Después se puede provocar la cristalización del hiposulfito, sembrando un cristal de hiposulfito.

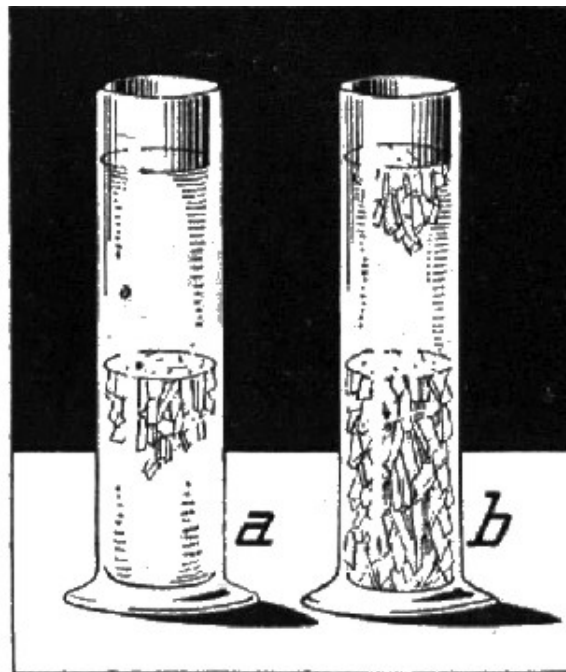


Figura 576

634. El experimento anterior puede realizarse en una forma más sorprendente todavía. Sobre el hiposulfito fundido, contenido en un vaso, viértase con cuidado el acetato fundido de manera que los dos líquidos no se mezclen: la mejor manera de lograrlo es hacer que el acetato baje resbalando por las paredes. Sembrando un

crystal de hiposulfito, éste atraviesa el acetato sin provocar la solidificación, y en cambio provoca inmediatamente la del hiposulfito en cuanto llega a contacto con él (fig. 576, a). Después, con un cristal de acetato, puede provocarse la solidificación del líquido superior (fig. 576, b). Calentando al baño maría el vaso en que se han solidificado las dos substancias, queda dispuesto para la repetición del experimento.

FENÓMENOS CAPILARES

Flotación paradójica

635. La aguja flotante. A pesar de tener el acero una densidad muy superior a la del agua, una aguja de coser puede flotar en el agua. El secreto está en lograr que la aguja no sea mojada, y para esto basta cubrirla con una capa grasienta: es suficiente manosearla antes de proceder al experimento.

Dejándola caer horizontalmente sobre el agua desde muy poca altura la aguja queda flotando en la superficie (figura 577).

Pero los hay sin pulso, que no aciertan a soltar convenientemente la aguja, y ésta se les hunde. Pueden recurrir entonces al artificio de colocar sobre el líquido un papel de fumar y sobre éste la aguja. Al cabo de unos momentos el papel, mojado, se hunde y la aguja queda flotando.

El peso de la aguja es insuficiente para vencer la tensión superficial del agua a lo largo de toda su longitud. En cambio sería más que suficiente para vencerla en una extensión más restringida, como sucede cuando la aguja se suelta verticalmente.



Figura 577

636. Flotación del jabón en el agua. Una pastilla de jabón seca, abandonada con cuidado en la superficie del agua, se mantiene flotante (fig. 578).

Lo mismo sucede con las láminas de acero empleadas en las máquinas de afeitar. El fenómeno tiene igual origen que la flotación de la aguja de coser y cesa cuando la superficie del jabón queda mojada.

Así flota también la hoja de acero de una máquina de afeitar.

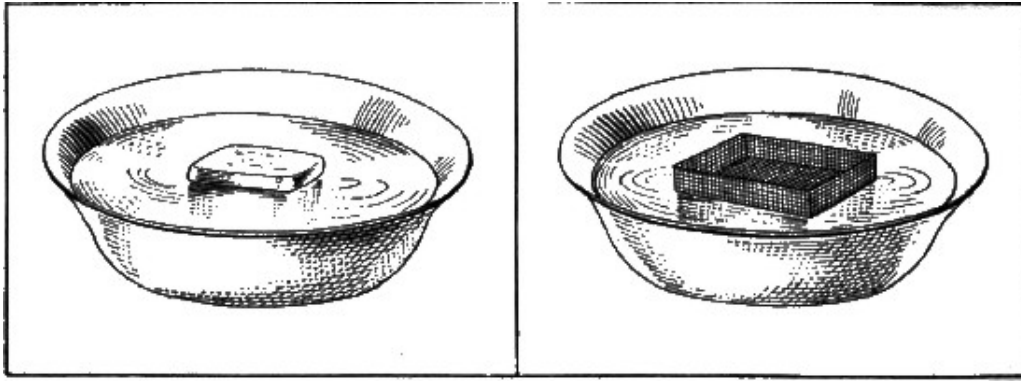


Figura 578 y 579

637. *Barco de tela metálica.* Con un cuadrado de tela metálica de unas diez mallas por centímetro y de 15 a 20 cm de lado, fórmese una cubeta realzando unos 2 centímetros los bordes. Parafínese esta tela sumergiéndola en un recipiente de hojalata que contenga parafina fundida al baño maría, y sacúdase después la cubeta de tela metálica, con el fondo vuelto hacia arriba, para que se desprenda de las mallas el exceso de parafina y queden aquéllas abiertas.

Esa cubeta, soltada en la superficie del agua, flotará sin hundirse, y sin que a través de las mallas penetre el agua: la tensión superficial lo impide (fig. 579). Pero basta reducir esa tensión superficial del agua, vertiendo en la cubeta vapor de éter (número 461) para determinar el naufragio.

Vasijas de tela

638. La cubeta preparada como se indica en el número 637, puede llenarse de agua, sin que ésta se vierta a través de las mallas, sólo con tener la precaución, al llenarla, de colocar dentro de ella una hoja de papel que amortigüe el choque del líquido (figura 580); una vez llena se retira el papel sin que el agua se derrame.

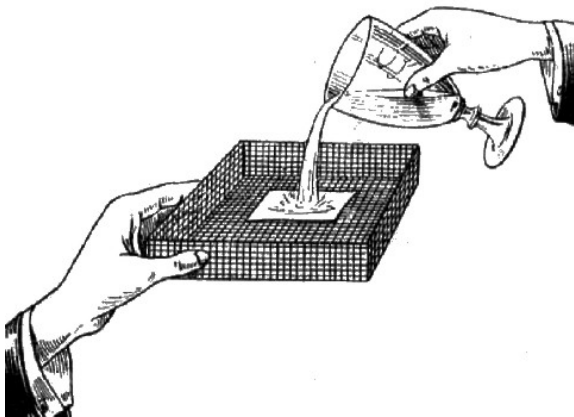


Figura 580

Pero basta dar a la cubeta una sacudida vertical para que pasando el agua por las numerosas mallas se vacíe en un momento la extraña vasija.

639. Con el mercurio se puede realizar más fácilmente un experimento análogo al anterior.



Figuras 581, 582 y 583

Basta formar una bolsa con un pañuelo de bolsillo sostenido por los bordes (fig. 581) y verter en ella aquel metal, que a pesar de su fluidez se mantendrá indefinidamente sostenido por la tela, pues su tensión superficial impedirá el paso por las mallas (fig. 582); únicamente ejerciendo presión sobre el mercurio se logrará que a pesar de su tensión superficial atraviese la tela (figura 583) en forma de finísima lluvia argentina (lluvia de Diana).

640. Se han preparado también telas que no son mojadas por agua, aunque por sus mallas dan fácilmente paso al aire y a los demás gases, y retienen por tanto el agua líquida, que puede transportarse así en sacos formados de tejidos semejantes. Úsanse estas telas en la confección de abrigos impermeables.

641. Los experimentos efectuados en la cubeta de tela metálica parafinada pueden realizarse también con un simple colador de cocina, con fondo de tela metálica o de hojalata agujereada (fig. 584). Aunque es mejor parafinar este fondo, se consiguen resultados

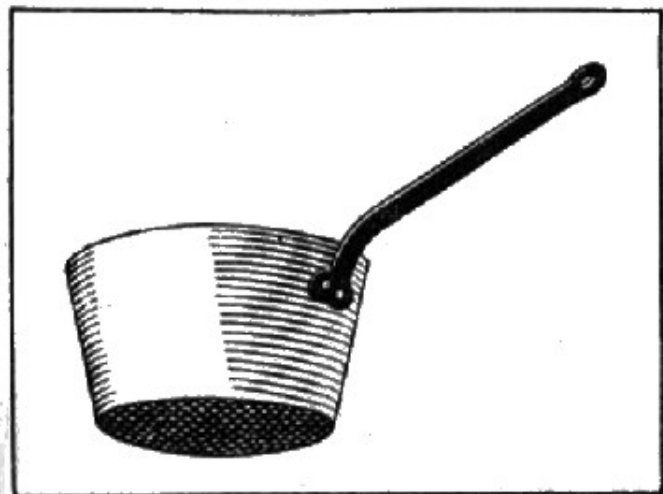
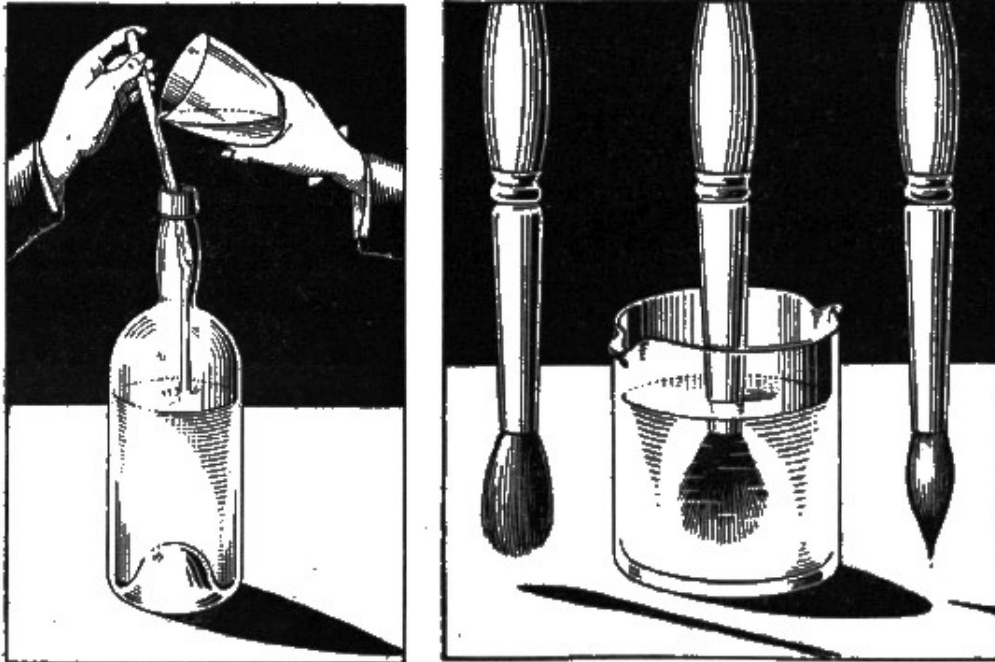


Figura 584

bastante satisfactorios con sólo vaselinarlo o engrasarlo.

¿Varilla o tubo?

642. Con mucha frecuencia, en farmacias y laboratorios, cuando se quiere pasar un líquido de un vaso o copa a una botella, o de una botella a otra, se acude al recurso representado en la figura 585.



Figuras 585 y 586

Una varilla de cristal maciza sirve de tubo conductor: el líquido rodea la varilla y es sostenido por su propia tensión superficial. El procedimiento no sería aplicable a un líquido como el mercurio que no mojara el cristal, y tampoco sería aplicable al agua si la varilla estuviera engrasada.

El pincel mojado

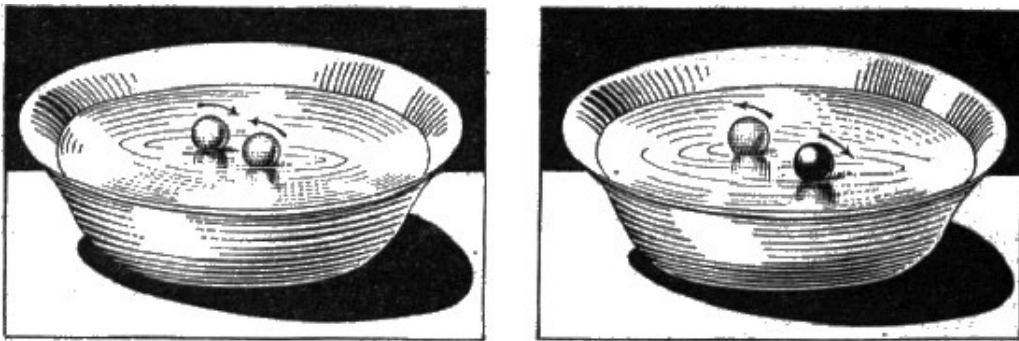
643. La humedad, el agua, mantiene unidas las cerdas de un pincel, o agrupados los cabellos en mechones. Pero ¿es propiamente el agua la que produce semejante efecto?

Observemos un pincel dentro del agua (fig. 586): las cerdas están tan desunidas como las del pincel seco. Sólo al sacarlo del agua las cerdas se reúnen formando

punta. No es propiamente el agua, sino su tensión superficial la que forma los mechones de cabellos en una cabeza mojada (Boys).

Bolas que se atraen y bolas que se repelen

644. De un tapón de corcho se pueden obtener dos bolas bien pulimentadas, desbastándolas con el cuchillo y pulimentándolas con papel de lija o papel esmeril. Estas dos bolas, flotando en el agua, se atraen: basta situarlas a la distancia de un par de centímetros para verlas correr una hacia otra (fig. 587).



Figuras 587 y 588

Puede inmovilizarse una de ellas sujetándola con una aguja calcetera: la esfera móvil se precipita sobre la fija.

Esas bolas son también atraídas por las paredes del vaso: en cuanto se aproximan al borde de la superficie líquida, se precipitan contra las paredes.

645. Úntese una de las bolas con sebo o vaselina, procurando, sin embargo, no emplear un exceso de grasa.

Entonces se observará que entre la bola limpia y la untada se verifica una enérgica repulsión: bastará dejarlas a la distancia de un centímetro, para que se alejen con rapidez una de otra (fig. 588).

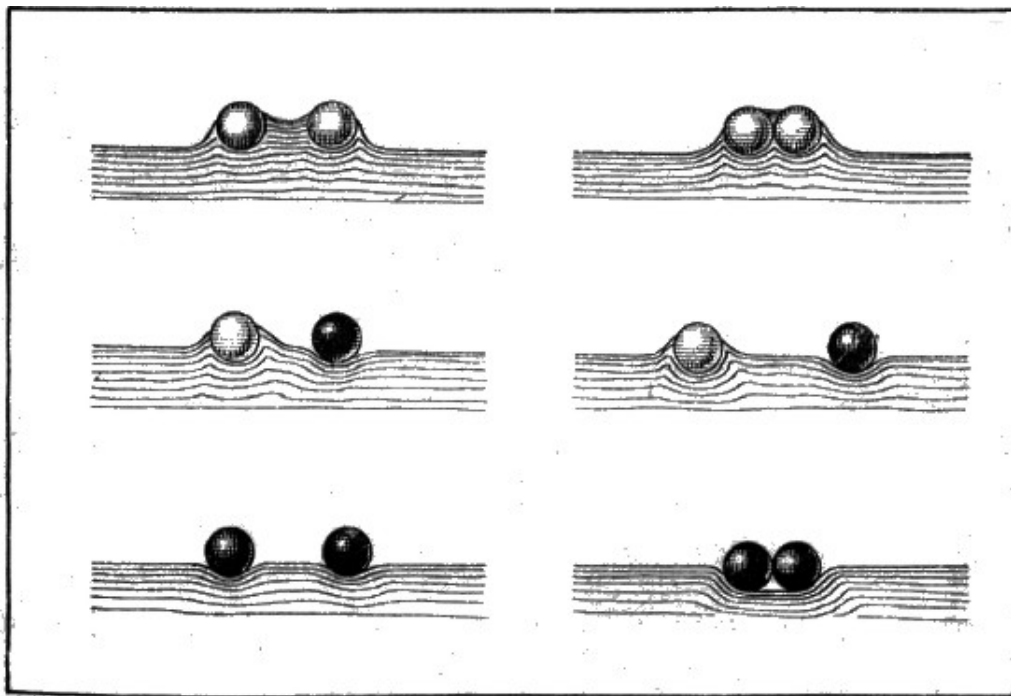
Sujetando una cualquiera de las bolas con una aguja y paseándola por la superficie del agua, no lograremos tocar con ella la otra bola, pues ésta rehuirá siempre el contacto.

La bola untada es también repelida por las paredes de la vasija en que se hace el experimento.

Igual efecto que el untado del corcho produce el ahumado o la carbonización superficial.

646. Engrasadas o ahumadas ambas bolas, se atraen entre sí como dos bolas limpias, pero son ambas repelidas por las paredes de la vasija.

EXPLICACIÓN. Efecto de la tensión superficial es la tendencia general de los líquidos a reducir la extensión de su superficie libre; y basta la inspección de las figuras esquemáticas 589 a 594 para ver que si ambas bolas son mojadas por el líquido, la mínima superficie libre se presenta cuando aquéllas están en contacto (figuras 589 y 592), y lo mismo sucede cuando ninguna de las dos bolas es mojada por el líquido (figs. 591 y 594). En cambio la mínima superficie libre se obtiene con las bolas separadas, cuando una de ellas es mojada por el líquido y la otra no lo es (figuras 590 y 593).



Figs. 589, 590 y 591

Figs. 592, 593 y 594

Figuras 589, 590, 591, 592, 593 y 594

El corcho flotante

647. Un tapón cilíndrico de corcho no puede mantenerse vertical, flotando en el agua: al soltarlo, se tumba.

Sin embargo, se puede lograr que permanezca derecho rodeándolo con otros corchos cilíndricos, con la condición de que todos estén bien mojados (fig. 595).

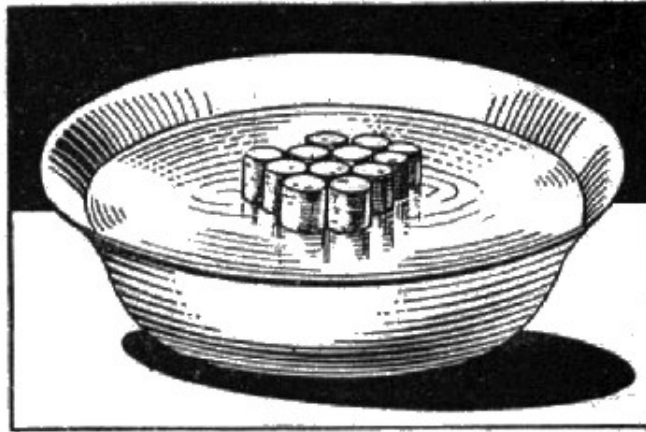


Figura 595

¡El agua que humedece las porciones de los corchos no sumergidas es el invisible lazo que los mantiene unidos, y por consecuencia derecho!

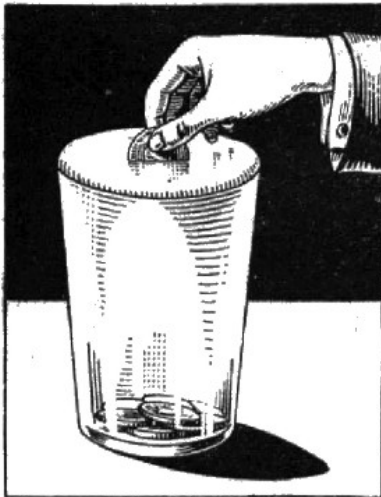


Figura 596

Una copa rellena

648. Si nos preguntasen cuántas monedas de cinco pesetas pueden echarse en una copa enteramente llena de agua sin que ésta se derrame, contestaríamos que muy pocas: tres o cuatro cuando más.

Pero si realizamos el experimento soltando las monedas con cuidado, de modo que al caer en el fondo de la copa apenas agiten el líquido, tendremos la sorpresa de ver que el número de las que podemos echar sin que rebose el agua es mucho mayor que el que sospechábamos. Es que no tenemos en cuenta que

el agua, por encima del borde circular de la copa, formará, antes de rebosar, una cúspide o menisco convexo de volumen equivalente al de un número considerable de monedas (fig. 596).

El pececillo de cartulina

649. De una tarjeta de visita se recortará el perfil de un pez cuya forma puede dejarse al buen gusto del experimentador. Lo único esencial es dotarlo de un orificio circular central, del cual parta un canal que termine en medio de la cola (figura 597).

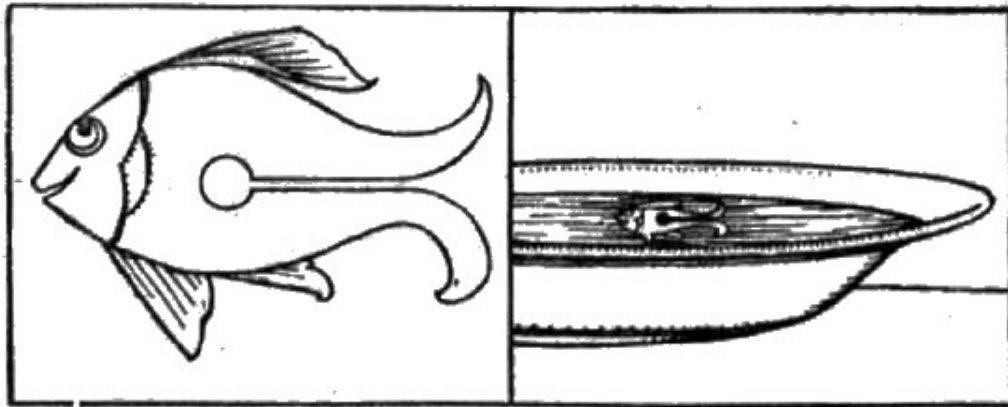
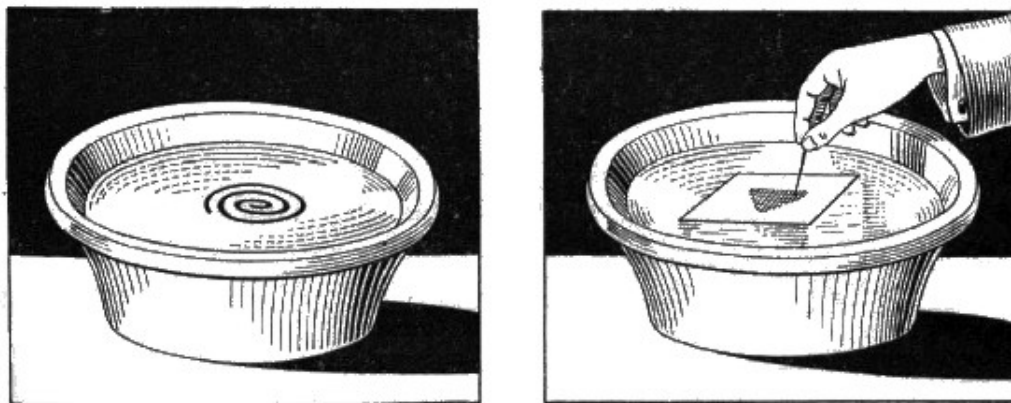


Figura 597

Dejando flotar el pez en el agua (figura 598), para ponerlo en movimiento bastará dejar caer en el orificio circular una gota de aceite o de agua de jabón: el pez, momentáneamente animado, emprenderá un movimiento de avance.

El aceite y el agua de jabón tienen menor tensión superficial que el agua. Por esto la gota vertida en el orificio se dirige en seguida con rapidez hacia fuera por el canal, y por la reacción de este movimiento el pez es impelido en sentido contrario.



Figuras 599 y 600

La espiral rotatoria

650. Con alambre delgado de hierro prepárese una espiral, y una vez engrasada (con sebo, vaselina, aceite, etc.) suéltese con cuidado en la superficie del agua (fig. 599) para que se mantenga flotando como la aguja de coser de que se habla en el número 635. Dejando caer en medio una gota de aceite, de agua de jabón, de alcohol, etc., la espiral girará.

La explicación es la misma que la del experimento anterior.

Geometría de una gota líquida

651. En una tarjeta de cartulina se habrá dibujado con lápiz mojado una figura geométrica cerrada: un triángulo, un polígono, un círculo; hágasela flotar en la superficie del agua, cuidando de que no se moje la cara superior en que se ha trazado el referido contorno.

Ahora, con mucho cuidado, valiéndose de un tubito a guisa de probeta, o más sencillamente con un papelito arrollado y mojado, llenaremos de agua el contorno, procurando que la gruesa gota líquida esté netamente limitada por la línea de lápiz mojado.

Así dispuesta la tarjeta, bastará introducir en la gota (triangular, poligonal, circular...) la punta de una aguja, procurando que no llegue a tocar la cartulina, para que ésta se ponga en movimiento, corriéndose hasta que la punta de la aguja se corresponda con el centro de gravedad de la figura plana que hemos dibujado primero y rellenado de agua después (fig. 600).

Advertirnos que realizado el experimento en la forma que acabamos de explicar, no puede repetirse muchas veces sobre la misma tarjeta, que pronto queda totalmente impregnada de agua, y por consecuencia se

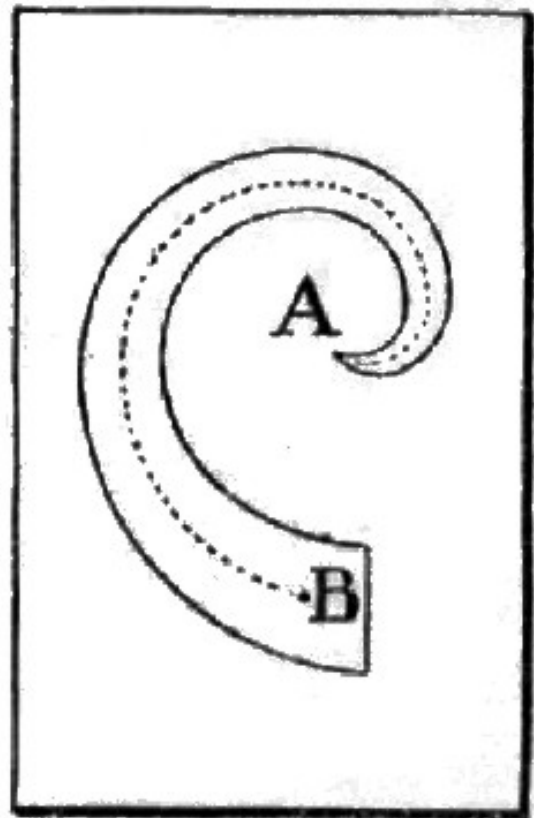


Figura 601

esparce la gota superior. Mejor será emplear una cartulina engrasada o encerada, o bien substituir la gota de agua por una gota de aceite.

652. Más notable es todavía el movimiento que emprende la tarjeta, cuando la superficie ocupada por la gota de agua tiene una forma como la representada en la figura 601. Introduciendo la aguja en la gota cerca del extremo A, la cartulina gira en el sentido conveniente para que la punta de la aguja pase a lo largo de la línea de puntos hasta detenerse en B.

653. Los movimientos estudiados en los dos párrafos anteriores son de la misma índole que el de la gota de tinta que se introduce entre las dos láminas de un tiralíneas (fig. 602, a).

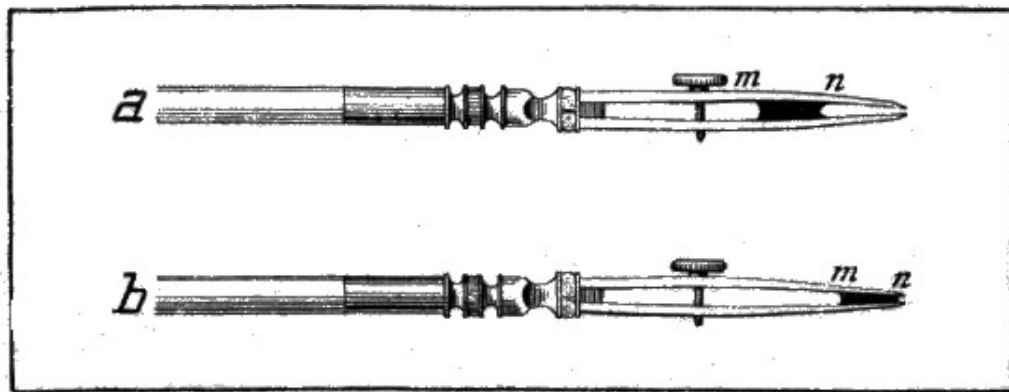


Figura 602

La mayor curvatura de la superficie líquida n tira de la gota hacia las puntas, hasta que habiendo llegado a ellas, y no pudiendo avanzar más los bordes del menisco n, éste se aplana, y cuando su curvatura se iguala con la de m cesa el movimiento (fig. 602, b).

Las astillas golosas

654. En el agua en reposo de una jofaina se harán flotar y se dispondrán circularmente unos palillos, a modo de pececillos rígidos, que no acuden a la miga de pan que se les echa (fig. 603).

Pero póngase un terroncito de azúcar en contacto con el agua en el centro del círculo de los palillos, y al momento todos se acercarán, con rápido movimiento: esos pececillos son muy golosos.

Aun más: de madera y todo como son, no se dejan engañar fácilmente. Múdense el agua, fórmese otra vez la corona de pececillos y tóquese ahora el centro con un poco de jabón: los pececillos huirán a la desbandada.

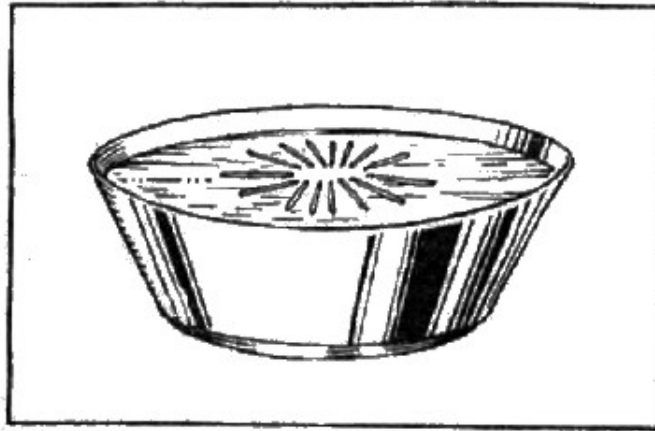


Figura 603

La causa de estos movimientos está en que una solución azucarada tiene mayor tensión superficial que el agua, y en cambio la solución de jabón tiene menor tensión superficial que el agua.

La exigua tensión superficial del éter

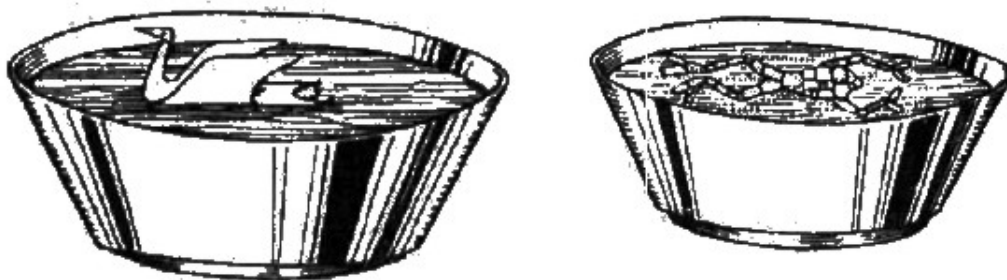
655. La disminución que los vapores de éter determinan en la tensión superficial del agua (número 637) puede hacerse patente con un sifón indescebable como los del número 353, en que un pedazo de tela obtura las bocas de las dos ramas. Inclinando un poco el sifón de manera que la diferencia de presión entre las dos ramas determinada por la inclinación no llegue a vencer la tensión superficial del agua o, lo que es lo mismo, de manera que el sifón se mantenga cebado, bastará que una de las bocas se sumerja en un ambiente de vapores de éter (prácticamente, en un vaso mojado de éter) para que disminuyendo la tensión superficial, la tela deje de impedir la salida del agua y el sifón se descebe.

656. Otro efecto de la poca tensión superficial del éter, es la pequeñez de las gotas de este líquido que se desprenden de un cuentagotas, porque el peso creciente de la gota en formación vence en seguida la tensión de la superficie, y la gota se desprende. He aquí el número de gotas que en un cuentagotas ordinario da 1 centímetro cúbico de distintos líquidos: éter, 83; alcohol, 63; aceite de oliva, 47; agua, 20. Pero no se puede conceder a esos números un valor absoluto.

Los remolinos del alcanfor

657. Dejando caer en la superficie del agua líquida fragmentos o partículas de alcanfor, como que esta substancia es menos densa que el agua, flotan, pero al mismo tiempo se agitan con rápidos e incesantes movimientos, ora de rotación, ora de traslación, tan complicados y variados que parecen efectuados por seres vivientes.

Son los célebres remolinos del alcanfor; han llamado la atención de muchos observadores sagaces, pero no han llegado a ser todavía perfectamente explicados. Influirá seguramente en ellos un cambio que debe experimentar la tensión superficial del agua por el contacto del alcanfor, el cual experimentará un principio de disolución en aquel líquido: los movimientos observados tendrían así un origen parecido al del movimiento de los palillos que se alejaban del jabón (número 654).



Figuras 604 y 605

658. Puede utilizarse esta curiosa propiedad del alcanfor para preparar un juguete: se recortará una cartulina para remedar la forma de un barquichuelo, y en una escotadura practicada en la popa se pondrá un grano de alcanfor. Dejando el buque en la superficie del agua, el alcanfor, al emprender sus movimientos, los comunica a

la cartulina: y «allá va la nave», impulsada por misteriosa fuerza. Claro está que si el armador es hombre de gusto y paciencia, habrá sabido dotar a la embarcación de velamen, banderolas y hasta quizá de marineros.

En la figura 604, el barquichuelo tiene forma de cisne.

659. Todavía se puede dar otra forma, más infantil, al experimento. Sobre una cartulina se ordenan unos trocitos de alcanfor, apretándolos unos con otros y remedando la forma de un cocodrilo en miniatura. Se pone la cartulina, con el saurio, en la superficie del agua, y con cuidado se aparta la cartulina; el animal alcanforado queda flotando y mueve y agita sus miembros como si estuviera dotado de vida.

En la figura 605 se ha remedado con los fragmentos de alcanfor a forma de un sapo.

660. Pero si en el plato donde se agitan los fragmentos de alcanfor, o en el mar en que navega el misterioso buque, o en el africano lago en que hemos creado la nueva especie cuya clasificación constituiría la desesperación de los zoólogos, nos tomamos la libertad de dejar caer una gota de aceite o de agua de jabón, todo se sume instantáneamente en reposo; los fragmentos quedan inmóviles, el barco se para, el saurio se mantiene quieto. Un hálito de muerte ha soplado sobre nuestro microcosmos.

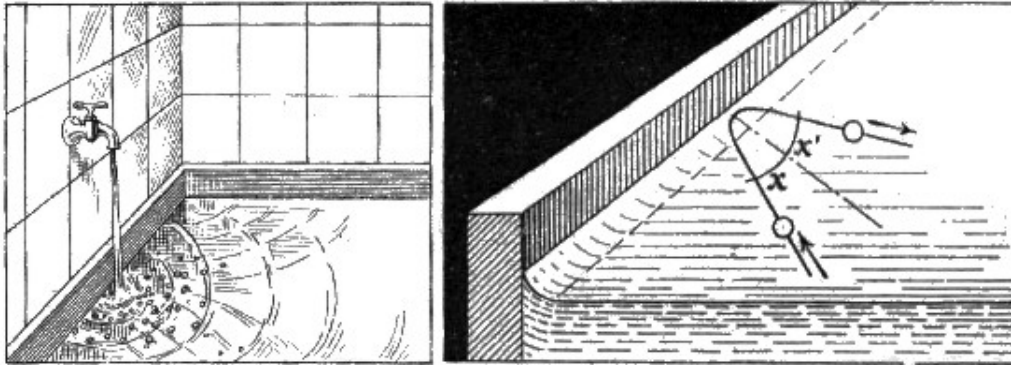
La causa parece residir en la alteración causada en la tensión superficial del agua por la extensión rapidísima (número 654) de la gota de jabón o de aceite.

661. La misma paralización de los movimientos del alcanfor puede conseguirse lavándose en el agua la punta de los dedos. En este caso debe de ser una imperceptible película de grasa que se extienda por la superficie líquida, la causa del súbito reposo.

Y he aquí por qué ya al principio hemos advertido que para observar los remolinos del alcanfor, el agua debía estar perfectamente límpida. Y es tan sensible el alcanfor a la falta de limpidez, que los movimientos cesan cuando la vista no puede advertir todavía ninguna impureza sobre el agua.

Perlas de agua

662. Vertiendo agua, en chorro delgado y de poca altura, sobre una superficie límpida del mismo líquido, se destacan de la masa total unas esferillas que corren veloz y radialmente en todas direcciones a partir del punto en que el chorro tropieza con la superficie líquida.



Figuras 606 y 607

Tales perlas de agua (figura 606), que un observador poco atento confundiría con burbujas de aire, se distinguen perfectamente de éstas por su forma (semiesférica la de las burbujas; esférica la de las perlas), por su mayor independencia de la masa líquida total y por su brillo.

Tienen bastante inestabilidad: quizá más que las burbujas; y al desaparecer presentan la particularidad (*E.*) de dejar siempre como huella una esferilla menor; pero ésta también desaparece al momento.

663. Cuando en su movimiento rectilíneo llegan a la pared del depósito o vasija en que se han formado, retroceden, como pequeñas pelotas, obedeciendo a las leyes del choque oblicuo, según las cuales el ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión (fig. 607: $x = x'$).

Examinando atentamente este fenómeno de reflexión de las perlas de agua, se puede observar que nunca ocurre un verdadero choque de las gotas con la pared, sino sólo una ascensión y subsiguiente descenso por la superficie inclinada que forma el líquido en la proximidad de la pared; o dicho en otros términos: el

retroceso no es debido a la elasticidad, pues no hay en realidad choque, sino a la gravedad. Por lo mismo, el movimiento de las gotas cerca de la pared (en cuanto encuentran la superficie líquida curva) no es rectilíneo, sino curvilíneo, y la curva minúscula descrita está formada por dos ramas, una ascendente y otra descendente, iguales (fig. 607) (*E.*).

664. Como los remolinos del alcanfor, las perlas de agua son muy sensibles a la limpidez de la superficie líquida, de suerte que dejan enteramente de formarse si en el agua se vierte aceite o jabón, o si uno se lava en ella las manos. Los dos fenómenos: movimientos espontáneos del alcanfor y formación de perlas de agua, requieren igualmente la completa limpidez de la superficie del agua. Donde el alcanfor no se mueve, las perlas de agua no se forman (*E.*).

Prodúcese también perlas de agua en el experimento del número 399, figura 372 (*E.*).

Láminas líquidas

665. *Preparación del líquido jabonoso.* De un litro de agua destilada, tómense unos 100 gramos para disolver 10 gramos de raspaduras de jabón, y en el resto disuélvanse 400 gramos de azúcar blanco. Mézclense el agua jabonosa y el agua azucarada obtenidas.

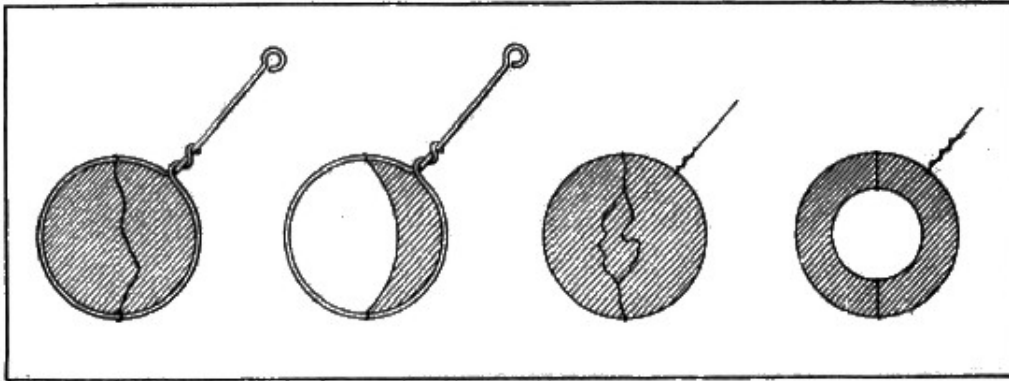
Siendo muy fermentescible el líquido resultante, se favorecerá su conservación agregándole algunas gotas de formol.

Puede utilizarse en vez del líquido anterior un líquido resinoso, que da películas más consistentes. Se prepara mezclando y pulverizando 100 gramos de colofonia (pez griega) pura y 100 gramos de potasa (carbonato potásico), vertiendo el polvo en un litro de agua e hirviendo hasta que la disolución sea completa. Este líquido se conserva indefinidamente.

Para el uso se toma una porción de este líquido resinoso y se diluye en un volumen de agua cuatro o cinco veces mayor.

Al referirnos, en las descripciones de experimentos, al agua de jabón, deberá entenderse uno de los líquidos cuya preparación acabamos de exponer.

667. Experimentos. Prepárese un aro de alambre (de hierro, de cobre, de latón, etc.) haciendo que de él sobresalga un trozo algo largo que servirá de mango para asirlo. En los extremos de un diámetro átese al aro un delgado hilo de seda de manera que quede flojo (fig. 608).

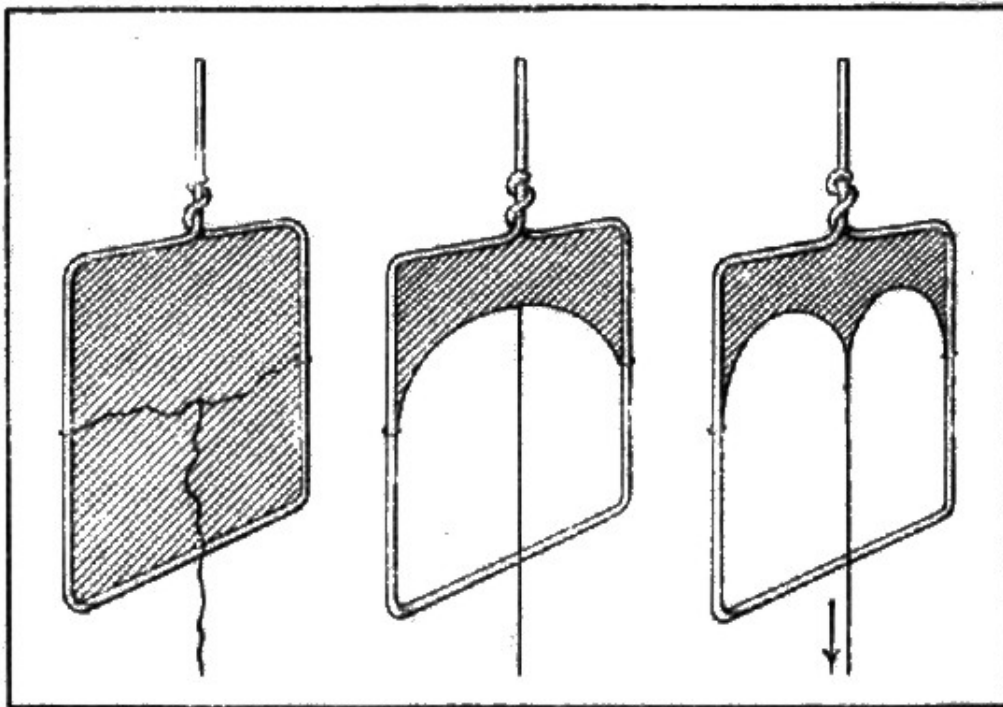


Figuras 608, 609, 610 y 611

Inmergiendo el aro así preparado en agua de jabón, y retirándolo con cuidado, aparecerá limitando una hermosa película, en la que flotará, manteniéndose floja, la hebra de seda. Con la punta del lápiz o el borde de un papel, rómpase la lámina a uno de los lados de la seda, y ésta quedará entonces limitando la porción de lámina líquida que no se ha roto, pero ya no aparecerá floja, sino muy tensa (figura 609). Es la tensión superficial del líquido la que restringe cuanto es posible la superficie libre.

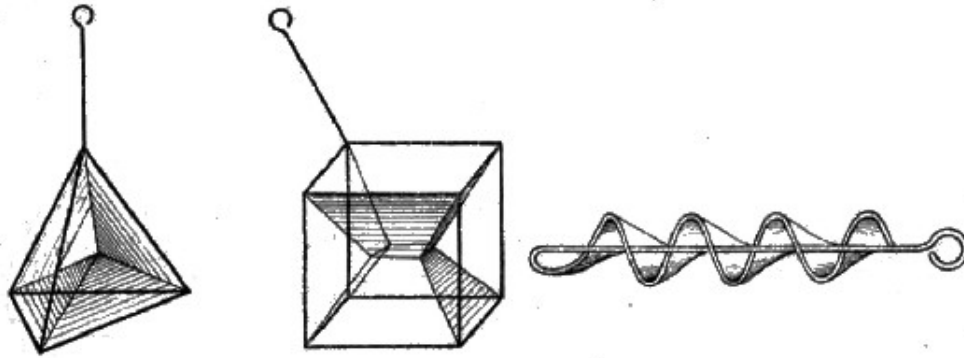
668. Más sorprendente es todavía el experimento anterior, si la hebra de seda está desdoblada en su porción media, o bien si a lo largo de esta misma porción se ha atado otra hebra pequeña, de manera que entre las dos formen un anillo de hilo. Formada la lámina líquida en el aro, se presentarán las hebras flojas (fig. 610), y reventando entonces la lámina por el espacio comprendido entre las dos hebras, quedará abierto en ella un orificio circular limitado por el anillo de seda (fig. 611). Enseña este experimento que la tensión superficial tira de todos los puntos del hilo con igual fuerza (Mensbrugghe).

669. Formando la lámina líquida en un marco rectangular de alambre, entre cuyos lados laterales se haya tendido un hilo de seda, flojo, atado por su punto medio a otro hilo de la misma substancia, del que se pueda tirar a voluntad (fig. 612), y rompiendo la lámina por debajo del hilo tendido, éste se dispondrá en arco de círculo perfectamente definido (fig. 613): mas tirando del otro hilo el arco único se convertirá en arco geminado (fig. 614).



Figuras 612, 613 y 614

670. Construyendo, con alambre, armazones poliédricos, por ejemplo un tetraedro, un cubo, etc., haciendo siempre que por uno de los vértices asome un trozo de alambre para que el conjunto pueda sujetarse con comodidad, e inmergiéndolos en agua de jabón, se obtendrán al retirarlos bellísimas combinaciones de láminas líquidas, planas e irisadas, que se cortarán según rectas de exquisita finura (figuras 615 y 616).



Figuras 615 616 y 617

Rompiendo algunas láminas para destruir la trabazón del conjunto, se obtendrán interesantes superficies alabeadas (Plateau, 1843).

671. Constrúyase también con el alambre una hélice atravesada por un eje (fig. 617): al retirarla del agua de jabón aparecerá formada una lámina líquida de superficie helicoidal, perfectamente construida y brillantemente decorada, cuya forma bellísima está apenas esbozada en la figura 617.

Pompas de jabón



Figura 618

672. Hundiendo un momento en agua de jabón el extremo de un tubo, al retirarlo queda cerrado por una lámina líquida, que es susceptible de dilatarse (hincharse) extraordinariamente si se insufla por el otro extremo. Así se obtienen burbujas de jabón (fig. 618).

Empleando como agua de jabón uno de los líquidos a que se refieren los números 665 y 666 se obtienen pompas de duración y tamaño inusitados.

673. Para obtener pompas de gran tamaño se han de emplear tubos de gran diámetro (por

ejemplo, 2 centímetros). Soplando entonces con fuerza se obtienen pompas del tamaño de la cabeza de un hombre. En vez de tubo se puede emplear también un embudo.

Esas pompas grandes y rápidamente formadas, al desprenderse del tubo ascienden en vez de caer, porque están llenas de aire que acabando de salir de los pulmones, posee una temperatura, superior a la del ambiente, que le hace suficientemente ligero para comunicar a la pompa una fuerza ascensional. Con un poco de paciencia hasta es posible suspender de la pompa alguna carga: recórtese, por ejemplo, una figurita de papel de seda, átese mediante un hilo finísimo a un pequeño disco del mismo papel, y éste, previamente mojado en la misma agua de jabón, adhiérase a la superficie de la pompa. Sacudiendo ligeramente el tubo, la pompa escapa y asciende en el aire llevando consigo al arrojado aeronauta.

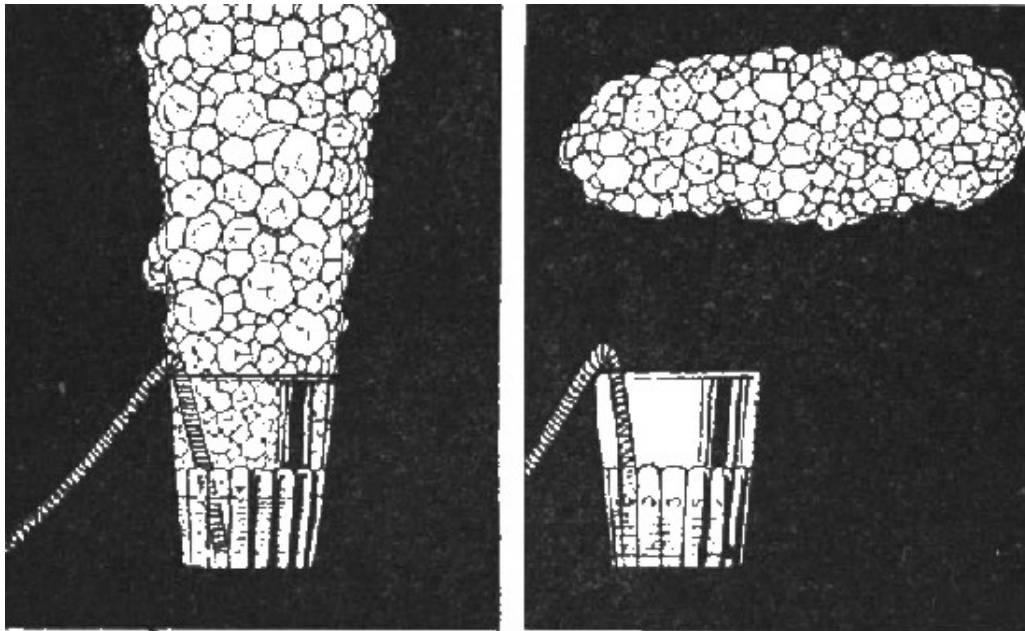
674. Mas para obtener pompas con considerable fuerza ascensional conviene substituir el aire caliente con el gas del alumbrado. Únese el tubo destinado a la formación de las pompas con una espita de la cañería del gas, mediante un tubo de caucho, y oprimiendo éste más o menos entre los dedos, se gradúa a voluntad la velocidad del crecimiento de la pompa. Sin embargo, en este caso la fuerza ascensional resulta excesiva para obtener grandes pompas, pues en cuanto han llegado a adquirir un tamaño mediano, se desprenden espontáneamente del tubo y ascienden rápidamente.

675. El experimento anterior puede completarse deteniendo en su subida una pompa de jabón llena de gas, aproximándole una cerilla encendida: revienta la pompa y se inflama el gas, produciendo en el aire una voluminosa llamarada de algunos segundos de duración. Debe procederse con algún cuidado para no recibir la llama en el rostro o en la mano: lo mejor es incendiar la pompa desde cierta distancia, atando la cerilla al extremo de un palo.

676. *Aeronave de jabón (E.).* — He aquí la manera de preparar con gas y agua de jabón un aeróstato de gran tamaño, pluricelular como los zepelines, y que como

éstos tiene la propiedad de sostenerse en el aire aunque se rasguen las paredes de algunas cámaras.

En un vaso ancho se verterá agua de jabón hasta unos 3 centímetros de altura y se mantendrá sumergido en ella el extremo del tubo enlazado a la cañería del gas del alumbrado.



Figuras 619 y 620

Pronto el vaso se llenará de burbujas, las cuales, al rebosar, no caerán resbalando por las paredes del mismo vaso, sino que se irán elevando, formando una torre transparente e irisada (fig. 619).

Cuando la columna de burbujas alcanza una altura de unos 80 centímetros se estrangula espontáneamente por la base, y al fin se desprende del vaso y asciende hasta el techo, columpiándose suavemente, con el eje mayor horizontal, como los dirigibles (figura 620).

Al tocar el techo se rompen algunas cámaras, y por la correspondiente pérdida de fuerza ascensional el aeróstato desciende; pero pronto desprende un par de gotas, cuya formación es debida a las paredes de las cámaras que reventaron, y así aligerado el aeróstato vuelve a subir, repitiéndose esas subidas y bajadas hasta agotarse enteramente la provisión de burbujas.

Si se quiere acabar más pronto y de una vez, péguese fuego a la aeronave.

ADVERTENCIA. Insistimos en recomendar a nuestros lectores que tomen toda clase de precauciones al realizar experimentos con el gas del alumbrado; en especial, procuren practicarlos en una habitación bien ventilada, con las ventanas abiertas. Actualmente, en muchas poblaciones, el gas es de excesiva densidad, y la columna de pompas cae, en lugar de subir.

677. El montón de burbujas. Por irregular que parezca un montón de burbujas, por ejemplo, el formado en el vaso del experimento anterior por insuflación del gas, o más simplemente el formado soplando en el líquido del mismo vaso con la boca, un examen atento revela que la distribución no está hecha al azar, sino obedeciendo a una regularidad muy notable.

Por ejemplo: en ninguna arista concurren más de tres superficies; en ningún vértice concurren más de cuatro aristas o de seis superficies. Durante la formación de burbujas, en algunos momentos ocurre que más de tres láminas pasan por la misma arista, pero en seguida una de las láminas se separa, resbalando sobre otra lámina. Además los ángulos diedros que forman entre sí las tres láminas que concurren en una arista, son todos exactamente iguales, y por consiguiente de 120° (es decir, de 360° dividido por 3).

Para observar fácilmente estas regularidades conviene limitar el montón de burbujas por una placa de cristal: sobre esta placa podrán contarse las láminas, medirse los ángulos, etc.

También se pueden comprobar los mismos hechos en las hermosas formaciones peliculares que se obtienen sobre los armazones de alambre (número 670).

En suma, deberemos convencernos de que la tensión superficial es un excelente geómetra.

678. El tenis. Las pompas de jabón llenas de aire se rompen al contacto del suelo o de la mesa; para evitar que así suceda, cúbrase el suelo o la mesa con una tela que presente la superficie vellosa. Con un cartón envuelto en una franela se puede jugar a la pelota con las pompas. También se pueden recibir en la mano, enguantada con guante de lana. Claro está que la duración de las pompas sometidas al juego de pelota no es indefinida, y la sucesiva explosión de las que van substituyéndose llega

a humedecer los paños hasta el punto de dejarlos inservibles, porque a su contacto estallan las pompas como al contacto de una superficie lisa.

679. El billar. Sobre un tapete de terciopelo o sobre un tejido de lana puesto en la mesa pueden dejarse varias pompas de jabón sin que se rompan.

Con la mano enguantada pueden empujarse las pompas y hacer que choquen entre sí: entonces se observará que las pompas rebotan una sobre otra, como dos bolas de billar, sin estallar ni adherirse.

680. Pompas y electricidad. Déjense sobre la mesa (con tapete de terciopelo o de lana), algunas pompas de jabón. Aproxímeseles, a la distancia de 20 a 30 centímetros, por arriba un papel electrizado: se verá que las pompas pierden la forma esférica para tomar la de elipsoide, con el eje mayor vertical, acercándose al papel (fig. 621), y si éste se les acerca demasiado (10 a 15 centímetros) se elevan atraídas por el papel hasta llegar a su contacto y romperse.

La manera de electrizar la hoja de papel se hallará descrita más adelante (número 712).

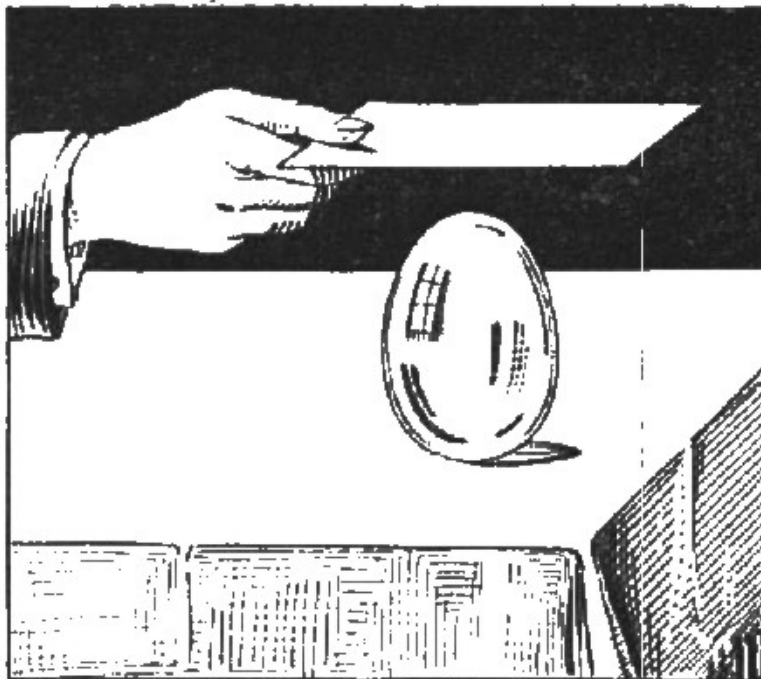
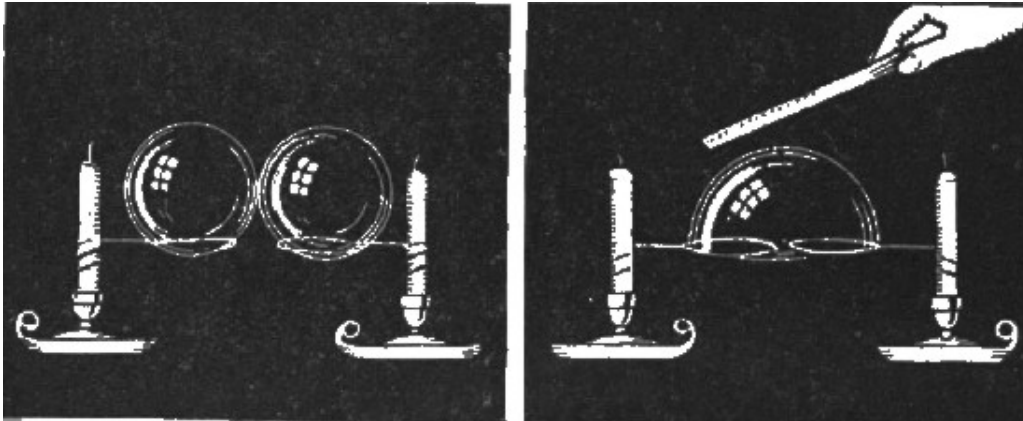


Figura 621

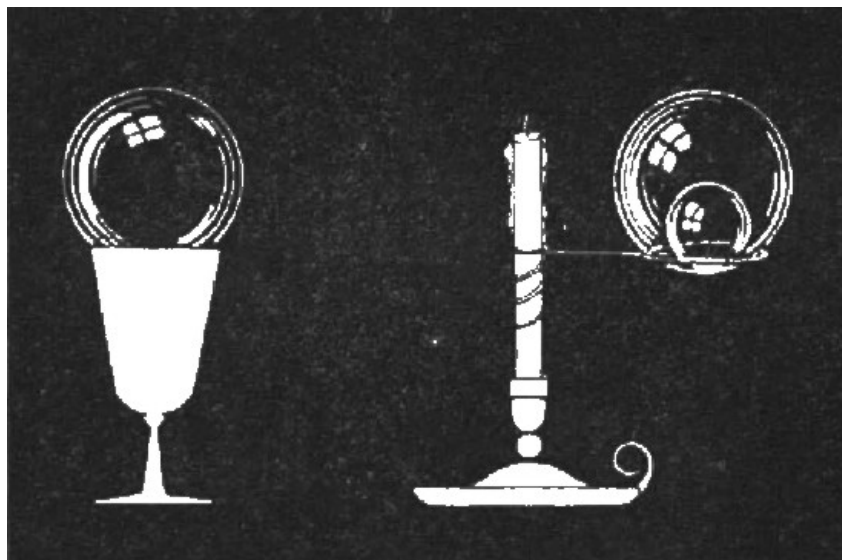
681. La influencia que los objetos electrizados ejercen sobre las pompas de jabón es notabilísima. He aquí otro interesante experimento que la comprueba.

Déjense sobre la mesa, cubierta con un tapete velludo, dos pompas en contacto: basta sacarse del bolsillo una barra de lacre, que por el simple rozamiento con el paño se electriza, y aproximarla a las pompas, para que se junten formando una pompa única.



Figuras 622 y 623

Mejor que dejar las pompas sobre la mesa es sostenerlas con anillos bien mojados con el agua de jabón que ha servido para la preparación de las pompas (figuras 624 y 625).



Figuras 624 y 625

También se pueden dejar sobre una copa cuyo borde se halle perfectamente mojado por el agua de jabón (figura 624).

682. De esta acción que la electricidad ejerce sobre las pompas de jabón, el físico inglés Boys¹ ha sacado partido para dar una hermosa demostración de que las acciones eléctricas no se ejercen en el interior de los conductores, o, como se dice de ordinario: la electricidad queda localizada en la superficie externa de los conductores.

Dentro de una pompa sostenida por el anillo metálico soplese otra pompa; despréndase ésta del tubo mediante una ligera sacudida, y apártese el tubo de la pompa exterior. Sobre el conjunto de las dos pompas, una exterior, otra interior, así constituido, no produce efecto alguno el lacre electrizado, pues la lámina líquida que forma la pompa externa impide que la pompa interior experimente acción eléctrica alguna (fig. 625).

683. Pompas y luz. Los anillos coloreados de las pompas de jabón (número 560) se observan muy cómodamente en la sombra proyectada sobre una hoja delgada de papel blanco por una pompa sostenida con un aro de metal o en el borde de una copa. La sombra se puede examinar al trasluz (fig. 626).

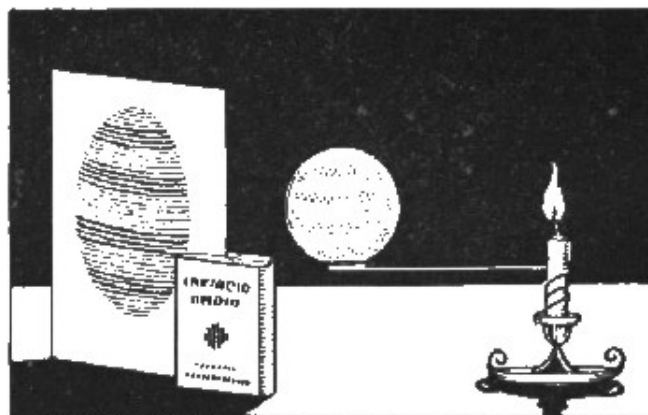
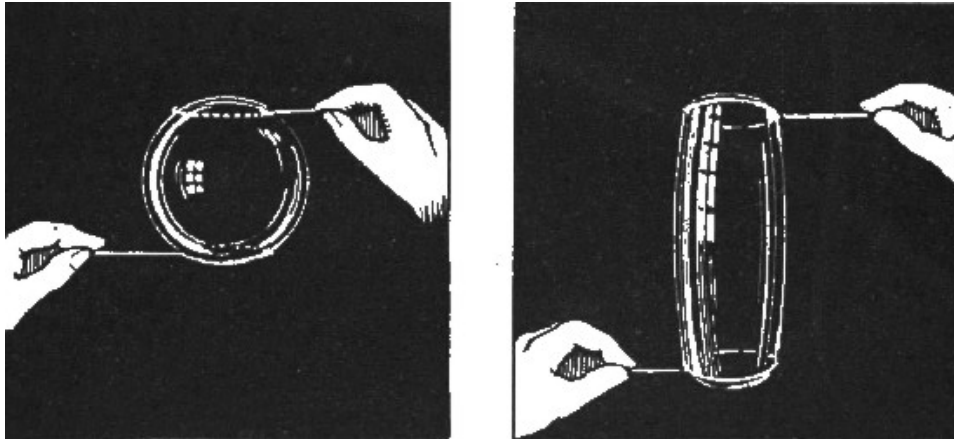


Figura 626

¹ Los hermosos estudios de Boys sobre las pompas de jabón están expuestos en su obra *Soap Bubbles*, de la cual existe una excelente traducción francesa (1892), mencionada en la Bibliografía.

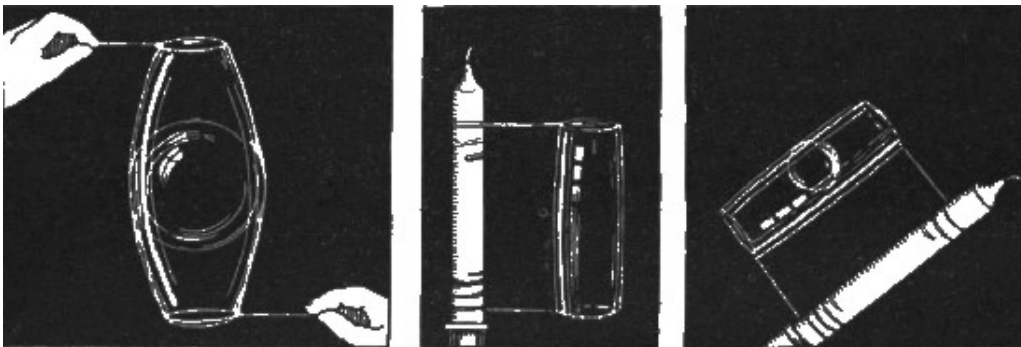
684. *Pompas deformadas.* Formada una pompa de jabón entre dos aros metálicos (fig. 627), se le puede dar después una forma alargada, y hasta cilíndrica, separando los aros a conveniente distancia (fig. 628).



Figuras 627 y 628

Claro está que para llegar a conseguir la forma cilíndrica, los aros deberán separarse tanto más cuanto menor sea su diámetro y cuanto mayor sea el de la pompa. Pero esa separación tiene un límite, pasado el cual la pompa cilíndrica se partiría, ya que no tiene estabilidad una pompa cilíndrica cuya longitud sea igual o mayor que su perímetro.

685. Dentro de la pompa sostenida entre dos aros puede soplarse otra pompa y desprenderla del tubo. Aun alargando la primera pompa por separación de los anillos, de modo que quede aprisionada la pompa interior y aun comprimida ésta por la exterior, no se juntan las dos pompas ni revientan (fig. 629).

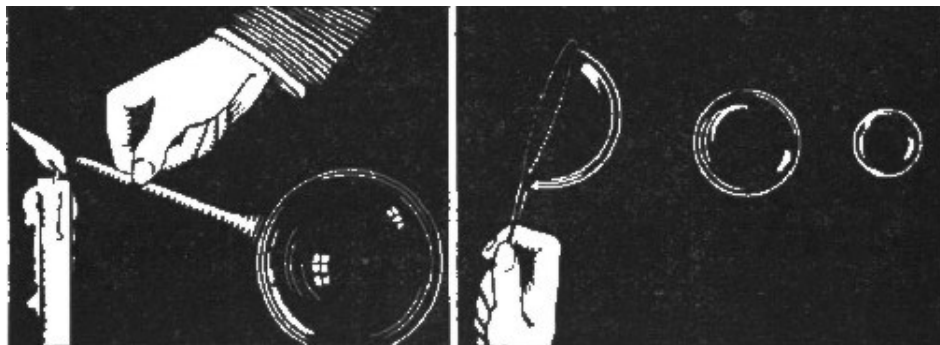


Figuras 629, 630 y 631

686. Repitiendo el experimento del párrafo anterior, pero soplando dentro de la pompa sostenida por los dos aros una pompa mucho más pequeña, cuando hayamos dado a la primera la forma cilíndrica y la inclinemos en uno u otro sentido, la bola interna rodará a lo largo de las generatrices de la pompa cilíndrica exterior (fig. 631).

Para la realización de los experimentos con pompas cilíndricas, es muy cómodo sostener los dos aros sobre una misma bujía (fig. 630) y acercarlos o alejarlos haciendo resbalar sobre la bujía la porción de alambre arrollada en espiral que la abraza.

687. *La pompa sopla.* Formada una pompa de jabón en la boca de un embudito de cristal y aproximado el cuello del mismo embudo a una llama, se observará la inclinación que ésta experimentará merced a la corriente del aire expulsado por la pompa (fig. 632).



Figuras 632 y 633

No se olvide que la tenue lámina constitutiva de la burbuja de jabón tiene dos superficies libres (la externa y la interna) y por consiguiente, obrando en ambas la tensión superficial, ha de ser muy notable la tendencia de la membrana a contraerse.

688. Rápida obtención de pompas de jabón (*E.*). Un aro o marco de alambre en el que se haya formado, por haberlo sumergido un momento en agua de jabón, una membrana líquida (667), se presta a realizar el siguiente experimento.

Moviendo rápidamente el aro en dirección perpendicular a su plano observaremos que la membrana, por la resistencia del aire, se hunde en sentido opuesto al del movimiento, y si entonces lo aceleramos un poco, la membrana se hunde más, formando una bolsa que se estrangula hasta quedar separada y suelta una porción de forma esférica: una verdadera burbuja de jabón; con un poco de aprendizaje, llegan a obtenerse varias burbujas, una tras otra, en una sola carrera (figura 633). Procediendo bruscamente no se consigue más que romper la membrana inicial.

Películas de aceite

889. La rápida extensión de una gota de aceite en la superficie del agua límpida, que da origen a la aparición de los bellísimos colores de interferencia de que se habló en el número 557, se debe a que la tensión del aceite es menor que la del agua (número 649).

Las impurezas (grasas, etc.) que alteran la tensión superficial del agua impiden también la extensión del aceite, y por lo tanto dejan de aparecer aquellos colores. Este fenómeno exige en el agua la misma limpidez que los remolinos del alcanfor y las perlas de agua (números 660, 661 y 664).

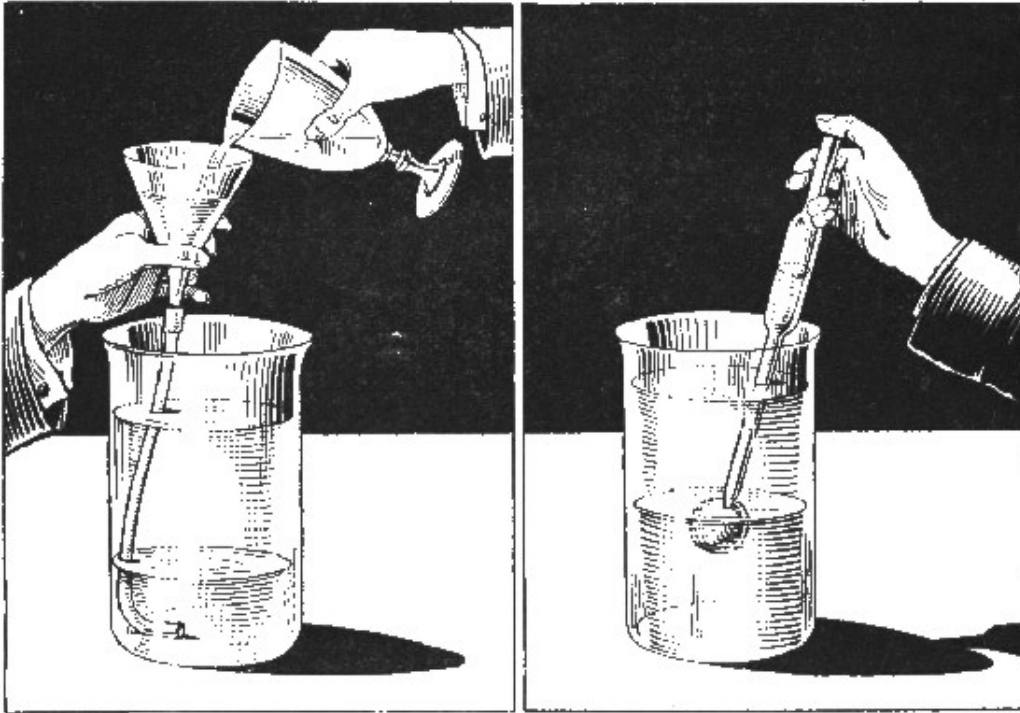
Una bola de aceite

690. El agua es más densa que el aceite y por esto el aceite sobrenada en el agua; el aceite es más denso que el alcohol y por esto el alcohol sobrenada en el aceite. Pero mezclando en cierta proporción agua y alcohol se puede preparar un líquido de la misma densidad que el aceite.

Mezclando una parte de agua con dos de alcohol se obtiene un líquido ligeramente menos denso que el aceite de oliva; agregando a una porción de la mezcla un poco más de agua resulta un líquido de densidad algo superior a la del aceite de oliva.

Póngase la primera mezcla (menos densa que el aceite) en un vaso, de manera que lo llene aproximadamente hasta la mitad. Mediante un embudo de cuello largo que llegue al fondo del vaso, acábese de llenar éste con la mezcla ligeramente más densa que el aceite: procediendo así, esta mezcla ocupará la mitad inferior del vaso, y aquélla la mitad superior, y difundíendose ambos líquidos en la superficie de contacto formarán un estrato de densidad casi igual a la del aceite. Si se carece de

embudo de cuello largo, enlázese a un tubo de caucho el cuello de un embudo ordinario (fig. 634).



Figuras 634 y 635

Con una pipeta o un tubo usado a guisa de tal (337) soltaremos cierta cantidad de aceite en medio del vaso, entre las dos mezclas; así observaremos que el aceite, en vez de extenderse formando un estrato plano, se acumula en forma de esfera que se mantiene flotante en el seno de la mezcla de agua y alcohol (fig. 635). Suprimido, por el principio de Arquímedes, el peso del aceite (pues desaloja una porción líquida que tiene su mismo peso), entra sólo en juego la tensión superficial. La bola obtenida se puede considerar como una membrana esférica de aceite llena de aceite, así como una pompa de jabón consiste en una membrana esférica líquida llena de gas.

Si el experimento se verifica en un vaso cilíndrico ordinario, se ve la esfera aplastada, por actuar el vaso y su contenido como una lente cilíndrica.

El mismo experimento podría realizarse preparando desde luego con agua y alcohol un líquido de densidad exactamente igual a la del aceite; pero conseguir tal exactitud es tan difícil, que puede reputarse por imposible.

691. Con dos aros de diámetro algo menor que el de la bola de aceite, hechos con alambre y provistos de un largo apéndice para manejarlos desde fuera del vaso, se puede someter la esfera a tracciones y aplastamientos que la deforman de manera parecida a como se deformaba una pompa de jabón sostenida también entre dos aros (número 684).

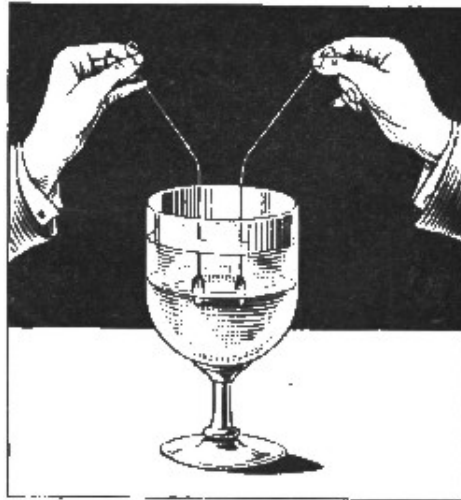


Figura 636

Así se consigue dar a la pompa de aceite la forma cilíndrica (fig. 636), con la limitación de la longitud señalada en el número 684, etc.

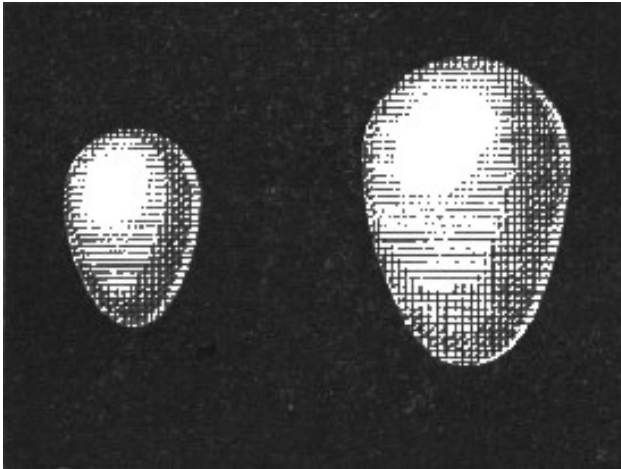
692. La semejanza entre las bolas de aceite y las pompas de jabón es completa; pero aun es mayor si se preparan las primeras en la siguiente forma.

Lleno un vaso de la mezcla de agua y alcohol de densidad ligeramente superior a la del aceite y dejando caer en la superficie de la mezcla unas gotas de aceite, se formará una película superficial (número 689). Hundiendo de plano en el líquido un anillo metálico, arrastrará consigo una membrana circular de aceite. Acelerando el movimiento del alambre, la membrana se convertirá en bolsa., y si la velocidad es suficiente se destacará de ella una pompa de aceite llena de agua. No es difícil comprender las analogías de este experimento con el del número 688.

Para que el anillo empleado pueda hundirse de plano, su vástago debe estar algo doblado.

Crecimiento y encogimiento de un huevo

693. Se priva de la cáscara un huevo fresco dejándolo tres o cuatro horas en un baño de vinagre o sumergiéndolo por pocos minutos en ácido clorhídrico concentrado, y después de haberlo pasado dos o tres veces por agua fría, se le abandona en un baño de agua. Al cabo de unas diez horas se hallará enormemente crecido (fig. 637 y 638).



Figuras 637 y 638

A través de la membrana que envuelve el huevo se ha verificado la difusión entre el líquido interior y el agua exterior; esa difusión a través de una membrana recibe el nombre de ósmosis. Pero siendo la endósmosis, o penetración en el huevo del agua exterior, más rápida que la exósmosis, o salida del agua interior, el volumen del huevo aumenta.

694. El huevo, tratado como en el experimento anterior para destruir la cáscara caliza, se sumerge en agua saturada de cloruro cálcico (no confundir esta substancia con el cloruro de cal o polvos de gas ordinarios): en semejante baño el huevo se encogerá, por ser mayor la exósmosis que la endósmosis.

Imitación del experimento anterior

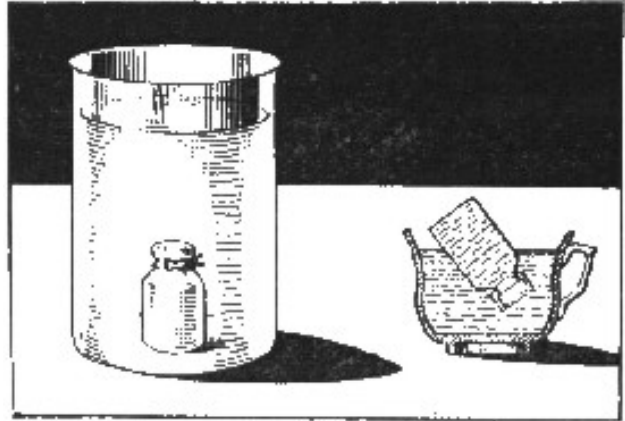
695. Los fenómenos osmóticos se producen siempre que dos líquidos miscibles de distinta naturaleza están separados por una membrana orgánica.

Lleno enteramente de agua cargada de azúcar un frasco de cristal de boca ancha, y obturada esa boca mediante un pedazo de vejiga, pergamino o papel apergaminado, fuertemente atado, introdúzcase en un vaso grande lleno de agua: al cabo de algunas horas la membrana se habrá hinchado de un modo muy aparente, indicando un exceso de presión interior.

Por el contrario, la membrana se presentaría hundida si el frasco contuviera agua pura y el vaso agua azucarada.

Más cómodo que emplear el vaso grande, como representa la figura 639, es disponer el frasco boca abajo, de manera que la membrana quede cubierta por el líquido contenido en una taza (fig. 640).

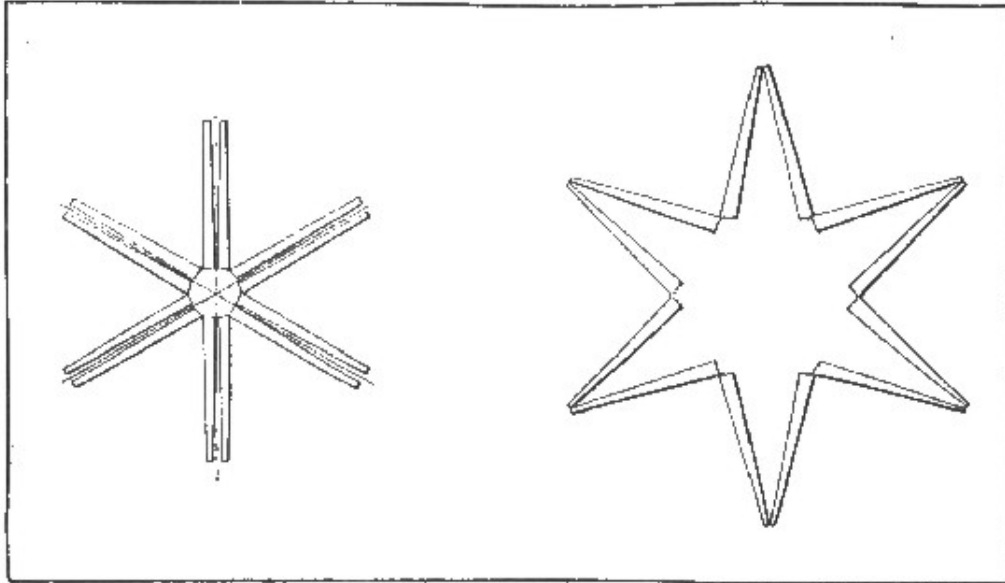
698. Una vez realizado el experimento anterior de modo que la membrana haya quedado notablemente hinchada, agujeréese con un alfiler; por el orificio abierto saldrá un surtidor de algunos centímetros de altura, debido al exceso de presión interior.



Figuras 639 y 640

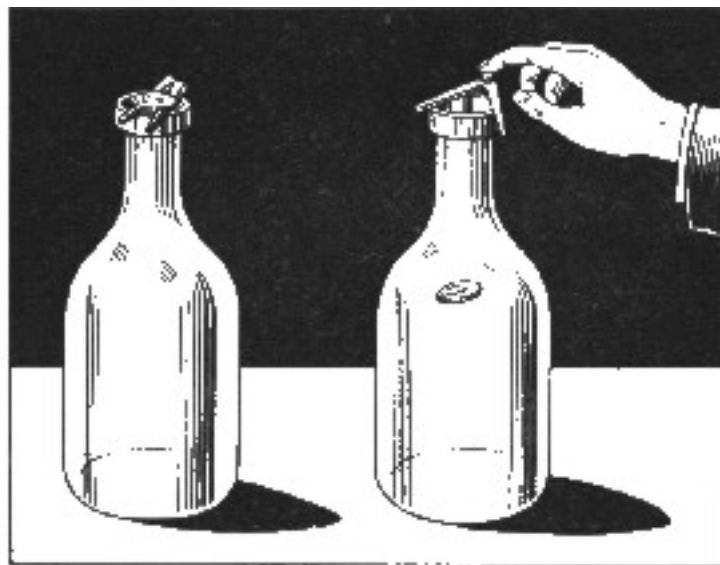
Acciones mecánicas de una gota de agua

697. Dispónganse seis palillos quebrados por mitad en la forma que muestra la figura 641 y viértase en el centro una gota de agua; ésta, al mojar los puntos por los cuales los palillos fueron quebrados, producirá un notable efecto higroscópico, y las dos porciones de cada palillo tenderán a ponerse otra vez en línea recta. Entonces las dos porciones adyacentes de cada par de palillos contiguos se separarán y la figura se abrirá para dar origen a una estrella de seis puntas bastante regular (fig. 642).



Figuras 641 y 642

698. Dóblese un palillo como se doblaron los del último experimento, y póngasele sobre la boca de un frasco, de manera que sostenga una moneda suficientemente pequeña para que pueda pasar por el cuello del frasco (figura 643).



Figuras 643 y 644

Mojando con una gota de agua el punto de flexión, cae la moneda en el frasco por haberse abierto el ángulo formado por las dos mitades del palillo (fig. 644).

En una copa de licor

699. En una copa de un líquido muy alcohólico, jerez, coñac, ron, aguardiente, etc., se produce siempre un fenómeno muy notable. Sobre la circunferencia que limita la superficie líquida, aparece en la pared de la copa una corona de gotas líquidas; fijándose en ellas se observa que no permanecen quietas, sino en incesante movimiento, aumentando de tamaño, cayendo para unirse con la masa líquida, y volviendo a crecer. Este fenómeno, conocido desde muy antiguo, y cuya aparición es indicio del elevado grado alcohólico del líquido en que se produce, es debido también a la diferencia entre la tensión superficial de dos líquidos de diversa composición. La explicación la dio el físico inglés J. Thomson (1855). La porción de licor que de ordinario moja la pared del vaso por encima del nivel líquido, pierde por evaporación más alcohol que el resto, y por lo tanto, resultando más acuosa, aumenta en tensión superficial: en virtud de este aumento se encoge y tira de la masa líquida hacia arriba, elevando una porción que aumenta su peso. Cuando el peso ya es excesivo, cae una gota, repitiéndose con la capa líquida que queda mojando la pared del vaso los fenómenos mencionados.

Lo mismo sucede, aun más visiblemente, en una copa de éter.

MAGNETISMO Y ELECTRICIDAD

Espectros magnéticos

700. Puesto un imán de herradura o una barra imanada sobre la mesa, cúbrase con una hoja de papel algo fuerte o de cartulina. Espolvoreándolo, por medio de un tamiz, con limaduras de hierro, y golpeando ligeramente la mesa o la misma hoja de papel (fig. 645), las partículas de hierro se agruparán con cierto orden dibujando unas líneas que van de polo a polo del imán y reciben el nombre de líneas de fuerza.

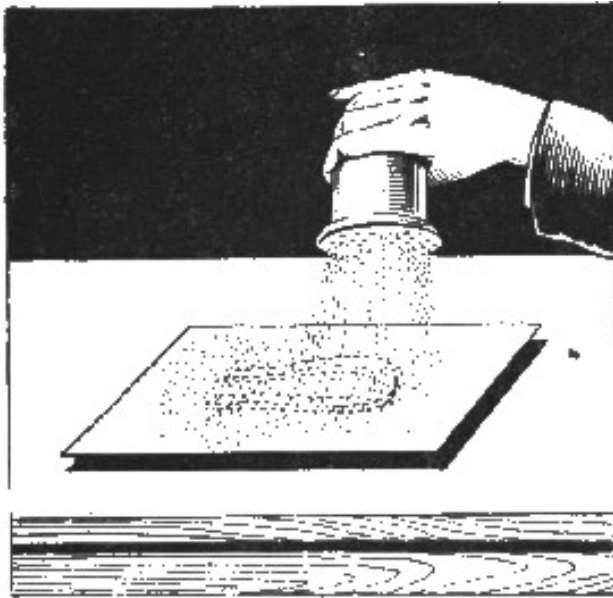


Figura 645

La figura formada sobre el papel por esas líneas se llama espectro magnético.

Las limaduras empleadas no deben ser ni demasiado gruesas ni demasiado finas: dan muy buen resultado las que se emplean como arenilla para secar la tinta, pero hay que purgarlas de impurezas, seleccionándolas mediante el mismo imán, que se hunde en el montoncillo de arenilla, recogiendo aparte las partículas que arrastre.

Disponiendo de un par de imanes, y variando la naturaleza de los polos enfrentados, se pueden obtener por este medio diversos espectros magnéticos.

701. Para fijar y conservar los espectros magnéticos pueden usarse diferentes métodos:

1. Adherir al papel las partículas de hierro dirigiendo con un pulverizador a la hoja de papel un líquido fijador como los empleados para los dibujos al carbón.

2. Parafinar la hoja de papel antes de formar sobre ella el espectro magnético, y calentarla, para fundir la parafina, después de formado el espectro.
3. Emplear papel sensibilizado al ferrocianuro, exponerlo largo tiempo a la luz, con el espectro magnético, y bañarlo en agua después de separadas las limaduras.
4. Emplear papel fotográfico al bromuro, de rapidez media, trabajando en una habitación algo oscura. Encender luz cuando se haya formado el espectro, y revelar y fijar después de quitadas las limaduras. Así se han fijado los espectros magnéticos representados en las figuras 646 y 647.

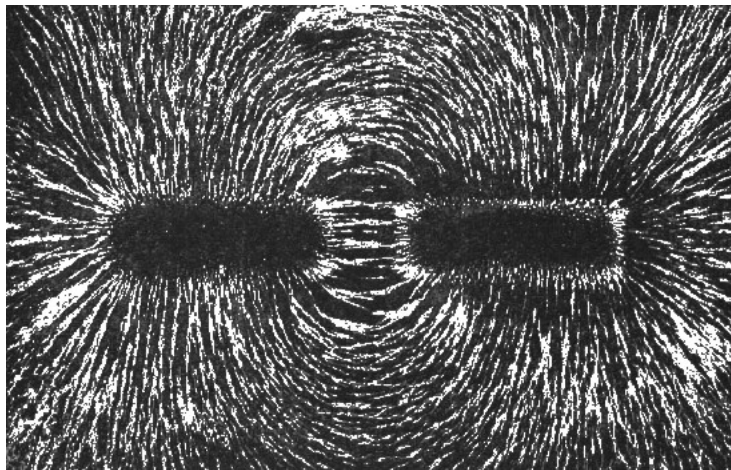


Figura 646

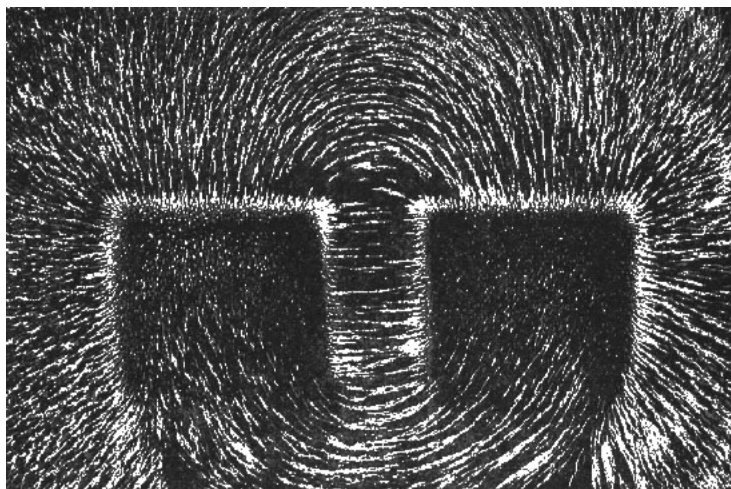


Figura 647

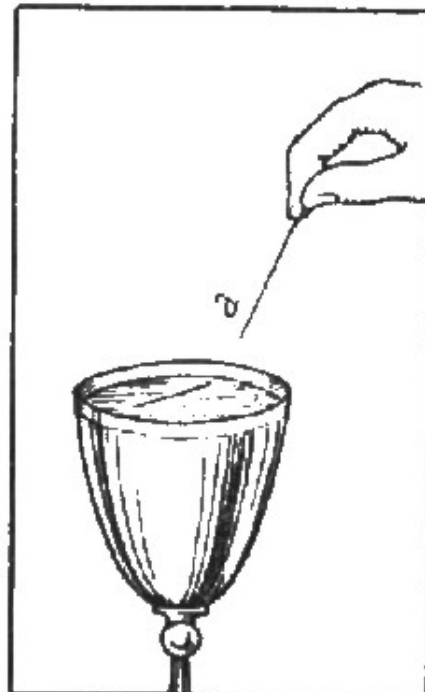
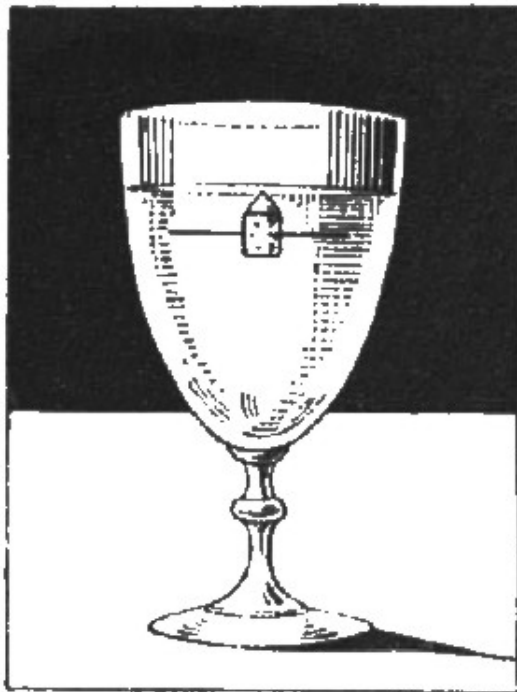
La brújula

702. La aguja de coser que se hace flotar en el agua (630 constituye una excelente brújula si previamente se la imana.

Para imantarla, se frota cuatro o cinco veces, siempre en el mismo sentido, con uno de los polos de un imán ordinario.

Soltada la aguja en la superficie del agua de una copa, gira en seguida hasta situarse aproximadamente en la dirección norte-sur después de dos o tres oscilaciones, con mucha rapidez amortiguadas. Esa brújula improvisada puede prestar utilidad en el campo durante las excursiones, a falta de sol durante el día, o de estrellas durante la noche.

703. Estando la aguja de coser algo enmohecida, o no uniformemente engrasada., o estando poco límpida la superficie del agua de la copa, la brújula del último experimento no tiene bastante libertad de movimientos y puede en algún caso inducir a error.



Figuras 648 y 649

Mejor es la disposición representada en la figura 648, en que la aguja imanada está atravesando un tapón de corcho terminado en punta y de tamaño conveniente para que el lastre constituido por la aguja lo hunda en el agua, dejando sólo sobresalir el extremo de la punta del tapón.

Los polos del imán

704. Con la aguja imanada flotante se puede reconocer la disparidad de los dos polos de un imán.

Acercando a uno de los extremos de la aguja flotante un extremo de otra aguja imanada, se observará a veces atracción, a veces repulsión. Así, llamando norte al extremo de la aguja flotante que marque el norte y sur al que marque el sur, y designando por a y por b los extremos de la aguja imanada que acercamos a la flotante, tendremos que si entre a y el norte de la brújula hemos observado atracción, entre a y el sur observaremos repulsión, entre b y el norte repulsión, y entre b y el sur atracción. Además, haciendo flotar en el agua la aguja ab, observaremos que a se dirige al sur y b al norte.

En la figura 649 se representa la manera de acercar a la aguja flotante el extremo a de la otra aguja, para que influya menos el polo b.

Lo observado puede resumirse así: polos del mismo nombre se repelen; polos de diverso nombre se atraen.

En vez de agujas, pueden emplearse hojas de máquina de afeitar, que a veces se hallan espontáneamente imanadas.

Juguetes magnéticos

705. *Los pececillos.* Unos pececillos de hojalata imanados flotan en la superficie del agua y se aproximan o se alejan según se les acerque uno u otro de los polos de una aguja imanada; en cambio, son siempre atraídos por un objeto de hierro sin imanar. Y también serían atraídos indiferentemente los pececillos de hojalata por uno u otro polo del imán si ellos a su vez no estuvieran imanados.

Claro está que el mismo polo que repele la boca del pez imanado, atrae la cola.

A falta de pececillos metálicos, pueden prepararse barquichuelos de papel o de cartulina que sostengan una aguja imanada.

706. El trompo, magnético. Al pie de un trompo con el eje imanado y en danza sobre la mesa, se le aproxima un alambre de hierro arrollado en espiral u ondulado: el trompo tiende a arrastrarlo, pero oponiéndose a ello el rozamiento del alambre con la mesa, el alambre en vez de girar con el trompo, resbala sobre él dando origen a extraños movimientos de reptación (fig. 650).

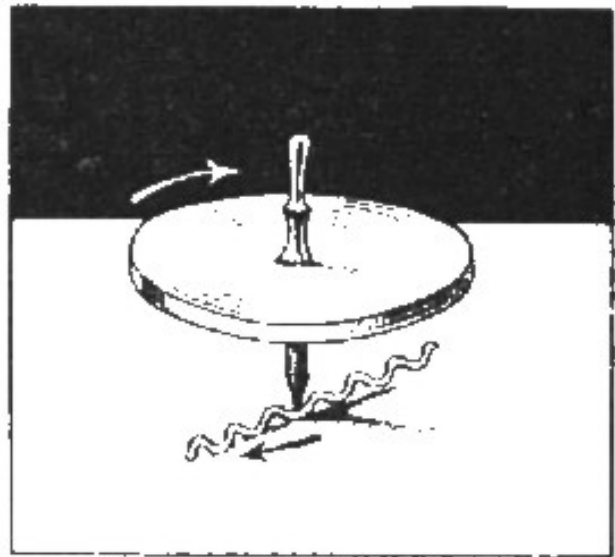


Figura 650

También ocurren movimientos semejantes usando en vez de alambres, retazos de hojalata, de forma elíptica, cuadrada, triangular, etc.

Para dar más vistosidad a los efectos del trompo magnético, se rodea el aparato de una caja cilíndrica o cúbica de manera que el trompo gire dentro de ella, asomando el extremo de su eje por el centro de la tapa superior; así a los recortes de plancha que bailotean alrededor del eje se les pueden pegar figuras de cartulina que se entregan a estrafalaria danza, tanto más sorprendente cuanto que el motor queda oculto por la caja (fig. 651).

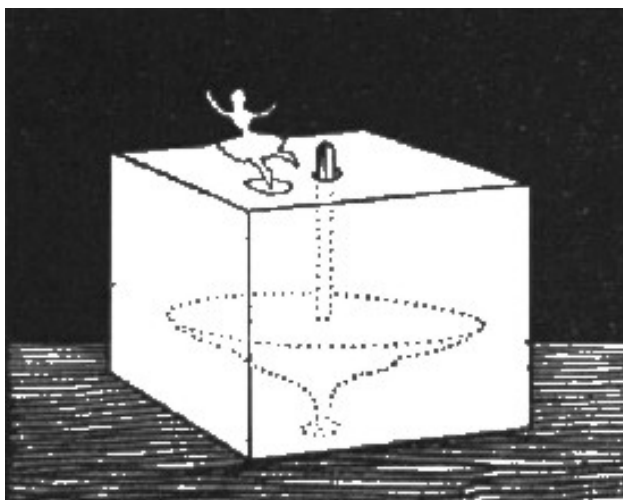


Figura 651

La manera de poner en movimiento el trompo dentro de la caja es muy variable: ora se consigue mediante un cordel arrollado al eje, ora mediante una rueda dentada calada sobre el mismo eje y que engrana con una cremallera de la que se tira desde el exterior, etc.

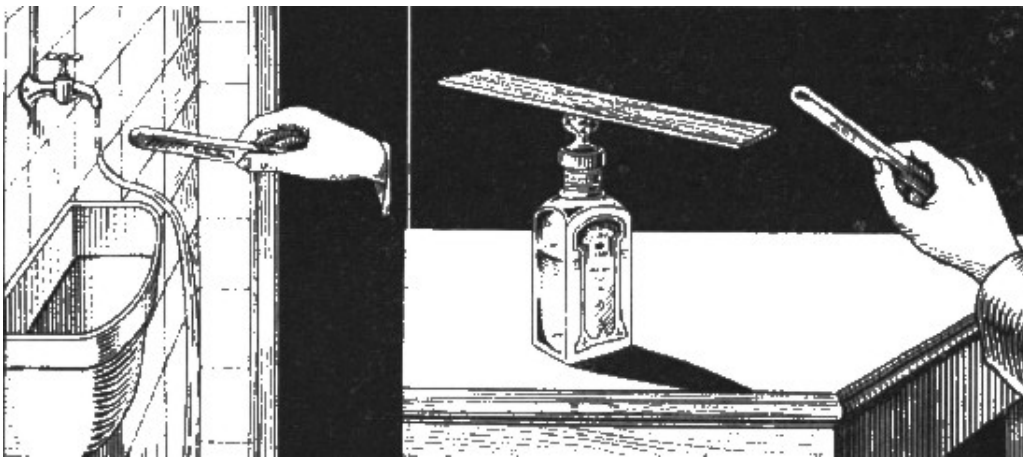
Electrización por frotamiento

708. Una barra de lacre o un canutillo

de azufre son los objetos con que más fácilmente se observan los fenómenos de la electrización por frotamiento. Basta frotarlos rápidamente con un trapo de lana, para que adquieran la propiedad de atraer los cuerpos ligeros, tales como pedacitos de papel, cabellos, etc.

Mejor efecto que el trapo de lana causan las plumas: golpeando con unas plumas (o con un plumero) el lacre o el azufre como si se sacudiera el polvo, a los dos o tres golpes quedan perfectamente electrizados.

El lacre o el azufre electrizados desvían la dirección de un chorro de agua (fig. 652)



Figuras 652 y 653

709. No es difícil conseguir que un objeto electrizado mueva otros objetos de masa considerable: basta colocarlos en un equilibrio muy poco estable o de manera que puedan moverse con rozamientos mínimos. Así, sobre un tapón convexo de cristal, como el de un frasco de esencias o de un tintero, podrá mantenerse en equilibrio una regla horizontal, y al aproximarle el lacre o azufre electrizado, la regla, atraída, girará alrededor del punto de apoyo (fig. 653).

710. Electrizadas al mismo tiempo dos barras de lacre, colóquese una de ellas en lugar de la regla del experimento anterior: al aproximarle la otra barra electrizada, observaremos que la primera gira apartándose de la segunda; las dos barras se repelen por estar ambas electrizadas con igual clase de electricidad.

Lo mismo sucedería si a la barra de lacre horizontal electrizada le aproximáramos un trozo de azufre electrizado. Pero, en cambio, la barra de lacre sería atraída por

un cilindro de vidrio, por ejemplo, un tubo de lámpara, electrizado por frotamiento, pues la electrización que por frotamiento con la lana o las plumas adquiere el vidrio es de signo contrario a la que por frotamiento adquieren el lacre y el azufre.

Acerca de la electrización del vidrio y del cristal, hay que advertir que solamente se consigue estando los objetos muy secos, para lo cual es preciso calentarlos, o mejor realizar los experimentos en habitaciones calentadas con braseros o estufas de carbón y sin la vasija con agua que de ordinario suele ponerse sobre éstas.

711. Muchísimos objetos de uso corriente se electrizan por frotamiento con gran facilidad: las plumas estilográficas, los peines de caucho endurecido, la goma de borrar, etc., se prestan a repetir variados experimentos de atracciones y repulsiones entre cuerpos electrizados.

El papel electrizado

712. El papel, cuando está bien seco, se electriza con gran facilidad. Se seca una hoja de papel, sin quemarlo, pasándolo rápida y repetidamente por una llama del mechero Bunsen, o manteniéndolo un rato cerca de las ascuas de un brasero.

Caliente todavía el papel, se extiende sobre la mesa y se roza dos o tres veces con la mano seca o enguantada. El papel se electriza hasta el punto de quedar fuertemente adherido a la mesa, y una vez separado de ella se pega, sin cola, a la pared, al techo, a los muebles, a los vestidos, etc.

Económica manera de decorar una habitación sería esa, si la adhesión no fuera tan fugaz: al cabo de un tiempo tanto más largo cuanto más seca esté la habitación, el papel se desprende y si se le quiere volver a electrizar hay que calentarlo de nuevo.



Figura 654

713. Acercando la hoja de papel electrizada a los cabellos de una persona, éstos se ponen de punta, a pesar de no estar aterrorizado el individuo (fig. 654). Acercando la hoja a unos retazos de papel los atrae; acercándola al chorro vertical del agua lo desvía hasta el punto de hacer que se vierta fuera del lavabo.

714. Volvamos a electrizar el papel. Si una vez separado de la mesa aproximamos el nudillo de un dedo a un punto de la superficie del papel electrizado, con atención y silencio lograremos oír un chasquido, y con atención y obscuridad lograremos ver una pálida chispita que salta entre el papel y el nudillo. Aproximando el dedo a otro punto del papel se percibe el salto de otra chispa.

715. Si el papel no fuera mal conductor, toda su electrización desaparecería con la primera chispa y ésta sería más nutrida, ruidosa y brillante: Puede hacerse que se descargue de una vez la electricidad de una buena porción de la superficie del papel, colocando sobre él, mientras todavía está adherido a la mesa, un disco metálico cualquiera, como una tapadera de hojalata, una tarjeta postal de aluminio o una moneda de cinco pesetas. Levantando entonces el papel electrizado, sujetándolo por los bordes de manera que las manos que lo van a sostener no estén en contacto con el metal ni aun próximas a él, si con silencio y en la obscuridad otra persona acerca el nudillo a la superficie metálica, se percibirá la producción de un chasquido bastante intenso y la aparición de una ráfaga bastante luminosa entre el metal y el nudillo.

Danza de muñecos

716. Un vidrio plano se sostendrá mediante un par de libros a unos 3 cm de altura sobre la mesa, en una habitación seca por la acción de un brasero o de una estufa, o por darle de lleno el sol.

En el espacio comprendido entre la mesa y el cristal se introducirán unos muñequitos recortados en papel de diversos colores, y de unos 2 cm de altura.

Con un pañuelo de seda o un trapo de lana se frotará rápidamente el cristal, y en seguida los muñecos, que estaban echados en la mesa, se levantarán, saltarán

hasta tocar el techo de cristal, caerán luego, volverán a subir, etc., entregándose a una desconcertante danza (fig. 655).

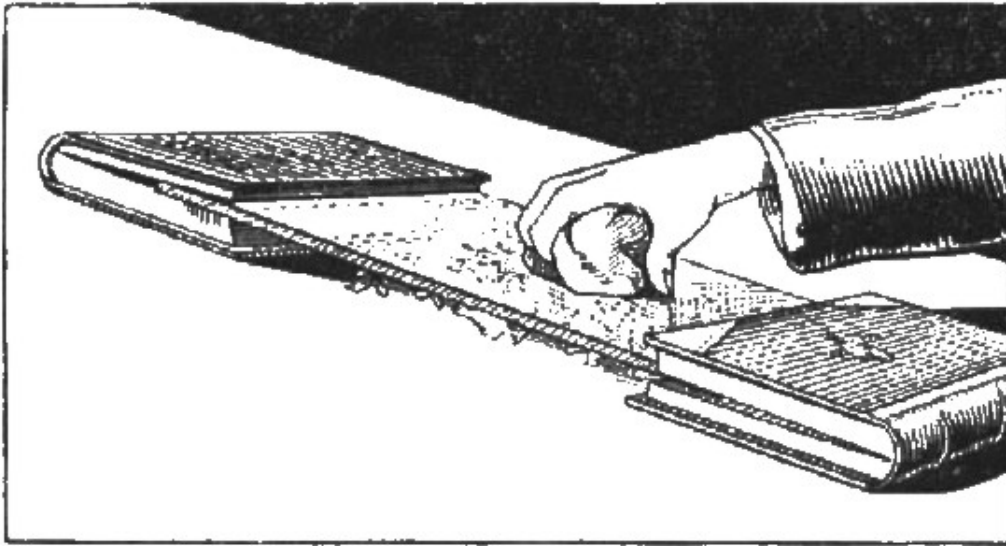


Figura 655

La electrización que por el frotamiento adquiere el cristal es el origen de los movimientos de esos muñecos.

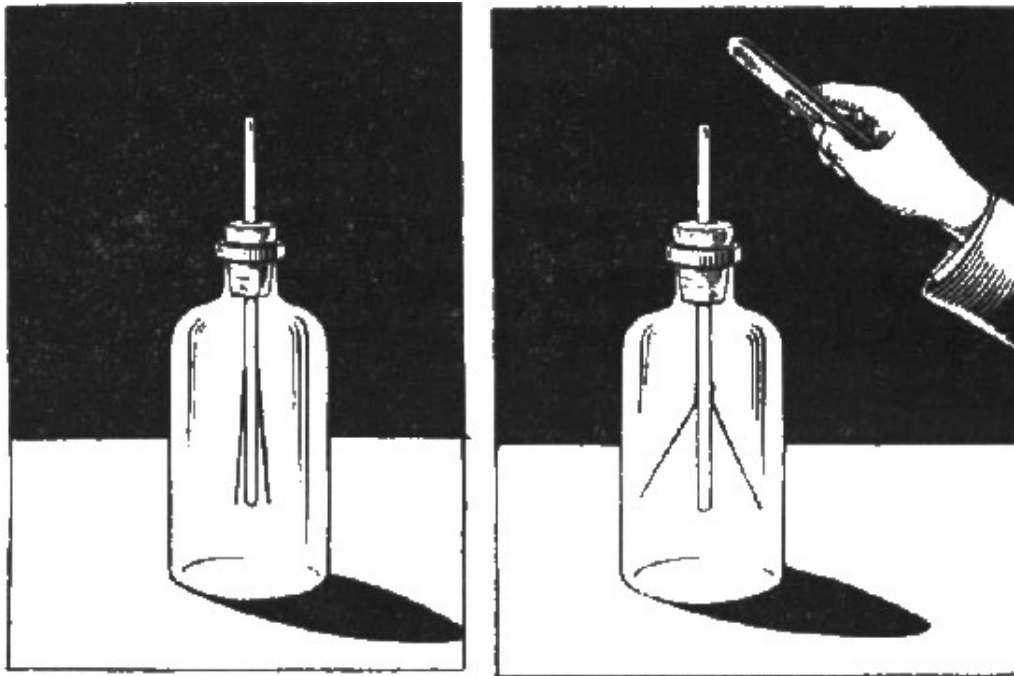
Mejor que el cristal resulta una lámina de celuloide.

El electroscopio

717. Llámase así un aparato que sirve para revelar el estado de electrización de un cuerpo.

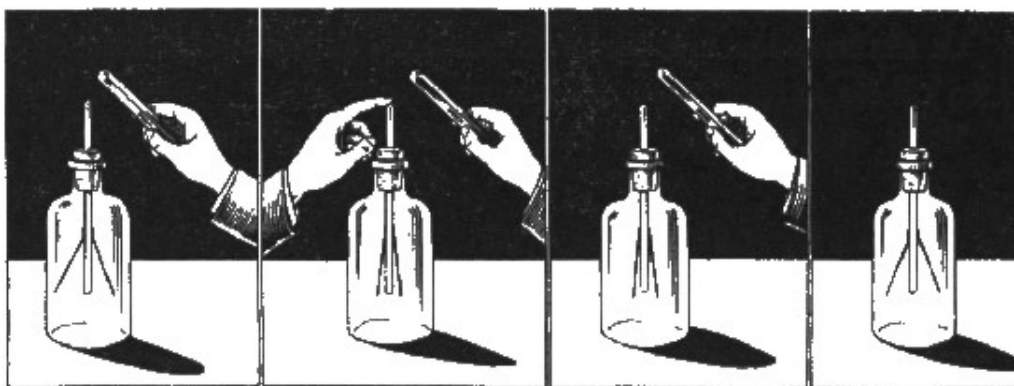
Constrúyese muy sencillamente de la siguiente manera. Un frasco de cuello ancho se cierra con un tapón de parafina (por ejemplo, una bujía mariposa) atravesado por una varilla metálica. De la parte inferior de esta varilla se suspenden, con un poco de goma o de cola, dos tirillas de papel de estaño o de aluminio, de manera que no toquen las paredes del frasco (fig. 656).

Basta acercar al extremo exterior de la varilla metálica un objeto electrizado, por ejemplo la barra de lacre frotada, para que al momento diverjan las dos tiras de papel de estaño (fig. 657). Al retirar el lacre electrizado cesa la divergencia.



Figuras 656 y 657

718. Tocando la varilla del electroscopio con el objeto electrizado las tiras divergen, y siguen divergiendo al alejar el cuerpo porque éste ha cedido al electroscopio parte de su electrización. Pero puede lograrse también que persista la divergencia una vez retirado el cuerpo, verificando una serie de manipulaciones así ordenadas: aproximar a la varilla el cuerpo electrizado (las hojas divergen); tocar la varilla con un dedo (las hojas dejan de divergir); retirar el dedo, retirar el cuerpo electrizado (las hojas vuelven a divergir) (figuras 658 a 661).



Figuras 658, 659, 660 y 661

En el primer caso (electroscopio electrizado por contacto) la carga del electroscopio es del mismo signo que la del cuerpo electrizado; en el segundo caso (electroscopio electrizado por influencia) la carga del electroscopio es de signo contrario a la del cuerpo electrizado, y éste conserva toda su electrización.

719. El electroscopio mantiene su carga días y días, si se evita cuidadosamente que se empolve el tapón de parafina, porque el polvo es el mayor enemigo del excelente poder aislador de la parafina. Para evitarlo, se cubrirá con un cucurucho de papel la porción saliente de varilla metálica y de tapón; con sólo este cuidado se hallará en cualquier momento el aparato en disposición de funcionar (fig. 662).

720. Muchas veces, procediendo a la limpieza del electroscopio, al darle con el plumero, ya queda electrizado, y las hojas divergen.

Surtidor electroscópico

721. Es sorprendente el notable efecto electroscópico de un surtidor.

Enlazando a la cañería del agua potable, mediante un tubo de caucho, un tubo de cristal o de caña con un orificio de salida de 1 ó 2 mm de diámetro, inclinándolo un poco y graduando el grifo de manera que el surtidor parabólico formado alcance una altura aproximada de un metro, observaremos que el chorro se desparrama y al caer riega el suelo en una zona bastante extensa. Para no mojar demasiado el suelo, recíbase el agua en una jofaina (fig. 663).

Pues bien; acercando una barra de lacre, ligeramente electrizada, se ve cambiar por completo el aspecto del surtidor, ya que se mantiene todo el líquido más unido y se

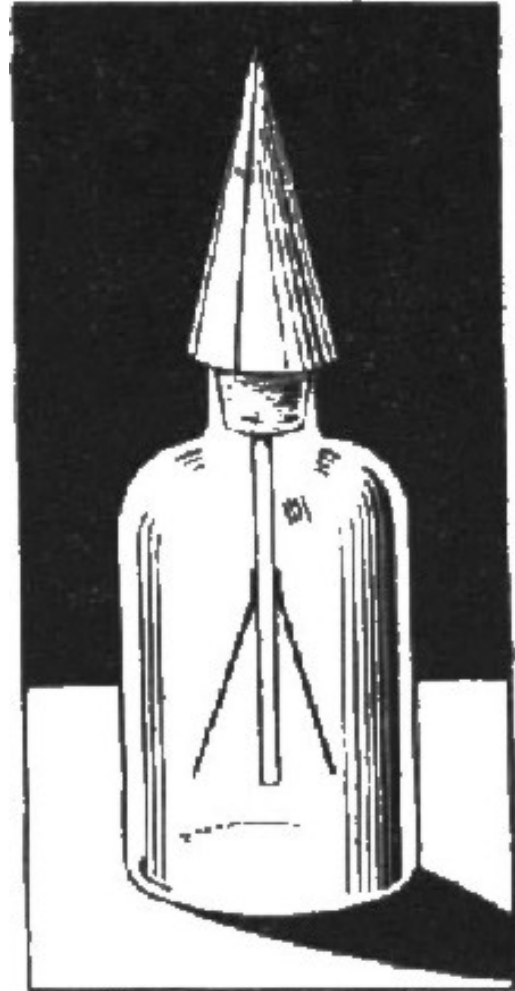
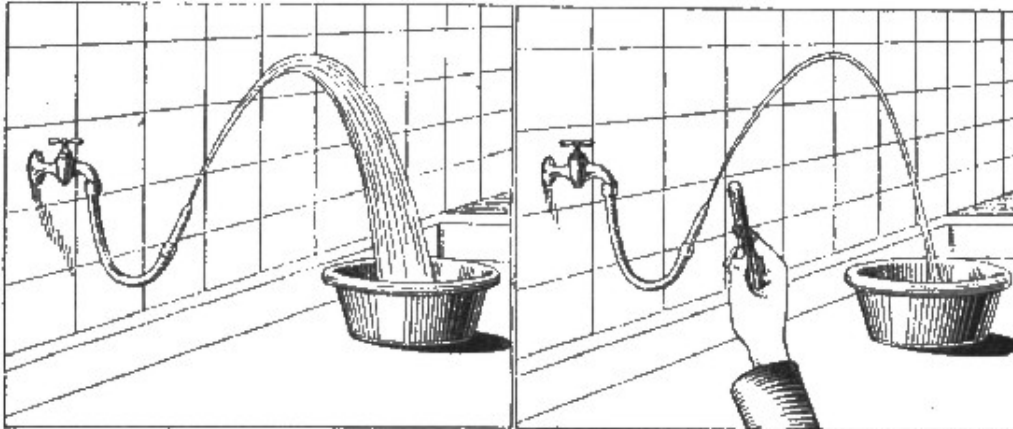


Figura 662

reparte al caer sobre una zona mucho menos extensa, llegando hasta a variar el sonido que produce al chocar con el agua de la jofaina (fig. 664). Si el lacre electrizado se acerca demasiado, el chorro vuelve a dividirse en gotas.



Figuras 663 y 664

El electróforo

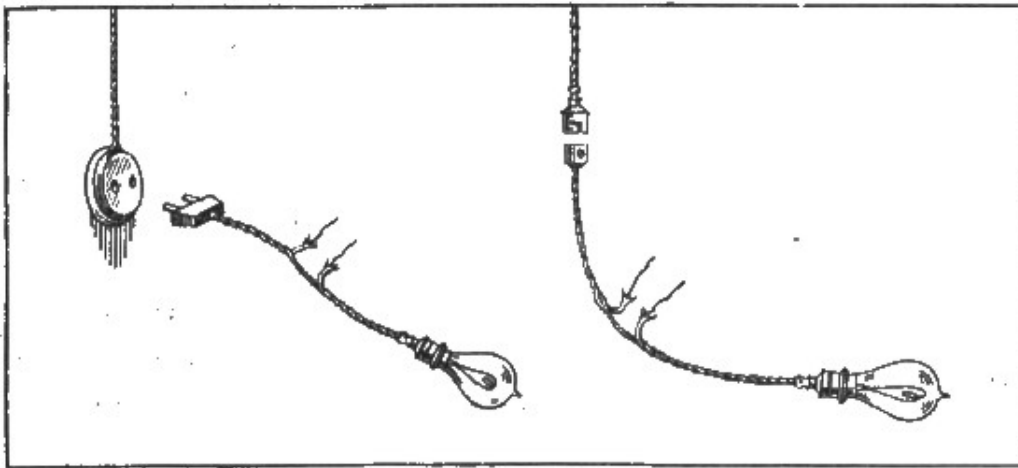
722. Colóquese una bandeja metálica sobre un par de soportes aisladores: por ejemplo, dos copas. Tómese una hoja de papel fuerte, de tamaño algo menor que la bandeja, y provéase, en sus extremos, de asas de papel pegadas con lacre o con cola.

La hoja de papel se electrizará sobre la mesa de la manera explicada en el número 712 y estando bien electrizada se tomará por las asas y se dejará sobre la bandeja sostenida por las copas. Tóquese un momento la bandeja con el dedo y levántese luego la hoja de papel, tomándola siempre por las asas. Si entonces un espectador aproxima el nudillo al borde de la bandeja, entre ésta y el dedo saltará una chispa bastante ruidosa y visible.

Vuélvase rápidamente a dejar la hoja de papel sobre la bandeja, a tocar ésta con el dedo, y a retirar el papel, y podrá obtenerse otra chispa; y lo mismo se podrá repetir, en una habitación seca, hasta siete u ocho veces, sin necesidad de volver a electrizar el papel.

¿Cómo procurarse corriente eléctrica?

723. Para muchos experimentos en que interviene la corriente eléctrica se puede utilizar la que se tome de la instalación del alumbrado, teniendo la precaución, siempre que no se advierta lo contrario, de intercalar una lámpara eléctrica ordinaria en uno de los dos conductores. Lo más cómodo es tornar la corriente de un enchufe, estando la parte móvil del mismo enlazada a una lámpara y con uno de los dos conductores interrumpido. De los extremos de esta interrupción se toma la corriente (fig. 665).



Figuras 665 y 666

Si la instalación doméstica no posee un enchufe fijo, se puede adquirir en casa de cualquier instalador un enchufe de bayoneta o de rosca, aplicable a los portalámparas ordinarios (fig. 666).

En todos los experimentos se supondrá que la corriente es continua, es decir, que circula por los conductores siempre en el mismo sentido, y que por lo tanto tiene un polo positivo y un polo negativo.

Si la instalación doméstica no recibe de la fábrica corriente continua sino corriente alterna, cuyo sentido cambia en general unas cien veces por segundo (496), no será aplicable a la mayor parte de los experimentos y no se deberá aplicar, si no se advierte lo contrario.

724. Cada vez que se use la corriente eléctrica tomada de la instalación doméstica del alumbrado, habrá que resolver este problema previo: ¿cuál de los bornes del alambre conductor corresponde al polo positivo y cuál al negativo?

Cualquier electricista podrá facilitarnos unas hojitas de papel buscapolos: para usarlo se humedece con agua, se coloca sobre un trozo de madera y a su superficie se aplican los dos polos: el que produzca sobre el papel una mancha roja es el polo negativo.

725. A falta de ese papel buscapolos especial, puede emplearse de la misma manera un retazo de papel al ferrocianuro o papel marrón que se haya vuelto ya azul por la acción de la luz y el agua. El polo negativo producirá en él una mancha blanca.

726. Puede servir también como buscapolos un vaso que contenga una solución acuosa de sulfato de cobre: unidos los bornes del conductor a sendas agujas de hierro o acero, e introducidas éstas en el líquido azul, saldrá cobreada (con el color rojo del cobre) la enlazada al polo negativo.

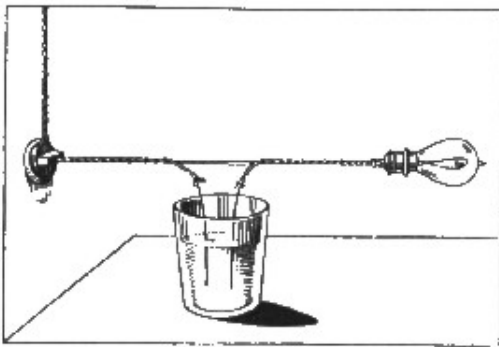


Figura 667

Con un vaso lleno de agua salada con sal común, y aun más simplemente con un vaso de agua, sin adición alguna, se puede reconocer la polaridad de los dos bornes, pues introduciéndolos en el líquido (fig. 667) se verá formarse abundantes burbujas gaseosas alrededor del polo negativo.

727. Puede servir también para la busca de los polos la acción ejercida por la corriente sobre la aguja imanada. Unidos los dos bornes del conductor a un alambre colocado paralelamente a la aguja imanada de una brújula (fig. 668), o a la flotante en la superficie del agua (702), al dar paso a la corriente se observará que la aguja se desvía de su posición norte-sur de equilibrio. Colóquese entonces la mano derecha sobre el alambre de manera que estando la palma de la mano vuelta hacia la aguja, el pulgar extendido señale la dirección en que se ha desviado el polo norte.

Entonces los demás dedos señalarán hacia dónde se dirige la corriente, y por lo tanto hacia dónde está el polo negativo de la misma.

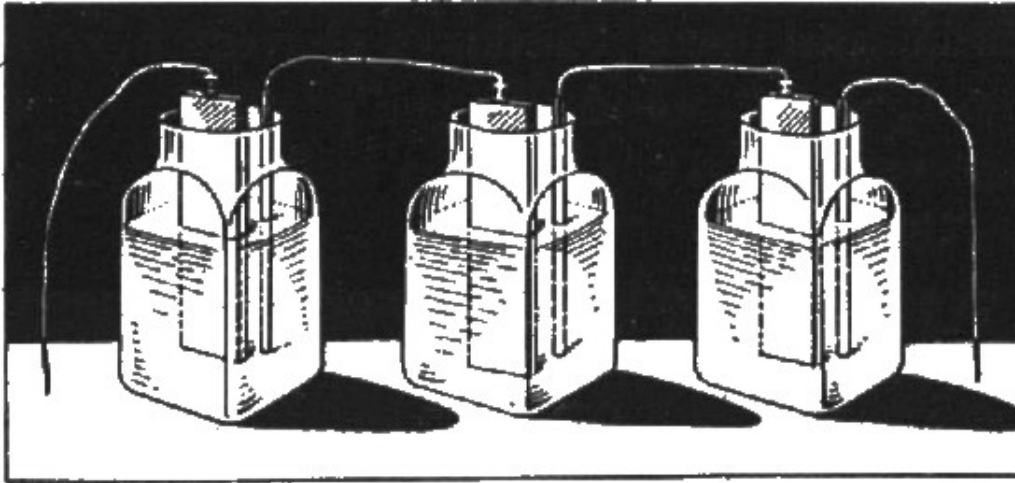


Figura 669

Actualmente, en España, en la mayor parte de poblaciones se ha substituido, en provecho del productor y perjuicio del consumidor, la corriente continua por corriente alterna.

728. Las pilas de Leclanché constituyen otro manantial de corriente eléctrica muy usado. Aunque se pueden improvisar también esos aparatos, no lo recomendamos, puesto que en el comercio se hallan a precios ínfimos (2 pesetas un elemento completo).

Están formadas de un vaso de vidrio que contiene: 1° una barra de zinc, y 2° un vaso poroso de porcelana lleno de terrones de carbón y manganesa que rodean una barra de carbón; sobre ésta hay colocado un tornillo metálico que sirve para la fijación del extremo de un alambre y constituye el polo positivo. El polo negativo se halla en la barra de zinc, y a un corto alambre unido a ésta se enlaza el extremo del segundo alambre conductor. El vaso de vidrio se llena casi completamente de agua saturada de sal amoníaco (cloruro amónico). Conviene no seguir la mala costumbre de dejar un exceso de sal amoníaco sólida en el fondo de los vasos.

Para muchos experimentos conviene aumentar la fuerza del elemento de Leclanché enlazando dos o tres elementos en tensión, es decir, uniendo el polo positivo del

primero con el negativo del segundo y el positivo del segundo con el negativo del tercero, y tomando como polos del conjunto el negativo del primero y el positivo del último (fig. 669).

Un circuito raro

729. El tenedor, la cuchara, el cuchillo y la copa: he aquí todo el circuito que haremos recorrer por una corriente eléctrica. Pondremos en la copa agua acidulada con ácido sulfúrico e introduciremos en ella una cuchara de plata y la hoja de un cuchillo cuyo mango sea metálico y esté soldado a la hoja. El mango de la cuchara y el del cuchillo los apoyaremos en los extremos del tenedor, y tendremos cerrado un circuito recorrido por la corriente que naciendo en la copa (pila o elemento voltaico) sale por la cuchara de plata (polo positivo), atraviesa el tenedor (circuito exterior) y vuelve a la copa por el cuchillo (polo negativo).

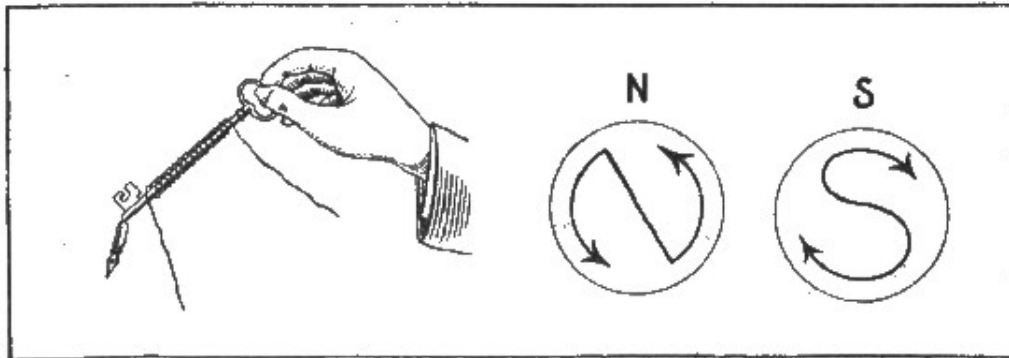
Para demostrar que así sucede, bastará acercar el circuito exterior a una aguja imanada: sobre los bordes de otra copa en cuya agua flote la aguja, que espontáneamente se habrá orientado en dirección norte-sur, colocaremos el tenedor paralelamente a la aguja, y al apoyar en él los mangos del cuchillo y de la cuchara, observaremos que la aguja se desvía, indicando así que el tenedor es atravesado por la corriente eléctrica. Atendiendo al sentido en que el polo norte se haya desviado, reconoceremos que el polo positivo está en la cuchara y el negativo en el cuchillo.

¿Habrá que decir que si este experimento se prolonga o se repite con frecuencia el cuchillo queda corroído?

La llave imanada

730. Alrededor del tronco de una llave arrólese un alambre, revestido como los usados en las instalaciones de timbres eléctricos, de 50 a 60 cm de longitud, y enlácense sus extremos a los polos de un manantial de corriente eléctrica, como una pila de Leclanché o los extremos del alambre dispuesto como se indica en el número 723: se observará que la llave queda imanada, pues atrae los pequeños objetos de hierro y de acero (fig. 670).

Para buscar cuál de los extremos de la llave-imán es el polo norte y cuál el sur, los acercaremos a los polos de la aguja flotante; y si además nos fijamos en el sentido de la corriente en las espiras que rodean la llave, podremos comprobar la ley de que por el lado del polo norte la corriente circula en sentido contrario al de las agujas de un reloj, y por el lado del polo sur la corriente circula en el mismo sentido que las agujas de un reloj.



Figuras 670, 671 y 672

Para recordar con facilidad esta ley puede recurrirse a medios mnemotécnicos: el de T. Escriche está fundado en que el nombre norte comienza por la negación no (norte, no va la corriente en el mismo sentido que las agujas de un reloj) y el nombre sur tiene la misma inicial que la afirmación sí (sur, sí: la corriente va en el mismo sentido de las agujas de un reloj). Otro medio mnemotécnico toma por indicadores del sentido de las corrientes los extremos de las mayúsculas N y S iniciales de norte y sur, como está representado en las figuras 671 y 672.

La extracorrente de un timbre eléctrico

732. Quitando la tapa de un timbre eléctrico se descubrirá su disposición interna, resumida en la esquemática figura 673.

El paso de la corriente eléctrica imana al electroimán; merced a esa imanación la armadura que sostiene el martillo es atraída y el martillo da un golpe a la campanilla; pero al mismo tiempo queda interrumpida la corriente en el punto a, el electroimán se desimana y la armadura bajo la acción de una lámina-resorte que la une al punto s se aleja del imán y regenera su contacto con el punto a: pasa de

nuevo la. -corriente, -imánase el electroimán, es atraída la armadura, da un nuevo golpe el martillo a la campana y la corriente se interrumpe otra vez en a; etc. Así suena el timbre.

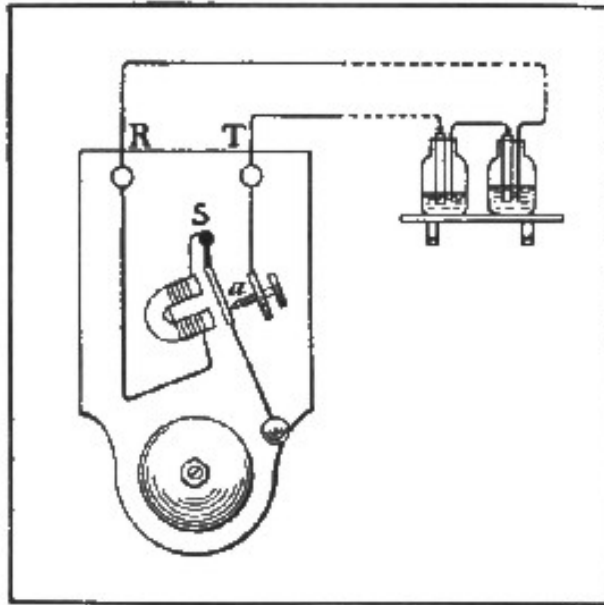


Figura 673

733. Cuando funciona el timbre eléctrico sin la caja se puede observar en la punta a la aparición de una chispita brillante cada vez que la armadura se separa de ella. Esta chispa, llamada de extra-corriente, es debida a un exceso de tensión que se establece entre la punta y la armadura en el momento de cortarse el circuito, a causa de la *selfinducción* de las espiras del electroimán.

734. El mismo efecto de la *selfinducción* del electroimán puede observarse por el tacto.

La exigua tensión de dos pilas Leclanché es enteramente insensible al tacto únicamente aplicando a la lengua los extremos de dos alambres unidos a los polos extremos de las pilas, se siente cierto cosquilleo o acidez. Pero asiendo los mismos extremos con las manos, no se siente nada.

En cambio aplicando un dedo al borne o botón R del timbre eléctrico (fig. 673), y otro dedo al s, sentiremos perfectamente a cada interrupción del circuito en a, el

paso de una corriente eléctrica por nuestros dedos, paso debido al incremento recibido por la tensión en virtud de la *selfinducción* del circuito del timbre.

Variaciones de conductibilidad eléctrica

735. La conductibilidad eléctrica de las distintas sustancias varía con la temperatura; así, ciertos óxidos metálicos, como el de magnesio, muy malos conductores en frío, pierden gran parte de su resistencia al ser calentados.

Cuando eran más usadas las lámparas eléctricas Nernst, en los primeros años del siglo XIX, se podía observar con mucha facilidad esta disminución de resistencia: el filamento, corto y relativamente grueso, de la lámpara Nernst, no era metálico, sino terroso, y para que la corriente lo atravesara había necesidad de calentarlo previamente, ya con una llama, ya mediante un filamento metálico auxiliar puesto candente por la corriente misma: al fin ésta hallaba libre paso a través del filamento terroso y desarrollaba en él la blanquísima luz característica de tales lámparas.

736. Acabamos de señalar la disminución de resistencia que al ser calentados experimentan ciertos óxidos metálicos; de igual manera, aunque en menor escala, se comportan los filamentos de carbón de las lámparas eléctricas ordinarias. En cambio se comportan al revés los filamentos metálicos: aumenta su resistencia al crecer la temperatura.

En una instalación doméstica de alumbrado, con lámparas de filamento de carbón y de filamento metálico, se puede observar todos los días el siguiente fenómeno, fácilmente explicable por los cambios de conductibilidad señalados. Al dar paso a la corriente por una lámpara de filamento de carbón, la intensidad luminosa aumenta de un modo paulatino. Al dar paso a la corriente por una lámpara de filamento metálico, de golpe ésta adquiere un brillo deslumbrador, que en seguida decrece y se normaliza.

Así se explica también que la mayor parte de las roturas en los filamentos metálicos de las lámparas eléctricas ocurran en el momento de encenderlas.

Y así se explica también que la intensidad luminosa de las lámparas de filamento metálico sea menos sensible a las variaciones de voltaje que la de las lámparas de filamento de carbón.

Soldadura eléctrica

737. Trátase de un procedimiento industrial bastante empleado: la obtención de soldaduras autógenas poniendo en contacto dos objetos metálicos que se hayan de soldar y haciendo pasar por ellos una corriente eléctrica. La mayor resistencia constituida por la superficie de contacto, hace que sea máximo en esa superficie el desarrollo de calor debido al paso de la corriente, y si ésta es suficiente, el metal experimenta en dicha superficie un principio de fusión y las dos porciones quedan soldadas.

Un pequeño se hace lo mismo con el filamento roto de una lámpara de incandescencia: puesta la lámpara averiada en un portalámparas suspendido de un cordón, y abierto el interruptor para dar paso a la corriente, se va poniendo la lámpara en diversas posiciones hasta dar con una que determine el contacto de los dos extremos del filamento roto, lo cual se reconocerá en el súbito paso de la corriente, aparición de la incandescencia del filamento, y adherencia, por soldadura, en la superficie de contacto.

En general, la lámpara reparada da luz más blanca, por haberse perdido un poco de la longitud del filamento, ya que el contacto y la soldadura no se habrán verificado precisamente en los puntos extremos de los dos cabos que se han unido. Si la pérdida de-longitud es demasiado grande, la lámpara da una luz brillantísima, pero en poco tiempo queda el filamento estropeado definitivamente.

El hilo de retorno

738. Para enlazar telegráficamente dos estaciones basta en realidad un alambre aislado: la corriente que por él pasa de una a otra estación, vuelve por la tierra. Se dice que se emplea la tierra como hilo de retorno.

En las instalaciones domésticas de timbres puede emplearse también como hilo de retorno la tierra, enlazando con la cañería del gas los extremos del hilo que une la pila con el interruptor o pulsador y con el timbre. Así se puede ahorrar casi la mitad del alambre necesario para una instalación de timbres.

739. En instalaciones telefónicas no se puede emplear la tierra como hilo de retorno: la superficie terrestre es asiento de corrientes eléctricas muy variadas que

se transmitirían parcialmente por el alambre telefónico y perturbarían la audición telefónica.

A primera vista podría objetarse, que también debe suceder lo mismo con las líneas telegráficas; pero los aparatos usados en telegrafía distan muchísimo de poseer la exquisita sensibilidad de los aparatos telefónicos.

En las instalaciones telefónicas no sólo es imposible usar la tierra como hilo de retorno, sino que además se ha de procurar que los dos alambres conductores equidisten exactamente del suelo, para que no prepondere en ninguno de ellos la acción inductiva de las corrientes terrestres. Por esto en las líneas telefónicas puede observarse que cada tres o cuatro postes se hacen cruzar los conductores, pasando a la parte inferior el que antes ocupaba la parte superior y viceversa (figura 674).

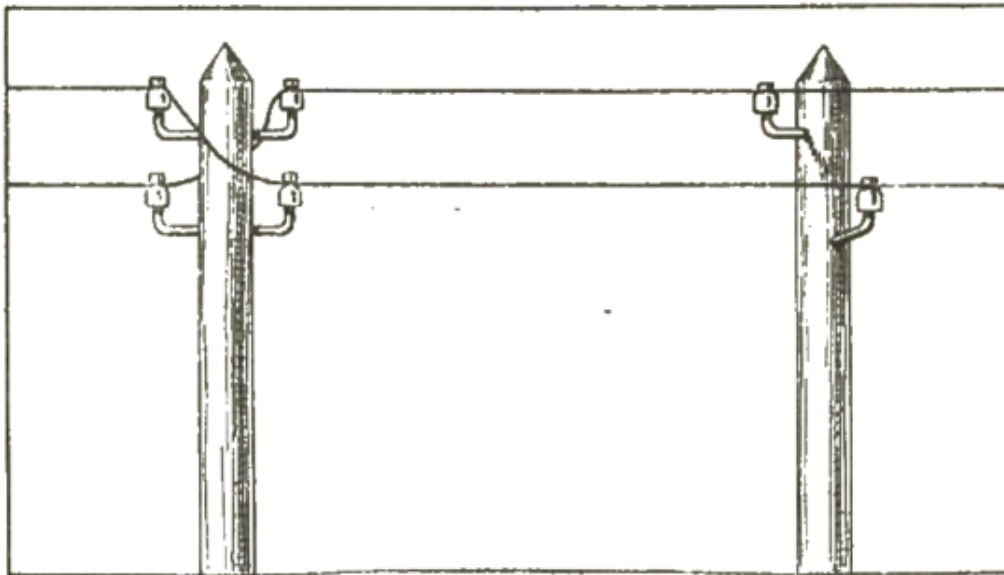


Figura 674

La sensibilidad del teléfono

740. La sensibilidad del teléfono es prodigiosa. Según Preece, basta que lo atraviere una corriente de 0,000 000 000 000 6 amperios para que se perciban las vibraciones de la membrana. Para hacer pasar tan exigua intensidad de corriente entre dos estaciones ordinarias basta una diferencia de tensión de 0,000 5 voltios. En consecuencia, la energía mínima consumida en la comunicación telefónica equivale a una pequeña caloría en 10 000 años: es decir, si el calor equivalente a

aquella energía se fuera acumulando en un centímetro cúbico de agua, sin desperdiciarse nada, se necesitaría el transcurso de 10 000 años para elevar en un grado la temperatura de tan exigua cantidad de agua. ¡Admirable es tan grande sensibilidad del teléfono... y del oído humano!

Timbres y lámparas

741. No deja de ser algo arbitraria la costumbre de que funcionando las lámparas de la instalación eléctrica doméstica con la corriente servida por las centrales, los timbres, en el mismo cuarto, funcionen con la corriente de unas pilas que constituyen un engorro así por su colocación como por los cuidados que requieren. ¿No podrían funcionar los timbres con la misma corriente que las lámparas?

Desde luego, sí; pero, si no se emplean timbres especiales, de alta tensión, es necesario en primer lugar intercalar en serie en el circuito del timbre una lámpara que debilite, con su resistencia, la excesiva corriente que circularía por el timbre sometido a una tensión de 110 voltios en vez de la de 2 ó 3 voltios de la pila; y en segundo lugar, debe aplicarse otra lámpara en paralelo o derivación con el timbre, con objeto de apagar la larga chispa que aparecería en el contacto a (figura 673) a cada interrupción de la corriente, pues sabido es que el timbre eléctrico funciona por rápidas y numerosas interrupciones.

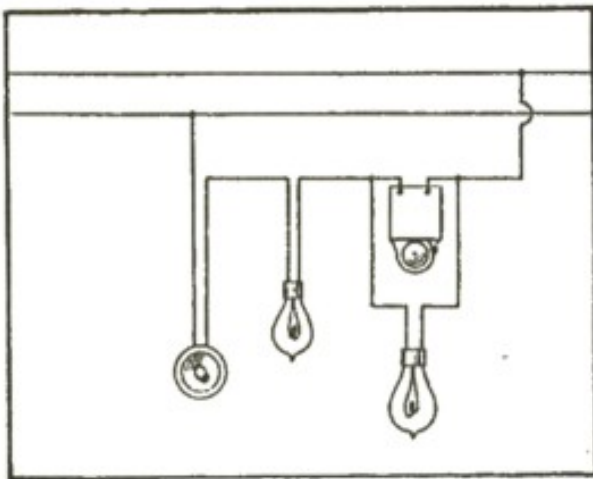


Figura 675

La figura 675 resume esquemáticamente la instalación relatada, que tiene la ventaja de suprimir las engorrosas pilas.

Claro está que no se podrá emplear este procedimiento en ciudades en que sea intermitente el servicio de alumbrado eléctrico.

En el cuarto de baño

742. La corriente de 110 voltios usada

en las instalaciones domésticas de alumbrado no es peligrosa: aun tocando un alambre que haya quedado al descubierto, aun manejando un interruptor de aislamiento defectuoso, sólo se percibe un leve cosquilleo inofensivo. Pero...

Los efectos de la corriente eléctrica son debidos a la intensidad: si la tensión de no voltios no es peligrosa, se debe a que nuestro cuerpo presenta de ordinario una elevada resistencia, a cuyo través la tensión de no voltios determina el paso de una corriente sólo capaz de hacer cosquillas. Mas una tensión mayor, por ejemplo, de 500 voltios, a través de la misma elevada resistencia daría ya una intensidad mortal; como podría también dar una intensidad mortal la misma corriente de no voltios en un cuerpo que por circunstancias especiales presentara resistencia reducida.

He aquí el peligro gravísimo de las instalaciones eléctricas en el cuarto de baño. La resistencia del cuerpo humano rodeado de agua se reduce en gran manera: los 110 voltios pueden ser mortales para el que se está bañando. Debe recomendarse la supresión absoluta de las instalaciones eléctricas en la proximidad de los baños: toda precaución es poca. Los mismos pulsadores de timbres son peligrosos, pues los conductores de los timbres pueden un día ponerse eventualmente en contacto con los conductores de la instalación del alumbrado: un roce, la presión de un mueble, pueden determinar una desgracia.

Telefonía sin hilos

743. Si la considerásemos como rama de la ciencia recreativa, ella sola nos llenaría el tomo. Por esto debemos limitarnos a remitir al lector a las obras especiales, entre las que creemos muy recomendables las siguientes: Julio Palacios, *Radiodifusión*; Kendall-Koehler, *Compendio de Radiotelefonía*; E. Nesper, *Tratado de Radiotelefonía*.

CAPÍTULO 2

Química

El hidrógeno

744. Todos los ácidos contienen hidrógeno.

Para obtener el hidrógeno del ácido sulfúrico o del ácido clorhídrico, se tratan estas sustancias con zinc.

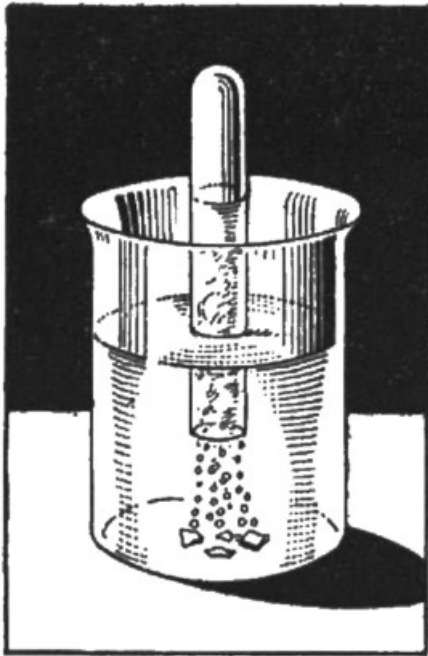


Figura 676

En un vaso, medio lleno de agua, mantendremos boca abajo y lleno de agua un tubo de ensayo (296), echaremos un retazo de zinc, y luego un poco de ácido sulfúrico. Pronto del retazo de zinc se desprenderán gran número de burbujitas, que procuraremos recibir en el tubo de ensayo, con lo que éste se irá vaciando de agua y llenándose del gas que formaba las burbujitas (fig. 676).

El desprendimiento de burbujas gaseosas se acelera vertiendo en el vaso un poco de sulfato de cobre disuelto en agua.

El gas producido es el hidrógeno, catorce veces menos denso que el aire. Como en virtud de tan exigua densidad tiende a flotar en el aire, para que

el tubo permanezca lleno de hidrógeno al separarlo del agua del vaso, tendremos que sostenerlo boca abajo. Acercando entonces la boca del tubo a una llama, el hidrógeno arderá con llama muy poco luminosa (fig. 677).

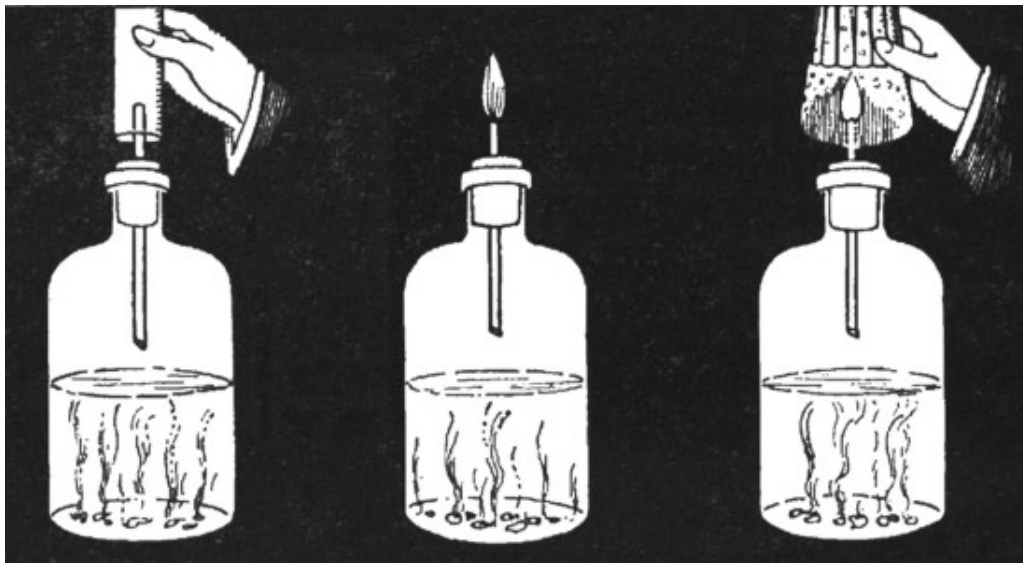
745. Si al realizar el experimento del párrafo anterior, cuando está el tubo a medio llenar de gas, lo retirarnos del vaso, el agua que todavía ocupaba parte del tubo caerá y será reemplazada por aire; pero este aire y el



Figura 677

hidrógeno que llenaba la otra porción del tubo formarán una mezcla gaseosa explosiva y al aproximar a la bujía la boca del tubo, en vez de aparecer una tranquila llama, saldrá una bocanada de fuego y se producirá una ruidosa explosión, inofensiva si se procura no recibir en el rostro o en las manos la llamarada ardiente.

746. La obtención del hidrógeno se puede conseguir de una manera menos tosca y más cómoda mediante una botella en la que se pone una regular cantidad de retazos de zinc cubiertos por agua acidulada con ácido sulfúrico; cerrándola con un tapón atravesado por un pequeño tubo abierto por ambos extremos, por este tubo sale en chorro el hidrógeno producido en la botella.



Figuras 678, 679 y 680

Este hidrógeno puede recibirse en seco en un tubo de ensayo, superpuesto a la boca externa del tubo (fig. 678): al cabo de un rato, se aproximará el tubo a una llama: si ocurre explosión, es señal de que el hidrógeno aun sale de la botella mezclado con aire. Se repetirá esta prueba con el tubo hasta que no ocurra explosión y el gas que lo llene arda con llama tranquila: entonces, y sólo entonces, encenderemos directamente el chorro de gas que sale de la botella (fig. 679). De hacerlo antes se correría el riesgo de provocar la explosión de una mezcla de aire e hidrógeno en el interior de la botella, con el consiguiente estallido de la misma,

proyección de sus fragmentos y gravísimo peligro de heridas y aun de muerte para el operador y los espectadores.

747. El hidrógeno al arder forma agua. El agua está formada de hidrógeno y oxígeno, y el hidrógeno al arder toma del aire el oxígeno necesario para formar agua.

Cuando se quema el hidrógeno en el tubo que se ha llenado en seco, el tubo queda empañado, por condensarse sobre sus paredes el agua formada.

Cubriendo con un vaso seco y frío la llama de hidrógeno, el vaso se empaña, y llegan a formarse gotas de agua bastante gruesas (figura 680).

El ácido fluorhídrico

748. El fluoruro cálcico en polvo mezclado con ácido sulfúrico da lugar a la formación de un compuesto, el ácido fluorhídrico, que tiene la notable propiedad de corroer el vidrio, el cristal, la porcelana, todas las sustancias en cuya composición entra el silicio.

En cualquier droguería puede adquirirse el fluoruro cálcico, y a muy bajo precio; mejor es comprarlo en polvo que en terrón, porque no deja de ser bastante engorroso desmenuzarlo. Es insoluble en agua, y aunque los cristales presentan variados matices, el polvo siempre es blanco.

Con una papilla formada con un poco de este polvo y unas gotas de ácido sulfúrico puede prepararse un «cristal mágico» de la siguiente manera. Con aquella pasta y mediante una pluma de ganso se dibujará a grandes rasgos una figura sobre una placa de cristal, y al cabo de un par de minutos se lavará a fondo la placa. Parecerá entonces que ha quedado intacta, pero una vez seca, dirigiendo a su superficie el aliento, al empañarse aparecen con toda claridad los trazos que se señalaron, pues en ellos había quedado corroído el vidrio, aunque tan poco intensamente, que ni con toda la atención podría descubrirse estando límpida la superficie (fig. 681).

749. El ácido fluorhídrico es gaseoso como el ácido clorhídrico¹ y aunque se desprende espontáneamente de la papilla de fluoruro cálcico y ácido sulfúrico, se acelera el desprendimiento calentando un poco.



Figura 681

Entonces se ven formarse nubecillas blancas, como las del ácido clorhídrico (con el cual tiene muchas semejanzas el fluorhídrico), que presentan olor muy irritante, y que conviene no aspirar.

Estas nubes atacan también el vidrio, y se prestan a grabarlo con dibujos, no hechos ya a grandes rasgos sino con todo primor.

La placa de vidrio que se desee grabar se calentará a la llama de alcohol (procurando moverla continuamente, para que siendo el caldeo uniforme no se rompa) y se cubrirá de cera o parafina fundida. Una vez seca la capa de cera o parafina, con una punta metálica se grabará en ella el dibujo que se desee obtener, profundizando

los trazos hasta la superficie del cristal.

En un plato o cápsula viejos (para que no importe la corrosión que también sufrirán) o en una cápsula o caja de plomo (metal no corroído por el fluorhídrico) se mezclarán unos 10 g de fluoruro cálcico con ácido sulfúrico, hasta formar una papilla, y se colocará sobre arena caliente, después de haberlo tapado con la placa de vidrio que se quiera grabar, de manera que la cara encerada y dibujada reciba la acción de los vapores que en el plato o cápsula se formen.

Al cabo de cuatro o cinco minutos, se separará la placa de cristal, y después de eliminada la cera con un cuchillo y de haberla lavado perfectamente, aparecerá grabado en ella el dibujo deseado.

¹ Recuérdese que el ácido clorhídrico o sal fumante del comercio es la solución acuosa del verdadero ácido clorhídrico gaseoso.

750. Más notable es todavía el resultado del experimento anterior si se dispone de un pedazo de vidrio rojo. Mirándolo de canto, se advertirá que el color rojo es debido a una capa superficial adherida a una sola de las caras, siendo el resto incoloro. Esta cara roja se cubrirá de cera y en ella se marcará el dibujo. Se expondrá la placa, como en el párrafo anterior, a los vapores del ácido fluorhídrico, y cuando mirando al trasluz se observe la desaparición del color rojo en los trazos, se procederá a eliminar la cera y lavar. Así se obtendrá un hermoso grabado en blanco sobre fondo rojo. Lo mismo ocurre con ciertos vidrios azules, y en general con todos los «placados».

Las llamas

751. En las llamas ordinarias la incandescencia es siempre superficial. Interiormente, una llama está fría.

La superficie de la llama es asiento de una reacción química entre el gas exterior (generalmente el aire: en casos particulares el oxígeno, el cloro, etc.) y el gas interior (en las llamas de gas, el gas del alumbrado; en las de alcohol, el vapor de alcohol; en las de cera y aceite, los productos gaseosos de la destilación seca de estas sustancias).

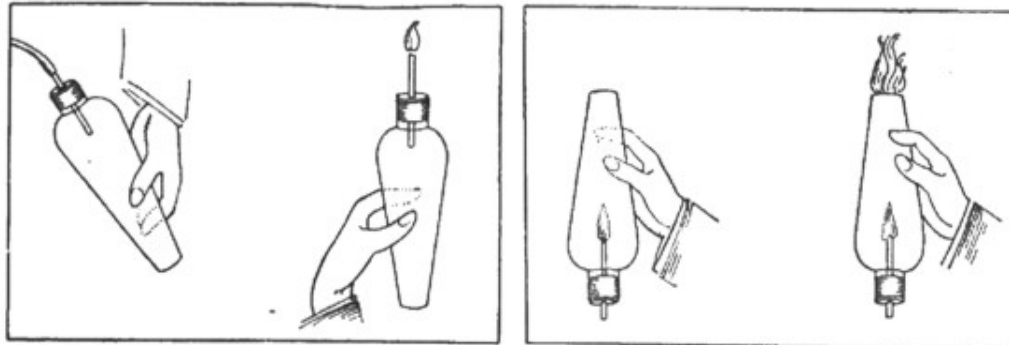
He aquí una cuestión: no siendo debida la incandescencia superficial de la llama sino a la reacción química entre los dos gases, ¿influirá la posición relativa de estos dos gases? Si en la llama de gas el gas ocupa el interior y el aire la rodea, ¿no podría darse una llama en que el gas fuera exterior y el aire ocupase la región interna?

Diversos aparatos más o menos ingeniosos se han ideado para demostrar que es así, y de todos ellos, el más sencillo es el debido al doctor Mascareñas (1886).

Un antiguo tubo de quinqué se cierra por su boca ancha mediante un corcho atravesado por un corto tubo de vidrio no muy estrecho. Uniendo este tubo a la espita de gas, mediante un tubo de caucho, y manteniendo boca abajo el tubo de quinqué, el aparato en pocos segundos podrá quedar lleno de gas (fig. 682).

Si entonces, manteniéndolo boca abajo, lo separamos del tubo de caucho, el gas escapará por el tubo de vidrio, y podremos encenderlo (fig. 683).

Una vez encendido, daremos media vuelta al aparato: el gas escapará ahora por la boca libre del tubo de quinqué, y por el tubo de vidrio penetrará aire en el aparato: mas la llama no se habrá extinguido, sino que después de haber recorrido el tubo de vidrio, aparecerá en su extremo interior, vuelta como un dedo de guante, con el aire dentro y el gas fuera (fig. 684).

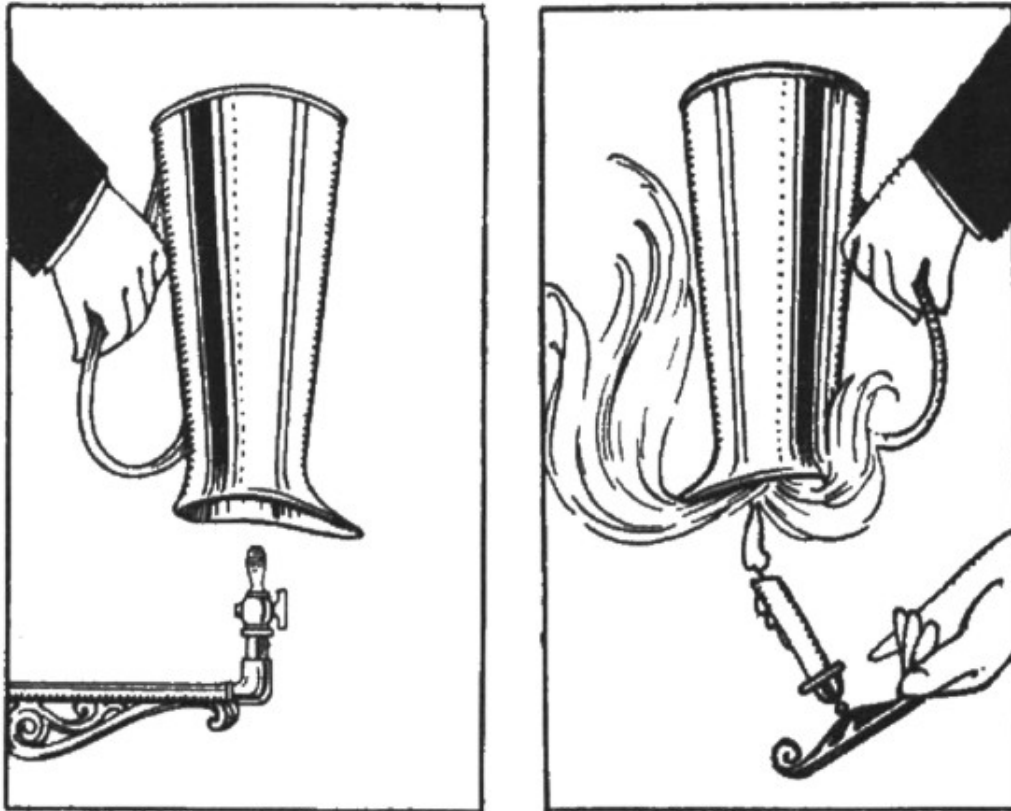


Figuras 682, 683, 684 y 685

752. Mientras tenemos el tubo en la última posición, con la llama invertida en su interior, el gas escapa por su extremo superior, y podemos encenderlo (fig. 685): entonces se tienen a la vez dos llamas: una interior e invertida (llama de aire en un ambiente de gas) y otra exterior directa (llama de gas en el aire).

753. El mismo aparato puede servir para producir una explosión de gas inofensiva. Cuando lo tenemos boca abajo, con el gas encendido en el extremo exterior del tubo de vidrio, conservémoslo en esta posición: por la boca inferior va entrando aire, que diluye el gas interior, y empobreciéndose este combustible, la llama palidece y se reduce poco a poco. Llega un momento en que dentro del aparato, aire y gas están en las proporciones requeridas para formar una mezcla explosiva, y entonces la llama exterior, casi invisible, desciende por el tubo de vidrio, y se desparrama por el interior del tubo de quinqué, produciendo un estampido bastante apagado, y lanzando por la boca inferior una bocanada de fuego: ha ocurrido una explosión de gas.

754. *El jarro que arde.* Recibiendo en un jarro boca abajo el gas del alumbrado que sale de una espita (fig. 686), siendo ese gas menos denso que el aire, se acumulará en el jarro, después de haber desalojado del mismo el aire.



Figuras 686 y 687

Nadie podrá entonces decir que el jarro, boca abajo, esté lleno de algo que no sea aire, y sin embargo, lo podremos demostrar acercando, con cuidado, a la boca del jarro la llama de una bujía: aparecerá una gran llama (fig. 687) que durará hasta que el gas se haya consumido.

755. *El jarro que apaga.* También podemos llenar el jarro del experimento anterior de un gas más denso que el aire; pero en este caso el jarro deberá disponerse boca arriba, como si se fuera a llenar de agua.

El más común de los gases más densos que el aire es el gas carbónico, y como manantial del mismo podemos tomar un sifón ordinario dispuesto cabeza abajo para que al abrir la válvula, escape por el tubo el gas y no el agua (fig. 688).

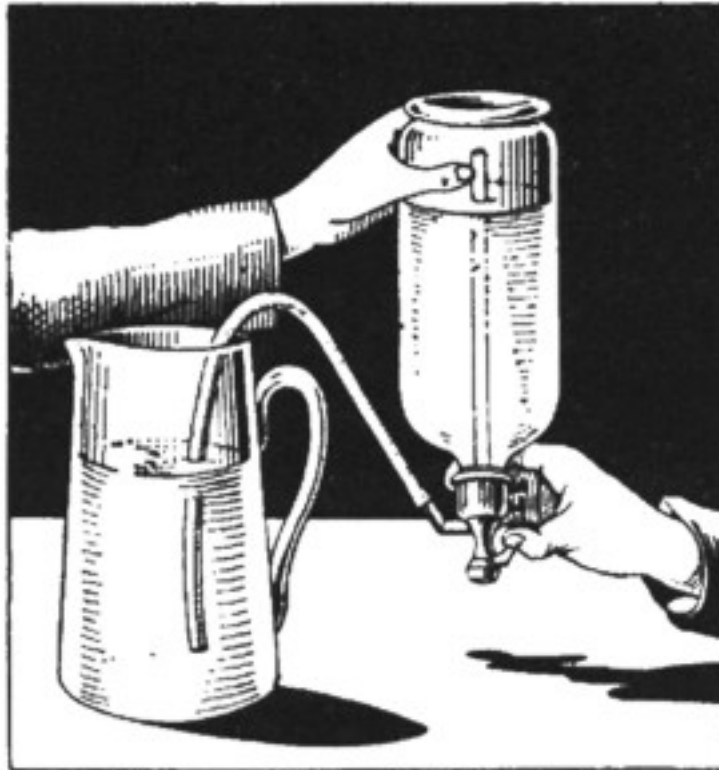


Figura 688

Lleno el jarro, toda cerilla encendida que pretendamos introducir en él se apagará, porque el gas carbónico no alimenta las llamas.

Más pompas de jabón

756. *Pompa en equilibrio.* Hay que empezar por llenar de gas carbónico la mitad de una ancha vasija de cristal. Para lograrlo, se puede emplear el procedimiento del sifón cabeza abajo descrito en el número anterior, o bien poner en el fondo de la vasija un par de cucharadas de magnesia efervescente y agregar agua. Así en uno como en otro caso conviene obturar la boca de la vasija con una hoja de cartón, para evitar que las corrientes de aire se lleven el gas carbónico. En esa hoja de cartón se habrá abierto un orificio central de diámetro suficiente para que pueda ser atravesado por el tubo mediante el cual se soplará la pompa.



Figura 689

impregnado de éter.

Al cabo de un rato, suéltese, como en el experimento anterior, una pompa de jabón, y se repetirán los mismos fenómenos.

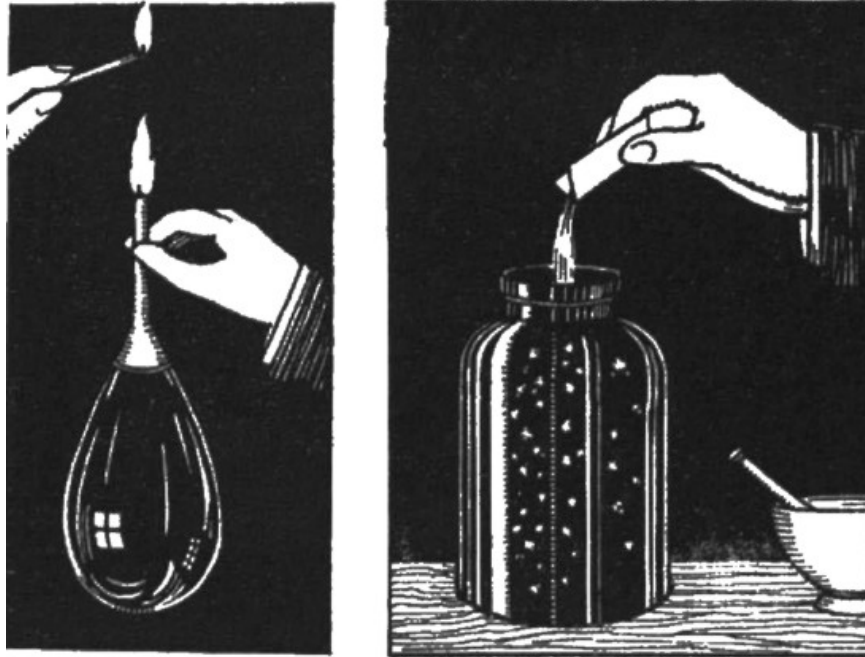
758. *El éter penetra en la pompa.* En vez de soltar la pompa para verla rebotar sobre el vapor de éter, manténgase sobre dicho vapor, sostenida del embudito en que se haya soplado, y con el orificio libre del embudo, obturado por el dedo. A los ocho o diez segundos, retírese de la vasija y se verá que su forma alargada parece indicar que ha aumentado de peso.

Abriendo el orificio del embudo y acercándole una llama, el chorro de gas que sale de la pompa se encenderá, por contener vapor de éter (fig. 690).

El paso del éter al interior de la pompa se explica por disolverse su vapor en el agua que forma la envoltura de la pompa, y desprenderlo esta misma agua por su superficie interna.

759. En todos estos experimentos con éter deben tomarse muchas precauciones, para evitar incendios y explosiones: nunca se tendrán llamas ni ascuas cerca de los

frascos de éter ni sobre la mesa, ni aun en el suelo, que es donde se acumulan, por su peso, los inflamables vapores.



Figuras 690 y 691

En cambio todos estos experimentos resultan más instructivos hechos al sol, de manera que la sombra de los frascos, vasijas y pompas, se proyecte sobre una pared o pantalla blanca, pues el vapor de éter, invisible a simple vista, se distingue muy bien en la sombra que proyecta.

Así, al levantar la pompa que se ha llenado de vapor de éter, advertiremos que de ella caen unas estrías, debidas a que el vapor del interior pasa ahora al exterior, faltando ya el ambiente externo de vapor de éter.

Combustiones en el cloro

760. El fondo de un frasco de boca ancha se cubrirá de una capa de polvos de gas (cloruro de cal, formado por una mezcla de hipoclorito cálcico y cloruro cálcico) y se añadirá un ácido en cantidad suficiente para mojarlo enteramente. El hipoclorito desprenderá cloro, gas denso y amarillo verdoso, que irá llenando el frasco desalojando el aire.

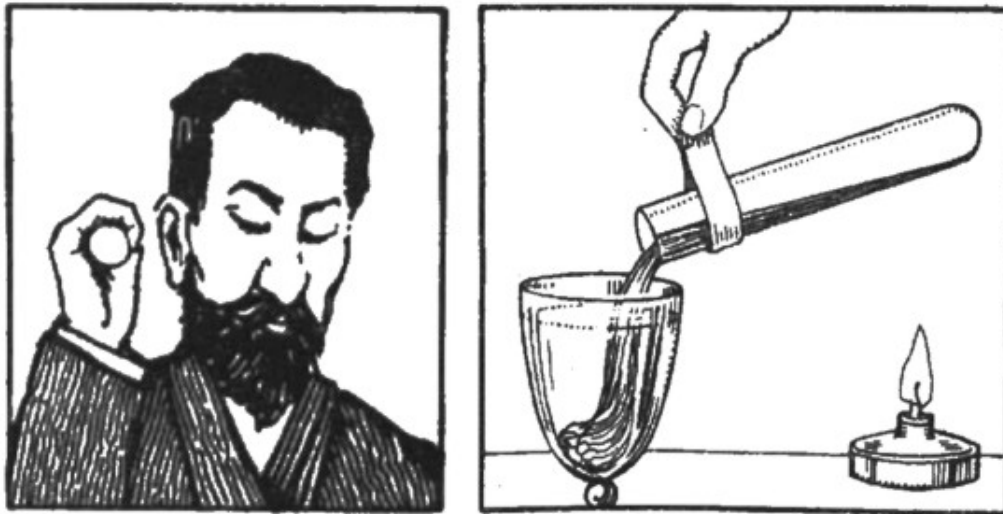
Cuando el frasco esté casi lleno de cloro, dejemos caer en él finas partículas de cobre, como las que forman, por ejemplo, la purpurina amarilla... El cobre arderá en el cloro despidiendo vivísima luz y convirtiéndose en cloruro de cobre (fig. 691).

Lo mismo podría hacerse con polvo de antimonio, fácil de obtener triturando en un mortero un trocito de antimonio, metal muy frágil.

Mucho cuidado con respirar demasiado cloro, pues es muy nocivo para el aparato respiratorio. Después del experimento, lávese el frasco al aire libre.

El azufre

761. Un canutillo de azufre asido con la mano caliente da chasquidos, muy perceptibles hasta algunos metros de distancia (fig. 692). Siendo el azufre muy frágil y muy mal conductor del calor, se resquebraja por el calor de la manó como una vasija de vidrio se rompe por el calor de la lumbre.

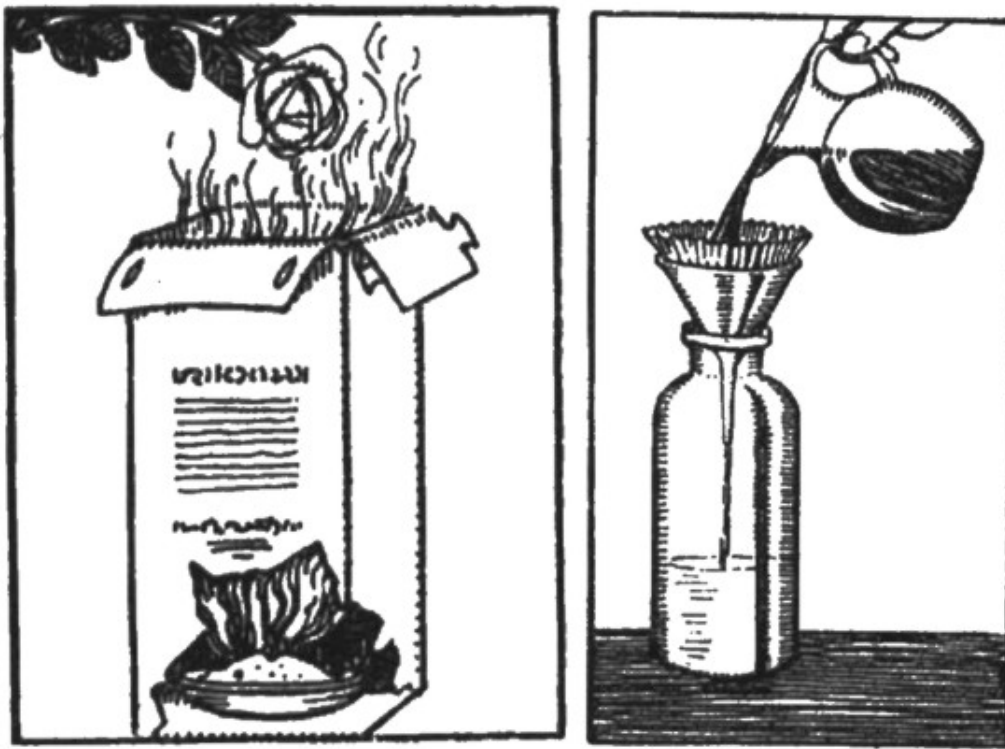


Figuras 692 y 693

762. El azufre es fácilmente fusible. Pónganse unos trozos en un tubo de ensayo y sométanse al calor de una llama: pronto se convertirán en un líquido amarillento. Prosiguiendo la calefacción de ese líquido, su color se irá obscureciendo, pasando á anaranjado, a pardo, y a negro. Al mismo tiempo el líquido se espesará y llegará un momento en que será tan espeso que ni aun poniendo el tubo boca abajo se

verterá; prosiguiendo todavía el caldeo, la masa negra se volverá otra vez fluida, en forma de líquido negro.

Sosteniendo el tubo mediante una cinta de papel, para no quemarse los dedos, viértase aquel líquido negro en el agua fría (fig. 693): el azufre se solidificará en el seno del agua, mas no en la forma cristalina y amarilla con que de ordinario se presenta, sino en una forma plástica, como el caucho, de color de topacio. Con el tiempo esa masa se irá endureciendo y convirtiéndose en la variedad cristalina, de manera análoga a como se endurece el pan tierno.



Figuras 694 y 695

El gas sulfuroso.

763. El azufre, ardiendo, es decir, combinándose con el oxígeno del aire, da un producto gaseoso, compuesto de azufre y oxígeno, de olor tan conocido, que se cita como típico: olor a azufre quemado, u olor a pajuela, pues la pajuela que se quema da el mismo olor por ser de azufre su cabeza.

Es notabilísimo el poder decolorante del gas sulfuroso. Para ensayarlo, pondremos al fuego una cazuelita de tierra o de hierro con azufre; al poco rato el azufre se

fundirá y se inflamará. Entonces, retiraremos la cazuela del fuego, la pondremos sobre un ladrillo y la rodearemos de una caja de papel ancha y alta, abierta por arriba. En esa boca superior expondremos a la acción del gas sulfuroso las flores más diversamente matizadas que podamos recoger (fig. 694), y observaremos su rápida decoloración: todas quedan blancas.

764. El gas sulfuroso es uno de los más terribles enemigos de los vegetales. Cuando se incendia una gran cantidad de azufre, el gas producido, llevado por el viento, señala su paso por los campos matando cuantos vegetales encuentra en su camino. Muchas industrias producen como producto secundario gas sulfuroso, y si lo dejan desprender por chimeneas bajas, destruyen todo el arbolado de los alrededores.

Se asombran muchas señoras de que en sus casas no consiguen mantener vivas las plantas de adorno, mientras sus amigas les muestran hermosos y sanos ejemplares de las mismas especies. En la mayor parte de los casos la explicación es sencillísima: las plantas perecen en las habitaciones alumbradas por gas, que por bien depurado que esté, retiene una cantidad de azufre, minúscula si se quiere, pero suficiente para hacer sentir sobre los vegetales sus perniciosos efectos.

Pero como la misma acción deletérea es ejercida por el gas sulfuroso sobre los microbios, este gas es utilizado en la industria para detener o amortiguar las fermentaciones y en la higiene para desinfectar objetos y habitaciones.

El carbón animal

765. El carbón de huesos, llamado también carbón animal, posee en alto grado la propiedad de absorber las materias colorantes y aromáticas. De aquí su empleo en las fábricas de azúcar, para decolorar los zumos.

Agréguese carbón animal a medio vaso de vino tinto, hasta formar una papilla no muy espesa, agítese, y abandónese durante un par de minutos; mientras tanto prepárese un filtro de papel, y colóquese en el correspondiente embudo. Vertida la papilla en el filtro, se observará que el líquido que pasa es incoloro, y ha perdido también el aroma del vino: color y aroma que han sido retenidos por el carbón animal (fig. 695).

La piedra de fuego

766. ¿Quién lo diría? La piedra de fuego, blanca como la nieve, y el cristal de roca, incoloro como el hielo, son una misma substancia, el cuarzo, formada por silicio y oxígeno. Pero nada raro es que una misma substancia se presente con aspectos tan distintos: acabarnos de nombrar el hielo y la nieve; ¿no tienen, por ventura, la misma composición? ambos son agua sólida. Otro ejemplo: el azúcar cande y el azúcar de pilón...

Es notable la dureza del cuarzo: raya el vidrio, no le hace mella el cuchillo; usado como pedernal, arranca del eslabón partículas ardientes.

767. Frotando entre sí dos piedras de chispa o dos cristales de roca, dan también ráfagas de luz, especialmente visibles en una habitación oscura. Pero esas ráfagas no son debidas a fenómeno alguno de combustión, como la incandescencia de las chispas del eslabón, sino a un fenómeno de fosforescencia.

El azúcar antes nombrado posee esta misma propiedad. Frotando entre sí dos terrones en la oscuridad, aparecen las ráfagas luminosas (número 574).

Cómo se raya el vidrio

768. Para rayar el vidrio y cortarlo, los vidrieros emplean una punta de diamante. Sin embargo, bastaría una punta de cristal de roca, pues también este cuerpo es más duro que el vidrio. También raya el vidrio una punta de acero bien templado. Pero con la punta de un cuchillo ordinario no se logra rayar el vidrio.

En cambio es sorprendente la manera de comportarse el aluminio: este metal, bastante más blando que el vidrio y que el acero ordinario, deja sobre una superficie perfectamente limpia de vidrio, un trazo gris muy visible.

A primera vista, parece que el metal no debe haber hecho mella sobre el vidrio, sino que, al contrario, el trazo debe de estar formado por una serie de partículas arrancadas al metal, y el color gris de la traza parece confirmarlo. Para probarlo, lávese el cristal con ácido clorhídrico, ácido que disuelve el aluminio; el color gris desaparece, pero entonces se observa que la raya persiste, indicando que era

verdad lo del rastro de partículas arrancadas al metal, pero que al mismo tiempo también el vidrio había sido corroído.

El sodio

769. El sodio es un metal que forma multitud de compuestos muy interesantes: la sal común está formada de cloro y sodio; la sosa está formada de carbono, oxígeno y sodio; el vidrio contiene sodio, etc.

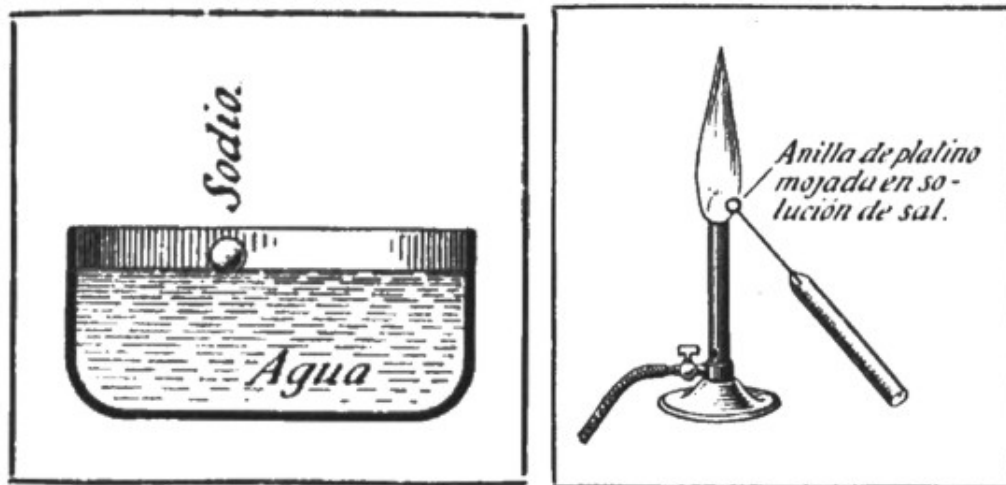
El metal aislado, libre, es difícil de preservar de alteraciones, por su tendencia a combinarse con el oxígeno y la humedad del aire. Así, se guarda ordinariamente en baños de petróleo, y aun se encuentra siempre cubierto de una costra blanquecina formada por alteración superficial. Para conservarlo brillante, con aspecto metálico argentino, hay que guardarlo en tubos de vidrio en que se haya practicado el vacío, o que se hayan llenado de un gas inerte, como el nitrógeno, y se hayan cerrado a la lámpara por fusión.

Lo común es guardar el metal en baño de petróleo. Tomando del frasco un trozo de sodio, se observará que es algo blando, pues apretándolo entre los dedos se consigue aplastarlo, y con un cuchillo se corta fácilmente: al cortarlo se ven su blancura y su brillo argentinos.

Córtese un fragmento del tamaño de un guisante, y dejase caer en un lebrillo con agua: observaremos entonces, en primer lugar, que el sodio flota, por ser menos denso que el agua, y en segundo lugar, que perdiendo la forma angulosa según la que quedó cortado, se vuelve esférico (fig. 696) y corre de un lado a otro por la superficie líquida, rebotando, como las perlas líquidas (662) al acercarse a las paredes, y produciendo un ruido como el de un hierro candente introducido en el agua. En seguida advertiremos también que su tamaño va disminuyendo y por fin el glóbulo desaparece. Mojando entonces los dedos en el agua del lebrillo, observaremos que se ha vuelto jabonosa.

Ha ocurrido entre el sodio y el agua una acción química en virtud de la cual el sodio se ha combinado con el oxígeno y parte del hidrógeno del agua, para formar sosa cáustica (que ha quedado disuelta en el agua volviéndola jabonosa), y el restante hidrógeno del agua se ha desprendido. El calor que en el acto de la combinación química se desarrolla funde el metal y por esto toma forma de glóbulo.

770. El desprendimiento de hidrógeno en la reacción entre el sodio y el agua podremos comprobarlo repitiendo el experimento anterior y aproximando una cerilla encendida al glóbulo de sodio mientras está corriendo por la superficie del agua. El hidrógeno arderá, y el glóbulo quedará envuelto por una llama, que aunque sea de hidrógeno, no es incolora (744), sino que está intensamente teñida de amarillo. Precisamente la tiñe el vapor de sodio.



Figuras 696 y 697

771. Esta propiedad del sodio, de comunicar color amarillo a las llamas, sirve para demostrar su presencia en distintas substancias. Así, acercando a la llama de alcohol o a la del mechero de Bunsen un alambre mojado en agua salada (fig. 697), la llama, antes poco visible, se volverá intensamente amarilla por el sodio contenido en la sal². Calentando en la misma llama de alcohol o de gas un tubo de vidrio, dándole vueltas continuamente para que no se rompa, el vidrio llegará a reblandecerse y entonces la llama tomará color amarillo por el sodio contenido en el vidrio.

La llama es tan sensible para descubrir el sodio, que cualquier partícula de polvo que penetre en ella, da una ráfaga amarilla; sacudiendo un trapo junto a la llama, aparecen ráfagas amarillas con profusión. Así se demuestra a la vez lo

² Las figuras 696 y 697 se han tomado del Compendio de Física y Química, por Kleiber y Estalella.

extraordinariamente difundido que está el sodio, y la exquisita sensibilidad de la llama para descubrirlo.

Un procedimiento muy práctico para que la llama de alcohol se halle permanentemente teñida de amarillo por el sodio, consiste en salar el alcohol (552).

Luces de colores

772. Los compuestos de sodio dan color amarillo a la llama; los compuestos de potasio le dan color violeta. Pero no son sólo estos metales los que tiñen las llamas; así, el litio las tiñe de rojo, el bario de verde amarillento, el talio de verde, el calcio de amarillo rojizo, el estroncio de rojo. Estos colores sirven para el reconocimiento de los correspondientes metales, especialmente si la luz se analiza mediante un prisma (442).

Esta propiedad de que sales de diversos metales comuniquen distintos colores a las llamas se utiliza en pirotecnia para producir bellos efectos de luz. En pequeño, podemos también y sin peligro preparar una serie de llamas de diversos colores, disponiendo seis lamparillas de alcohol muy pequeñas, en las que unas hilachas de algodón desempeñen el papel de torcida y todo el combustible se reduzca a unos pocos centímetros cúbicos de alcohol.

Al alcohol de la primera lámpara agregaremos sal común; al de la segunda una décima parte de agua con nitrato de plata o nitrato de plomo; a la tercera una décima de agua con sulfato de cobre, o mejor nitrato de cobre; a la cuarta una décima de agua con nitrato de estroncio; a la quinta una décima de agua con clorato potásico, y a la sexta ácido bórico.

Encendido el alcohol en las seis lámparas, arderán con color amarillo la primera, azul la segunda, verde la tercera, rojo la cuarta, violeta la quinta y verde la sexta.

El color verde de la tercera adquiere un matiz verde oliva si la sal de cobre de la lamparilla se ha mezclado con cloruro amónico.

Calor sin fuego

773. Cuando dos sustancias se unen químicamente para formar otra sustancia, se desarrolla calor. Pero no siempre el calor desarrollado es suficiente para elevar la temperatura hasta la incandescencia.

Notable ejemplo de desarrollo de calor por reacción química lo proporciona la unión de la cal viva con el agua. Puede rodearse de cal viva, en un plato, una vasija de hoja de lata llena de agua, y rociar la cal viva con agua fría: la cal viva se hinchará y disgregará convirtiéndose en cal apagada o hidrato cálcico, y mientras tanto, se desarrollará tal cantidad de calor, que el agua de la vasija metálica, si no está en mucha cantidad, casi hervirá.

También se puede aplicar el calor de hidratación de la cal a cocer un huevo, y se tendrá un huevo «cocido con agua fría».

774. Otra reacción química que se realiza con mucha frecuencia y desarrolla gran cantidad de calor, es la de hidratación del ácido sulfúrico. Se verifica siempre que este ácido se mezcla con el agua.

Tanto se calientan estos líquidos al mezclarse, que cuando se verifica la mezcla en un frasco común, debe procederse con cautela, para evitar que el frasco se rompa por calentarse desigualmente.

Además, al mezclar estas dos sustancias, se ha de verter siempre por pequeñas porciones el ácido sulfúrico poco a poco sobre el agua, y nunca el agua sobre el ácido sulfúrico, pues en este segundo caso, el calor desarrollado eleva el agua hasta la temperatura de ebullición, y convirtiéndose el líquido casi súbitamente en vapor, proyecta gotas de ácido fuera del vaso o frasco, gotas que son de perniciosos efectos sobre la piel y sobre los vestidos; no digamos sobre los ojos.

El clorato potásico

775. El clorato potásico es una sal formada de cloro, oxígeno y potasio: de estos tres componentes, es el oxígeno el más inestablemente unido a los otros, y por lo tanto el más fácil de desprender.

Esta facilidad con que el clorato potásico desprende su oxígeno nos servirá para reconocer la principal propiedad química de este gas.

El clorato potásico es una sal muy barata; pero si querernos evitarnos la molestia de mandar por ella a la droguería, podemos utilizarla en forma de comprimidos, usados para las afecciones de la garganta, forma bajo la cual suele encontrarse en el botiquín casero. Puesto un poco de clorato en el fondo de un tubo de ensayo y

calentando a la llama del Bunsen o de la lamparilla de alcohol, observaremos que la sal se funde, tomando el aspecto de un líquido incoloro; arreciando el caldeo, el líquido se enturbia por desprender burbujitas de oxígeno.

776. El oxígeno alimenta y favorece las combustiones; y tan enérgica es esta acción en el oxígeno al desprenderse del clorato potásico, que basta dejar caer una bolita de papel en el tubo que contiene clorato potásico fundido, para que el papel se inflame y arda ruidosamente (fig. 698).

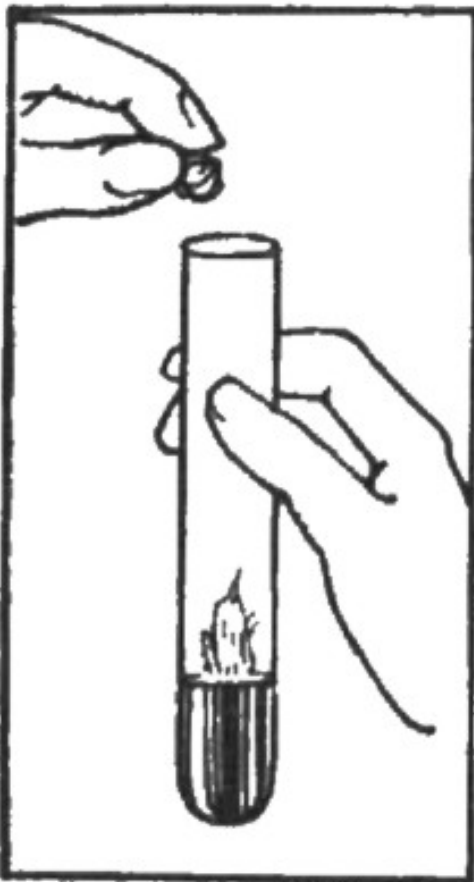


Figura 698

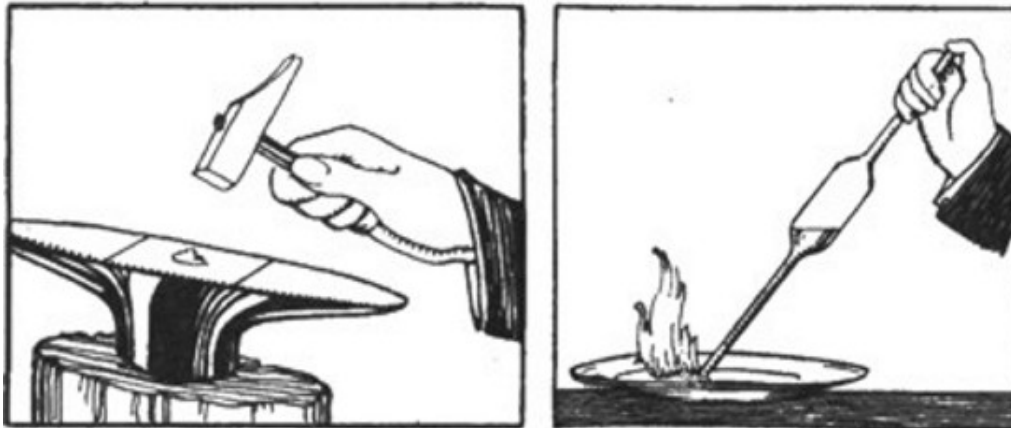
Este experimento se puede repetir varias veces con la misma cantidad de clorato sin necesidad de calentarlo exteriormente con la lamparilla, pues el calor de combustión de las bolas de papel lo mantiene fundido.

777. Atendiendo a la luz que da el papel al arder en contacto con el clorato fundido, advertiremos que es una luz de color púrpura o violeta: ese color lo comunica a la luz el metal potasio (772), contenido, como hemos dicho, en el clorato; de manera que el color en cuestión viene a delatar la existencia del potasio.

778. Un poco de clorato potásico en polvo mezclado con un poco de flor de azufre, da una pólvora que se inflama por percusión. Tómese

una pizca de la mezcla, colóquese sobre un yunque, apelmácese con los dedos, y golpéese con el martillo (fig. 699): se producirá una fuerte detonación, porque el azufre se quema combinándose con el oxígeno que pierde el clorato. Al golpear, aléjese el rostro para no recibir chispas en los ojos.

779. Mézclese clorato potásico en polvo con azúcar. Colocada la mezcla sobre un ladrillo o en un plato de tierra, ábrase un hoyo en el centro del montoncito y viértanse en él mediante una pipeta de vidrio algunas gotas de ácido sulfúrico concentrado; la mezcla chisporroteará y se inflamará con llama violeta (fig. 700).



Figuras 699 y 700

Muchísimo cuidado en el manejo del ácido sulfúrico. Con la pipeta, tóme-se del frasco sin aspirar o aspirando con mucha moderación: se trata de un líquido muy cáustico, que produce llagas en la piel y quemaduras en los vestidos.

780. Sería muy peligroso calentar una mezcla de clorato potásico y una substancia combustible, por ejemplo, polvo de carbón: equivaldría a calentar pólvora. En el experimento del número 776, si mientras está el clorato fundido dejamos caer en el tubo polvo de carbón, éste arderá, como ardía el papel, por combinarse con el oxígeno.

Existe una substancia, llamada bióxido de manganeso, e pirolusita, o manganesa, cuyo polvo, de color pardo oscuro, vertido en el clorato en fusión, no arde, porque no es combustible, pero ocasiona el desprendimiento tumultuoso del oxígeno contenido en el clorato: éste, llenándose de burbujas que revientan en su superficie, parece entrar en ebullición. Entonces todo el tubo queda lleno de oxígeno; introduciendo en la atmósfera del tubo una astilla con un punto candente, se inflama la madera con llama brillantísima.

781. Sobre clorato potásico en polvo puesto en un plato viértanse unas gotas de ácido sulfúrico: se verá desprenderse del clorato una nube de vapor amarillo (formada por un gas amarillo, combinación de cloro y oxígeno) que esparce olor a cloro, quedando así comprobada la existencia de cloro en el clorato.

782. Aun se pueden comprobar las propiedades oxidantes del clorato potásico de una manera más sencilla: suéltese una pastilla o un cristal de clorato sobre las ascuas, y se observará que el carbón se pone a arder con extremada viveza.

El nitro o salitre

783. Esta sal blanca, de sabor muy fresco, tiene una composición semejante a la del clorato potásico, con nitrógeno en vez de cloro, y su oxígeno tiene igual tendencia a separarse.

Pueden repetirse en el salitre o nitrato potásico algunos experimentos análogos a los que se realizan con el clorato, por ejemplo el de fundirlo en un tubo de ensayo, para provocar la inflamación espontánea de las bolitas de papel que en él se dejen caer.

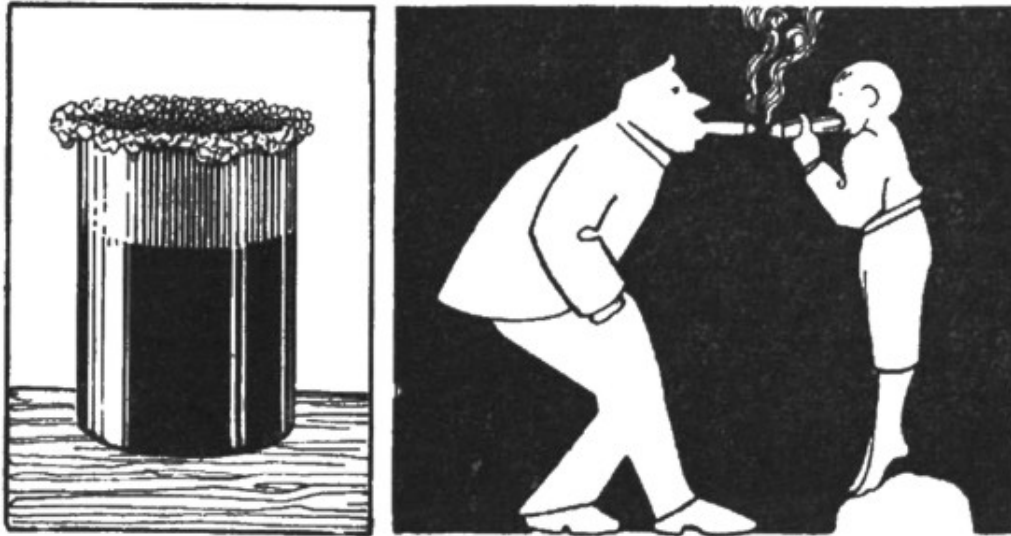
Las eflorescencias que aparecen en las paredes húmedas, son de nitrato potásico y de nitrato cálcico (que tiene análogas propiedades oxidantes) y pueden utilizarse para realizar aquel experimento.

784. El nitrato potásico mezclado con carbón y azufre forma la pólvora de caza. Puede prepararse pólvora (de mala calidad por resultar demasiado pulverulenta) mezclando íntimamente, habiéndolas pulverizado antes por separado, las siguientes sustancias:

Nitrato potásico	78	partes
Carbón	13	"
Azufre	9	"

Mucho más barato que el nitrato potásico es el nitrato sódico o nitro de Chile, muy empleado en agricultura como abono nitrogenado. No sirve para fabricar pólvora,

porque absorbe la humedad del ambiente y por lo tanto moja la pólvora con él preparada.



Figuras 701 y 702

785. Mojada la pólvora y dejada a la intemperie, puesta en un vaso, se verifica la separación espontánea de sus componentes (Gilland-Tissandier), y queda en el fondo del vaso la mezcla negra de azufre y carbón, trepando por las paredes el salitre, en forma de masa blanca y cristalina, hasta asomar por los bordes del vaso (fig. 701). Aquí se verifica el mismo fenómeno que determina la formación de las eflorescencias salitrosas sobre los muros húmedos inmediatos a los depósitos de sustancias orgánicas en descomposición.

786. *El fuego artista.* Disuélvase salitre en agua hasta saturación y con un pincel o una pluma de ave impregnados en esa agua, dibújese algo o escríbase un nombre sobre una hoja de papel.

Una vez seco, no será visible, pero bastará tocar por un punto uno de los trazos con una brasa o el extremo candente de una astilla, para que en ese punto comience una deflagración, que va propagándose por todos los trazos, carbonizando el papel y diseñando y recortando el dibujo o el nombre. Claro está que entre los trazos del diseño no debe haber soluciones de continuidad, que no lograría saltar la deflagración producida.

787. *Hoja de papel explosiva.* La misma solución de nitrato potásico que sirvió para que el fuego dibujara sobre una hoja de papel unos trazos más o menos complicados, puede servir para hacer estallar, también sobre una hoja de papel, una sarta de bombas explosivas, disimuladamente adheridas a la hoja.

Trácese sobre el papel una línea recta o curva con la solución de nitro, y de trecho en trecho adhiérase al papel, sobre el trazo, un poco de fulminato de mercurio, o unos pistoncitos de pistola de feria, ocultándolos pegando sobre ellos tiras de papel engomado. Cuando todo esté bien seco, tocando con un objeto candente el extremo del trazo invisible formado por el nitro, se propagará el fuego por toda su longitud, haciendo estallar uno tras otro los pistoncitos.

788. El mismo juego en otra forma. Dibújese o píntese con pluma o pincel en una hoja de papel la escena de mala educación infantil, representada en la figura 702, y con la solución saturada de salitre trácese una recta que una la punta del cigarro del fumador mayor con la boca del fumador incipiente; en este punto adhiérase el pistón o el fulminante. Quemando la punta del primer cigarro con el cuerpo candente, el fuego se propagará en línea recta hasta el pistón, que estallará escarmentando al fumadorcillo.

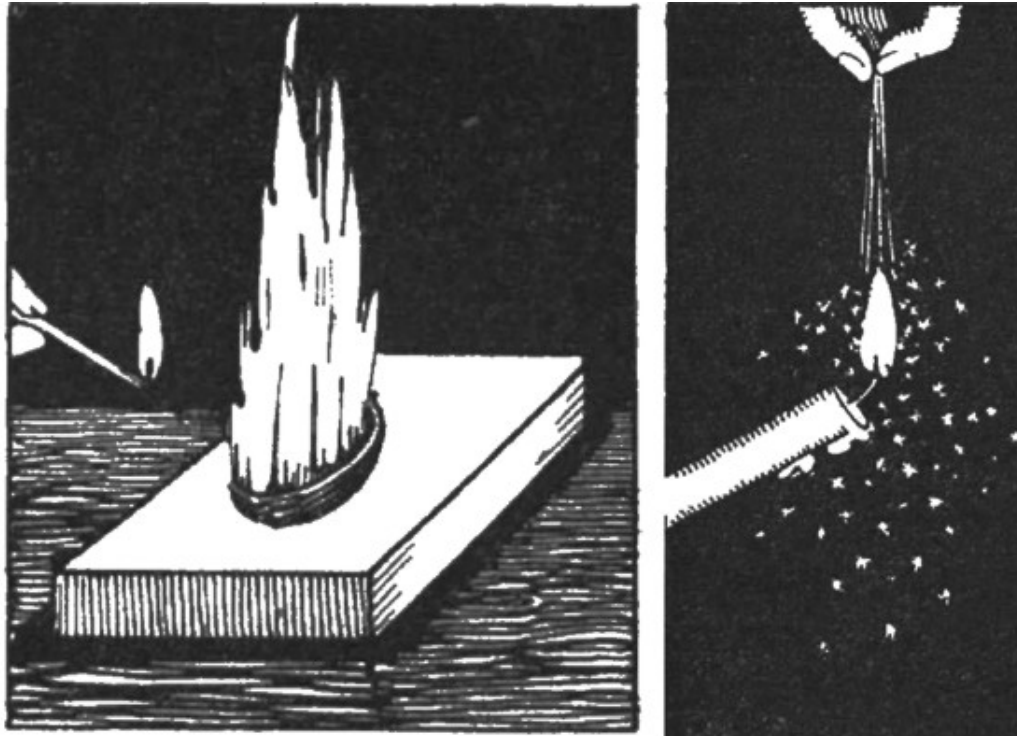
También podría representarse una escena de caza en la que se trazara la recta de salitre entre el cañón de la escopeta y el punto (donde se coloca el pistón) en que la pieza ha de ser herida: aplicando el fuego al cañón, la combustión se propagará hasta el pistón, cuya explosión abrirá en el animal una tremenda herida.

789. *El bronce fundido en un cascarón de nuez.* 20 g de salitre y 7 de aserrín fino, previamente desecados sobre una lámina o cuchara de hierro, se mezclan íntimamente con 7 g de flor de azufre. La mezcla se introduce en un cascarón de nuez y se interpone en ella una moneda de un céntimo, o unos trozos de alambre de cobre. Inflamada con un fósforo la mezcla, se produce una llama larga y luminosa (fig. 703) que dura un instante, y en el cascarón ennegrecido se hallará después un glóbulo de bronce o cobre, formado por el metal fundido por la elevada temperatura que en su rápida deflagración aquella mezcla ha producido.

Obsérvese la semejanza entre la composición de la pólvora ordinaria y la de la mezcla usada en este experimento.

Quemar metales

790. Casi todos los metales tienen tendencia a combinarse con el oxígeno para formar óxidos, de aspecto terroso.



Figuras 703 y 704

El estaño es uno de los metales que se queman con más facilidad: cuando se mantiene fundido en contacto del aire (599), se cubre de una costra de ceniza amarillenta, que es su óxido.

Claro está que al oxidarse, el metal aumenta de peso. Precisamente estudiando el aumento de peso que por oxidación en contacto del aire experimentaba el estaño, descubrieron los químicos la composición del aire.

791. He aquí un modo vistoso de quemar estaño: con un soplete, o con el tubo de una pipa de tierra, diríjase una llama a una hoja de papel de estaño: el estaño caerá

fundido sobre la mesa en forma de ardientes gotas que rebotarán conservando su candencia y convirtiéndose en cenizas.

792. Más sencillo es todavía quemar magnesio. Una cinta o un alambre de magnesio pueden encenderse hasta con la llama de una cerilla: el magnesio arde con llama blanca brillantísima, deslumbrante, que llega a dañar la vista. No estará de más tomar la precaución de usar para este experimento lentes ahumados, o por lo menos de no mirar fijamente la llama. Obsérvese el polvo blanco en que el metal queda convertido (óxido de magnesio, llamado magnesia calcinada) y el humo negro constituido por el nitruro de magnesio, pues también se combina el magnesio con el nitrógeno del aire.

793. *Quemar hierro cuesta más.* Tomándolo en finísimas limaduras, casi impalpables (adquirídlas en las droguerías) y arrojándolas a la llama de alcohol o del mechero de Bunsen, se las ve arder en forma de rápidas chispas (fig. 704). No arde con llama, porque el hierro no se volatiliza y el óxido de hierro producido por la combustión tampoco es volátil.

794. Chispas análogas, producidas por la combustión de finísimas partículas de hierro, saltan del eslabón al golpearlo con el pedernal, de las herraduras de los caballos al resbalar en los adoquines, de la muela al afilar las herramientas.

Las chispas que dan con la muela el hierro y el acero pueden presentar muy diferentes aspectos según la clase o calidad del metal, de lo que resulta que el ensayo de un trozo de hierro o acero con la muela equivale a un rápido análisis del mismo, como puede verse en los dibujos de chispas de la figura 705, que tomamos de la Química general y aplicada a la industria, del doctor Molinari.

795. Aleado el hierro con metales raros (especialmente el cerio) da con la muela chispas muy luminosas y duraderas, que llegan a inflamar los vapores combustibles. Este es el fundamento de los encendedores mecánicos: las llamadas piedras de encendedores no son de piedra, sino de hierro aleado con el metal raro llamado cerio.

796. El hierro, estando candente, arde en masa: mientras en la fragua golpean sobre el yunque una barra candente, saltan de ella cascarillas negruzcas, constituidas por el óxido de hierro formado por la combustión del hierro en la superficie de la barra, lo cual prueba además que el hierro arde sin llama.

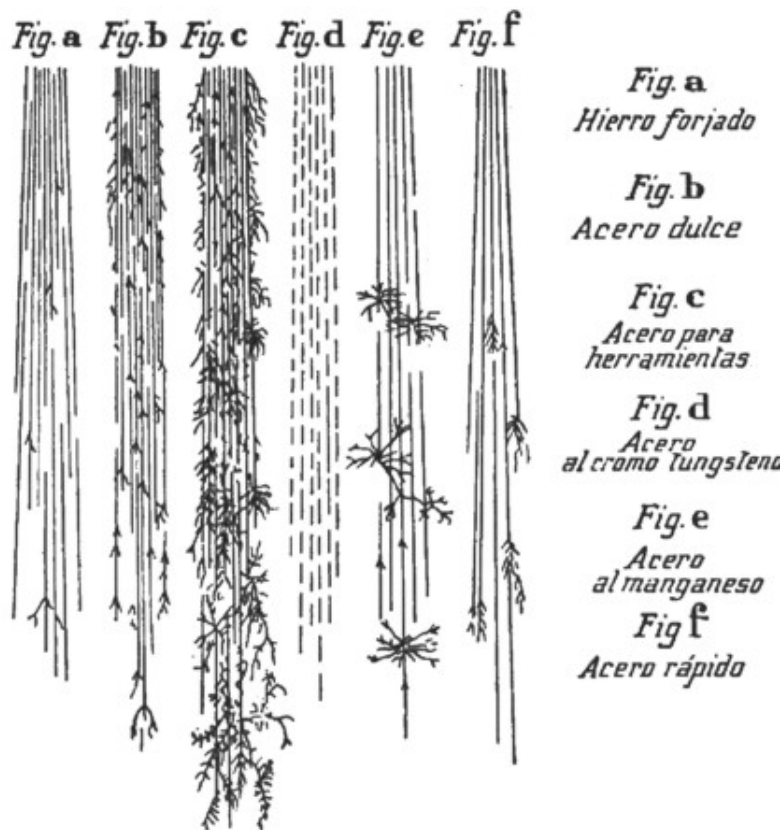


Figura 705

En una atmósfera de oxígeno es más notable todavía la combustión del hierro: introduciendo en el tubo de ensayo lleno de oxígeno (776) una cinta de hierro (por ejemplo un muelle destemplado de reloj) con el extremo previamente encandecido, el hierro arderá desprendiendo brillantísimas chispas de óxido, que casi siempre al dar en las paredes del tubo lo rompen.

797. El aluminio, tan inalterable como parece al aire, conservando perennemente su aspecto metálico, es por el contrario uno de los metales más oxidables, y debe

su aparente inalterabilidad a la finísima capa compacta y transparente de óxido que se forma en su superficie en cuanto se pone en contacto con el aire.

Eliminando dicha capa superficial a medida que se va formando, el aluminio es pasto de la oxidación. Consíguese tal eliminación frotando con el aluminio una gota de mercurio mediante un trapo empapado en ácido clorhídrico. Así el aluminio se amalgama, amalgamado se oxida, y el mercurio impide que el óxido proteja al aluminio: aparecen arborescencias o vegetaciones blancas y sutiles, de hermoso aspecto, formadas por alúmina hidratada. El metal, oxidándose, se calienta.

Pólvoras fotográficas

798. En polvo fino, como el hierro del número 793, arden también el magnesio y el aluminio arrojados a una llama; la luz que las partículas de magnesio y de aluminio dan al arder es blanquísima.

Es muy fácil proveerse de polvo fino de aluminio porque tal es la purpurina blanca empleada por los decoradores.

799. Siendo combustible el polvo de aluminio, su mezcla con clorato potásico se comporta de manera parecida a la mezcla de clorato y carbón, es decir, es una verdadera pólvora, pero la del aluminio da una llamarada blanquísima, muy buena para sacar fotografías de noche o en locales oscuros. Además, variando la proporción de los componentes de esta pólvora; o introduciendo nuevos componentes, se modifica la rapidez de la combustión y, por lo tanto, el tiempo de exposición de la placa. Así puede suprimirse el obturador de la cámara fotográfica, pues la duración de la exposición queda determinada por la naturaleza de la mezcla empleada.

He aquí la composición de dos de estas pólvoras:

Primera:

Clorato potásico en polvo	7	partes
Aluminio en polvo	3	"

La combustión del montoncito que se usa para impresionar un clisé es aproximadamente de un quinto de segundo.

Segunda:

Aluminio en polvo	22	partes
Sulfuro de antimonio en polvo	14	"
Clorato potásico en polvo	64	"

La duración de la combustión es aproximadamente de 1/15 de segundo.

En la preparación de mezclas explosivas debe recomendarse, como precaución general, que se pulvericen las sustancias por separado y se proceda a la incorporación de los diversos polvos sobre una hoja de papel, haciendo correr las sustancias de un lado a otro.

Para encenderlas basta poner sobre el montoncito un papel previamente impregnado de solución de clorato o nitrato potásico y dejado secar. Encendido el extremo de este papel, obra como una media. A falta de papel así preparado, puede utilizarse un pedacito de papel ordinario o un fósforo.

800. He aquí un par de recetas para, la preparación de pólvoras fotográficas a base de polvo de magnesio:

Primera:

Magnesio en polvo	37	partes
Clorato potásico en polvo	63	"

La combustión de un montoncito de un gramo dura un quinto de segundo.

Segunda:

Magnesio en polvo	3	partes
Clorato potásico en polvo	6	"
Sulfuro de antimonio	1	"

La combustión del montoncito de un gramo dura 1/20 de segundo. Para preparar estas pólvoras deben tornarse las mismas precauciones indicadas en el párrafo anterior.

801. Si se necesita la pólvora fotográfica con urgencia y no se encuentra preparada, se puede salir del paso mezclando 2 g de polvo de magnesio con medio gramo de pólvora negra de caza.

El sulfato de cobre

802. Esta sal azul, que para distintos experimentos hemos utilizado es mucho más soluble en caliente que en frío, y a este cambio de solubilidad con la temperatura se recurre para purificar sus cristales.

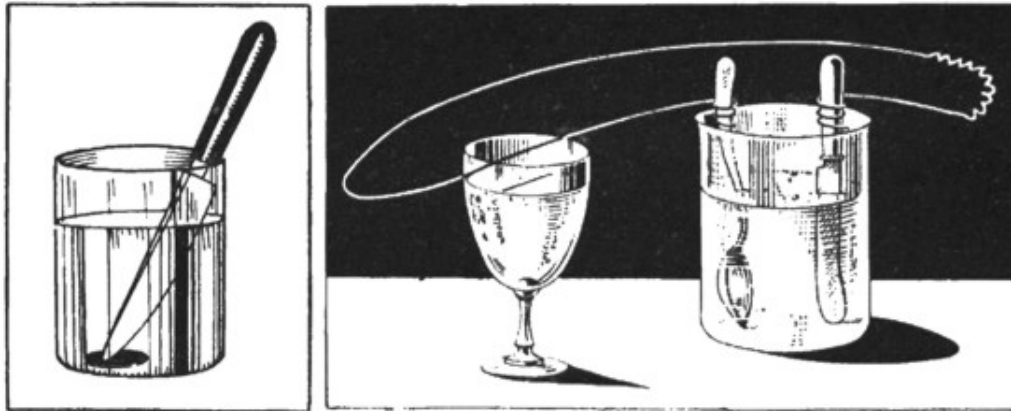
Llénese de agua un tubo de ensayo hasta la cuarta parte, caliéntese y váyase agregando sulfato de cobre a medida que el agua caliente lo vaya disolviendo. Cuando a pesar de estar muy próxima a la temperatura de ebullición el agua, deje ya algún cristal en el fondo sin disolver, sepárese de la llama el tubo de ensayo y déjese enfriar lentamente: numerosos cristales de sulfato de cobre aparecerán en la superficie del líquido e irán precipitándose en el fondo, como una nevada azul.

803. El sulfato de cobre está compuesto de azufre, oxígeno y cobre: introduciendo en su solución un objeto de hierro, el hierro va substituyendo al cobre de la sal disuelta (que así se transforma en sulfato de hierro), y el cobre va substituyendo al hierro del objeto (que así se transforma en masa de cobre). Para observarlo basta introducir en el agua cargada de sulfato de cobre la hoja, limpia, de un cuchillo: al retirarla aparecerá la hoja cabreada.

Con esta substitución el objeto metálico aumenta un poco de peso, porque por cada 56 partes de hierro que se disuelven, se precipitan 63 partes de cobre.

804. *Moneda de plata convertida en moneda de cobre.* Sabemos que un objeto de hierro o acero sumergido en una solución acuosa de sulfato de cobre se reviste de cobre. Pero si dentro del mismo líquido se coloca una moneda de plata y con el objeto de hierro se toca dicha moneda, será ésta la que resultará cabreada (fig. 706). Plata y hierro forman con el sulfato de cobre disuelto un par voltaico, y el contacto de los dos metales en el interior del líquido pone el par en acción.

805. Lo mismo sucedería si el contacto entre la plata y el hierro se estableciese fuera del líquido y no directamente, sino por medio de un alambre; acercando este alambre a una brújula o enlazándolo a un galvanómetro se demostraría que por él pasaba una corriente eléctrica de la plata al hierro, durante la precipitación del cobre sobre la plata. La figura 707 representa el experimento, empleando en vez de moneda una cuchara de plata.



Figuras 706 y 707

Dibujos con nitrato de plata

806. Disolviendo en agua algunos cristales de nitrato de plata se obtendrá un líquido incoloro, con el cual podremos dibujar sobre el papel unos trazos invisibles.

Mas exponiendo el dibujo a la luz del sol, los trazos se ennegrecerán, porque la acción de la luz, unida a la de la materia orgánica que forma el papel, descompone aquella sal de plata, dejando un leve residuo de plata, negra como todos los metales finamente divididos. En análogo fenómeno se basa el arte fotográfico.

Todavía se puede volver a hacer invisible el dibujo: bañándolo en una solución de sublimado corrosivo (cloruro mercuríco) los trazos se irán volviendo blancos y se confundirán con el fondo blanco del papel.

Por fin, exponiendo el papel a. los vapores de amoníaco aparecerán de nuevo los trazos en negro, más negros que antes. Casi las mismas operaciones (baño de sublimado, baño de amoníaco) se aplican al refuerzo de los clisés fotográficos débiles.

El baño de amoníaco se puede substituir por un baño de hiposulfito sódico disuelto en agua.

Tintas simpáticas

807. La más conocida de esas tintas, cuyos trazos invisibles se pueden revelar por quien esté en el secreto, consiste en una solución de cloruro de cobalto. Es un líquido rosado, y sus trazos sobre el papel blanco son casi invisibles: desde luego lo son completamente sobre un papel de color de rosa.

Mas calentando el papel con una llama o sobre unas ascuas, la sal de cobalto se deshidrata y toma un color azul que hace los trazos perfectamente visibles.

Por enfriamiento, el cloruro de cobalto se hidrata de nuevo, absorbiendo vapor acuoso de la atmósfera, y recupera el color rosado que escapa a la vista.

808. Una solución acuosa diluida de cloruro de cobre forma un líquido ligeramente azul que también puede servir como tinta simpática: úsase como la de cloruro de cobalto, pero los trazos del cloruro de cobre son ligerísimamente azulados en frío y pardo-amarillentos en caliente. El cambio de color es también debido a la deshidratación de la sal de cobre.

809. Otras diversas tintas simpáticas necesitan el concurso de un líquido revelador, con el cual el líquido que se utilizó como tinta da un precipitado fuertemente coloreado. Tal es, por ejemplo, la tinta formada por una solución de ferrocianuro potásico que da sobre el papel trazos incoloros; mas éstos, una vez secos, se tiñen de intenso color azul al pasar por la superficie del papel una brocha embebida en solución diluida de cloruro férrico. Débese la aparición del color azul a la formación de azul de Prusia por reacción entre el ferrocianuro potásico de la tinta y el cloruro férrico del líquido revelador.

810. Hay otras tintas simpáticas cuyos trazos se revelan por procedimientos meramente físicos; tales tintas están formadas por soluciones algo concentradas de sales incoloras, como el alumbre. Escribiendo con ellas, los trazos quedan invisibles, así mirando por reflexión como mirando por transparencia; pero para descubrirlos, una vez secos, basta untar el papel con aceite, sebo, vaselina, manteca o petróleo: el papel se vuelve translúcido y los trazos aparecen blancos y mates.

811. Del *Recetario doméstico* de Ghersi y Castoldi, donde se dan varias fórmulas de esta clase de tintas, sacamos las siguientes, bien sencillas, que se revelan por la acción del calor: ácido cítrico o zumo de limón (pardo); jugo de cerezas (verdoso); jugo de cebollas (negruzco); vinagre (rojo pálido).

Otras recetas, interesantísimas, se hallarán en el *Recetario de droguería* de Buchheister y Ottersbach.

812. El que remite, por ejemplo, una tarjeta postal escrita con tinta simpática, la disfraza siempre escribiendo entre líneas con tinta china, para no llamar la atención con el envío de una tarjeta en blanco. Lo indiferente, escrito en negro, lleva interlineado lo interesante, que se debe descubrir.

Las lejías

813. Las lejías que se preparaban en la antigua colada doméstica y las que se emplean para otros usos, son soluciones acuosas bastante concentradas de carbonatos alcalinos (potasa y sosa). Pero muchas lejías líquidas, tan usadas hoy para emplearlas en frío en substitución de la antigua colada que se pasaba en caliente, contienen también en disolución hipocloritos alcalinos, substancias semejantes al cloruro de cal, llamado a veces polvos de gas, que se usa para la desinfección de retretes y cloacas.

Los hipocloritos son substancias oxidantes, desinfectantes y decolorantes, y tratadas con los ácidos desprenden gas cloro (760), cuyo olor es precisamente el que presentan de ordinario los hipocloritos, porque ya se descomponen por la acción del gas carbónico atmosférico.

En una copa de vinagre viértase un poco de lejía de hipocloritos, y agítase: inmediatamente se percibirá el fuerte olor del cloro desprendido del hipoclorito por la acción del ácido acético del vinagre, y el color rojo desaparecerá, destruido por el mismo cloro.

814. Substitúyase en la copa el vinagre por el vino y trátase del mismo modo con un poco de lejía de hipocloritos: el vino no se decolorará ni se percibirá el intenso

olor a cloro, pues faltando el ácido, el hipoclorito no será destruido. Pero bastará agregar al vino agua carbónico o, aunque es más raro que se tenga a mano, champagne, para que el líquido se decolore y huela fuertemente a cloro. El ácido carbónico (gas carbónico y agua) habrá producido el mismo efecto que el ácido del vinagre.

815. He aquí otro experimento fundado en la propiedad decolorante de la lejía de hipocloritos al reaccionar con un ácido. Escríbanse algunas letras sobre una tela de color, empleando como tinta un ácido fuerte; los trazos serán apenas visibles, pero mojando la tela con lejía de hipocloritos, el color quedará destruido sobre aquellos trazos. Lavando en seguida con abundante agua, quedará la tela de color marcada en blanco.

816. Las lejías de hipo cloritos decoloran también la tinta de escribir ordinaria, pero no ejercen acción sobre la de imprenta, a base de carbón. Si de una página impresa algún censor ha borrado con tinta común varias frases o palabras, éstas podrán leerse decolorando con hipocloritos los trazos de tinta de escribir. Y si los censores quieren que su obra no sea tan deleznable, usen tinta china.

El permanganato potásico

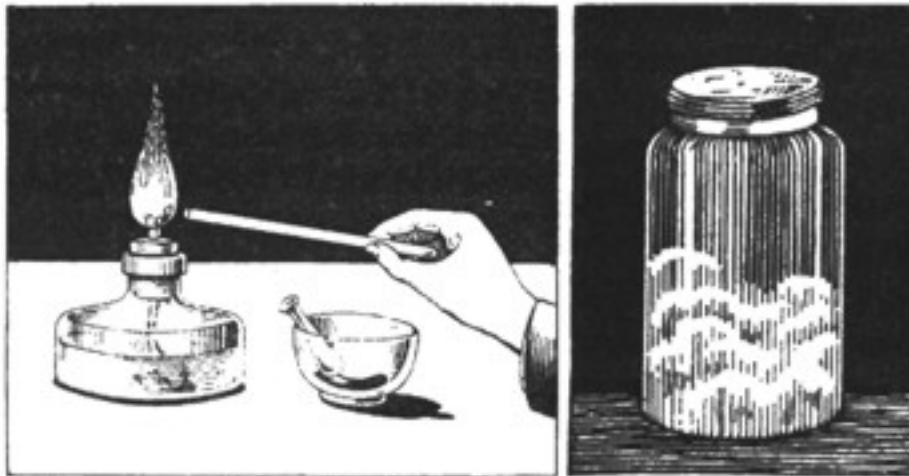
817. Sustancia muy oxidante, aun disuelta en agua, es el permanganato potásico. Está formado por manganeso, oxígeno y potasio. Al agua que la disuelve la tiñe de rojo, pero este color lo pierde, porque el permanganato es destruido, si al agua se agregan sustancias orgánicas, como zumo de limón, azúcar, leche, ácido tartárico, etc.: el permanganato oxida, quema estas sustancias, quedando él al mismo tiempo consumido.

De igual manera el permanganato potásico destruye las bacterias y demás microbios con que el agua potable puede estar contaminada, y nada más práctico para desinfectar un pozo que arrojar .en él una cantidad de permanganato suficiente para colorear durante largo tiempo el agua.

Teñida por el permanganato potásico, no debe beberse el agua, pero es fácil desteñirla con un poco de zumo de limón o unos cristales de ácido cítrico. Verdad es

que entonces queda enturbiada por un polvillo pardo de bióxido de manganeso, insoluble, formado por descomposición del permanganato; pero ese polvillo puede eliminarse por filtración con papel de filtro. Además, puede beberse el agua enturbiada por el bióxido sin aprensión, porque se trata de una substancia insoluble e inofensiva.

818. La fácil descomposición del permanganato puede aplicarse a la prestidigitación. Tómese un vaso de agua con 1 gr de permanganato y 2 gr de ácido sulfúrico por litro, y viértase en un vaso que contenga algunas gotas de agua saturada de hiposulfito sódico (sal reductora, es decir, que tiene avidez de oxígeno). A medida que el seudovino (pues color de vino tiene el agua con la antedicha proporción de permanganato y ácido sulfúrico) vaya cayendo en el vaso, quedará decolorado: convertido en agua.



Figuras 708 y 709

La propiedad energicamente oxidante del permanganato se evidencia tratándolo en seco, toscamente pulverizado, con unas gotas de ácido sulfúrico: forma una pasta tan oxidante, que adherida en minúscula cantidad al extremo de una varilla o tubo de vidrio, si se toca con ella la torcida de la lamparilla de alcohol, la enciende instantáneamente (fig. 708).

Humo sin fuego

820. Los vapores son todos transparentes. Los humos (y las nubes, y las nieblas) son vapores enturbiados por partículas líquidas o sólidas. El humo negro de las chimeneas está formado por gas carbónico y aire, ambos transparentes, enturbiados por polvo de carbón. El humo blanco de los silbatos de las locomotoras es vapor de agua enturbiado por polvillo de agua líquida producido por la condensación del mismo chorro de vapor.

Del amoníaco del comercio (que es agua cargada de amoníaco) se desprende un gas transparente, incoloro: el verdadero amoníaco, que es gaseoso. Del ácido clorhídrico del comercio (que es agua cargada de ácido clorhídrico) se desprende también un gas, el verdadero ácido clorhídrico, que es gaseoso, no 'del todo transparente, pues uniéndose con el vapor de agua contenido siempre en el ambiente, se condensa en finísimas gotas, que dan al gas aspecto de humo: de aquí el nombre de sal imante con que se designa al ácido clorhídrico del comercio.

Aproximando el tapón del frasco de ácido clorhídrico al del frasco de amoníaco, aparecen unos densos humos blancos, debidos a que el ácido clorhídrico y el amoníaco se combinan para dar un compuesto sólido, llamado sal amoníaco, cuyo polvillo es el que enturbiando el aire forma el humo. Lo mismo sucederá tapando un bocal que contenga un poco de ácido clorhídrico con un tapón humedecido con amoníaco (fig. 709).

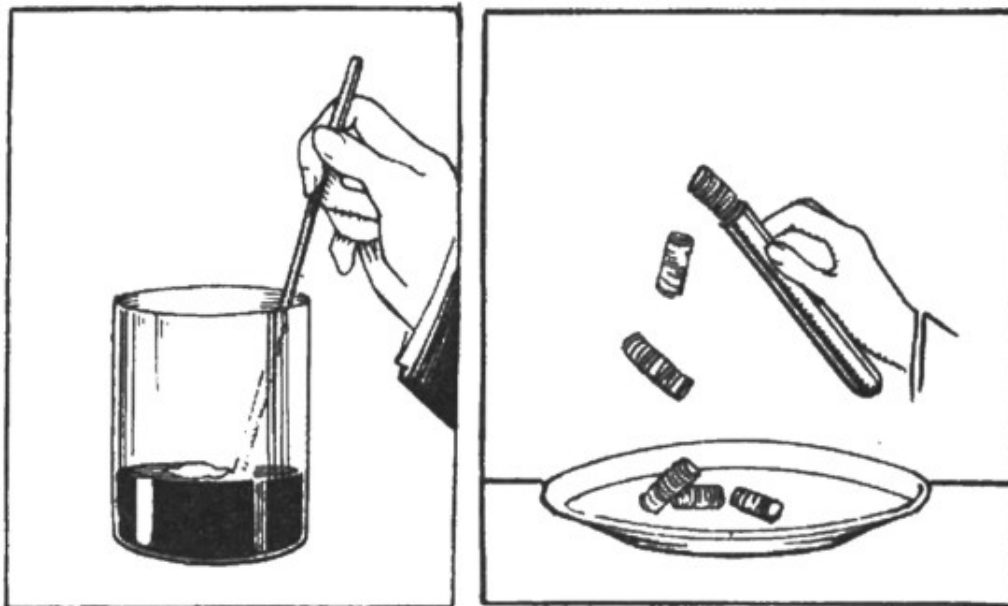
821. Es fácil convertir el experimento que acabamos de describir en juego de prestidigitación. Tómese una copa, en cuyo fondo se hayan vertido unas gotas de ácido clorhídrico, y adviértase a los espectadores que teniendo la copa bien tapada con un plato, conseguiremos hacer penetrar en ella el humo de un cigarro.

Enciéndase el cigarro, tápese la copa con un plato previamente humedecido con unas gotas de amoníaco por el lado con que se apoyará en la copa, y en efecto, mientras estemos fumando, a cualquier distancia, la copa se irá llenando de humo.

El crecimiento del mercurio

822. Este notable experimento requiere una operación preliminar que ha de efectuarse con gran cuidado, pues si se altera la marcha que vamos a exponer podría resultar peligrosa.

Preparación de la amalgama de sodio. — El sodio, metal blando que por ser muy oxidable por el aire y por el agua, se conserva bajo petróleo (769), se liga o alea con relativa facilidad con el mercurio. Para lograrlo sin peligro se echará una pequeña cantidad de mercurio en una copa o vaso, y se dejará caer una lámina de sodio cortada, con el cortaplumas, de un trozo de sodio sacado del petróleo: con papel secante, eliminaremos el petróleo adherido a la laminilla de sodio, antes de dejarla caer en el vaso.



Figuras 710 y 711

Con una varilla de cristal agitaremos el mercurio y el sodio (fig. 710) hasta que sobrevenga una pequeña explosión, acompañada de una llamarada en el vaso. Disipado el humo que también se forma, y que no conviene en manera alguna aspirar, advertiremos la desaparición de la lámina de sodio, que se habrá disuelto en el mercurio. Repetiremos la adición de sodio y la agitación, hasta obtener la explosión consabida; volveremos a añadir sodio, y así sucesivamente, hasta seis o siete veces. Se observará que cada vez se consigue más pronto la unión del mercurio con el sodio, por favorecerla la elevación de temperatura que el mercurio experimenta a cada explosión. Así habremos logrado preparar la amalgama de sodio, siendo esta operación la única parte algo difícil del experimento que vamos a relatar.

823. Lo demás es extraordinariamente sencillo. Preparar en una vasija cualquiera una solución algo concentrada de sal amoníaco (cloruro amónico), como si se preparara una solución azucarada. Llenar con ella la mitad de un tubo de ensayo, y dejar caer en el mismo tubo unos tres o cuatro centímetros cúbicos de la amalgama de sodio antes obtenida. Entonces se observará que esa amalgama, que había conservado todo el aspecto de mercurio, va llenándose de burbujas, esponjándose, dilatándose, empujando ante sí la solución de cloruro amónico, haciéndola rebosar del tubo, y rebosando el mercurio a su vez, convertido en una masa pastosa, espumosa, plateada, que se recibirá en un plato (fig. 711). Esta masa, que huele fuertemente a amoníaco, es inestable y recobra a las pocas horas el aspecto y el volumen del mercurio primitivo, pudiendo entonces volver a guardarse en el frasco del mercurio.

Tan sorprendente fenómeno tiene la siguiente explicación.

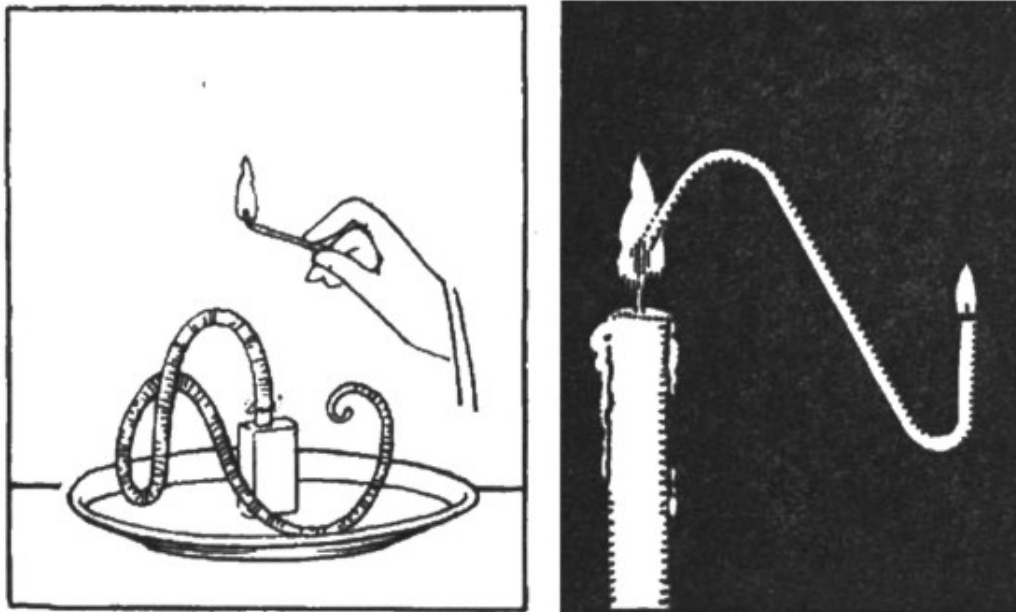
La amalgama de sodio puesta en contacto con el cloruro amónico, se convierte en amalgama de amonio, mientras el cloruro amónico se convierte en cloruro sódico. Amalgama de amonio es la substancia esponjosa y plateada que ha rebosado del tubo y se ha recogido en el plato. Mas el amonio se descompone espontáneamente en amoníaco (y este es el origen de su olor) e hidrógeno, gases que se desprenden del mercurio, quedando éste al fin tan puro como al tomarlo para unirlo con el sodio.

«Serpientes de Faraón»

824. En algunos puestos de juguetes de las ferias pueden adquirirse unas pastillitas que al prenderles fuego arden con lentitud, afofándose extraordinariamente, de manera que si se impide que la dilatación se efectúe por los lados, dan origen a una larguísima serpiente de cenizas (fig. 712). El fenómeno, por su apariencia, es muy parecido al del afofamiento de la amalgama de mercurio cuando se convierte en amalgama de amonio, como se ha descrito en el párrafo anterior.

Uno mismo puede prepararse estas pastillas. Disuélvese en agua por un lado sulfocianuro potásico y por otro nitrato ácido de mercurio: vertiendo la segunda solución en la primera se forma un precipitado blanco de sulfocianuro de mercurio.

Filtrase el líquido para recoger sobre el filtro el precipitado, déjase secar el papel del filtro y su contenido, y cuando está suficientemente seco se amasa el polvo de sulfocianuro de mercurio con agua gomosa, adicionando una pequeña cantidad de nitrato de potasio en polvo: la pasta se distribuye en porciones o se le da forma en moldecitos cilíndricos, y se deja secar.



Figuras 712 y 713

Pero recomendamos que no se permita que los niños verifiquen esta operación o que jueguen con las pastillas productoras de las serpientes, porque las sustancias empleadas en su preparación y los productos de su combustión son peligrosos venenos.

825. He aquí la manera de preparar otra pasta cuya combustión da origen a «serpientes de Faraón» sin que sean venenosos los ingredientes ni las cenizas.

Pulverízanse finamente y por separado 2 g de bicromato potásico, 2 g de azúcar y 1 g de nitrato potásico. Remuévense y mézclase bien las tres sustancias pulverulentas y se amasan con un par de gotas de agua. Divídese la masa en dos o tres porciones y se deja secar. Los terrones obtenidos, encendidos en un punto, deflagrarán dilatándose y afofándose, y tornando las cenizas el aspecto de un reptil verde moteado de negro. No hay inconveniente en efectuar el experimento dentro

de una habitación, pues aunque se produce un poco de humo, éste huele sólo a azúcar quemado.

Fábricas de gas

826. El gas del alumbrado se obtiene por destilación de la hulla o carbón de piedra. Para verificar esta destilación en pequeño, podemos utilizar una pipa de tierra. Llena su parte más ancha de pedacitos de hulla y cerrada con barro la abertura, introdúzcase boca abajo en un hornillo de carbón, de manera que sobresalga la boquilla: al cabo de un rato, saldrá por ella un chorro de gas que se podrá encender como el del alumbrado.

827. Lo mismo puede realizarse en un tubo de ensayo, cerrado por un tapón atravesado por un estrecho tubo de cristal. Cargado con pedacitos de carbón de piedra el fondo del tubo de ensayo, si se calienta en la llama de alcohol o de gas del Bunsen, por el tubito se desprenderá un gas susceptible de ser inflamado: al mismo tiempo, en la parte más fría de las paredes del tubo de ensayo, veremos condensarse gotas de agua sucia y de alquitrán, también procedentes del carbón (figura 713).

En vez del carbón, pueden destilarse trocitos de madera, bolas de papel, migas de pan, etc.: todas estas sustancias orgánicas, sometidas a la acción del calor, destilan gases combustibles.

828. Aun puede presentarse un ejemplo más sencillo de destilación seca de una sustancia orgánica, preparando un grueso y largo cucurucho de papel, abriendo un orificio cerca de su punta, y sosteniéndolo en posición inclinada, encendiéndolo por el otro extremo.

La llama produce la destilación seca del papel que todavía no arde, y los productos de esta destilación ascienden por el cono y escapan por el orificio, donde pueden encenderse.

El experimento dura muy poco, porque pronto toda la fábrica de gas es pasto del incendio producido.

829. En realidad, toda llama, de aceite, de cera, de estearina, etc., es una llama de gas, y en el pábilo que la alimenta se verifica la destilación seca de la substancia consumida. El gas producido se traslada del pábilo a la superficie de la llama donde arde. Sondando en este trayecto (del pábilo a la superficie de la llama) con un delgado tubo de cristal, podemos robar a la llama el gas que no ha ardido todavía, y quemarlo en el extremo del tubo-sonda. La figura 714 representa la manera de hacer el experimento.

El carburo de calcio

830. Conocida es la propiedad de esta substancia, compuesta de carbono y calcio, de reaccionar con el agua para dar acetileno, que es un compuesto de carbono e hidrógeno, y lechada de cal.

Echando en el agua un trozo de carburo y superponiendo un tubo boca abajo lleno de agua, se recogerán en este tubo las burbujas de acetileno. Lleno el tubo de gas, podrán ensayarse en él las mismas propiedades que en el hidrógeno (744) salvo la de arder con llama poco luminosa, pues el acetileno arde con llama blanca y brillante.

831. Si en vez de poner el carburo en contacto con una masa grande de agua se echa un poco de agua sobre el terrón de carburo, el calor desprendido en la acción química que entre el carburo y el agua se verifica, eleva tanto la temperatura de esos cuerpos, que el acetileno que se desprende puede llegar a inflamarse. Precisamente así se reveló la notable propiedad del carburo de calcio de dar con agua acetileno. Tratábase de obtener el metal calcio calentando con el arco voltaico en el horno eléctrico una mezcla de cal y carbón: en vez de metal calcio se obtuvo una materia extraña que despreciada y tirada, al mojarse casualmente, se incendió. Así se descubrió la aplicación del carburo a la preparación de acetileno, gas combustible que ya se conocía, pero que sólo se obtenía en los laboratorios, y aun en pequeñas cantidades, por procedimientos poco prácticos.

La naftalina

832. Esta substancia tan empleada en la economía doméstica para preservar de la polilla los tejidos de lana, se halla en el comercio en forma de bolas (que es lo más común) y en polvo.

Está compuesta de carbono e hidrógeno. Arde con facilidad con llama fuliginosa (que da mucho humo). Esta propiedad de arder fácilmente se puede aplicar para encender con facilidad la leña en el hogar; un par de bolas de naftalina producen el mismo efecto que un par de astillas resinosas.

833. La naftalina funde a baja temperatura, y fundida se evapora con mucha rapidez. Puede comprobarse esto calentando una bola de naftalina en un tubo de ensayo. Se observará entonces que la parte superior, fría, de las paredes interiores del tubo se cubre de finos cristales blancos, procedentes de la condensación de los vapores de naftalina. Este paso directo del estado de vapor al estado sólido (sin pasar por el estado líquido) se llama sublimación.

Pero también se llama sublimación el paso directo de un sólido a vapor: en este sentido, también se sublima la naftalina. Como demostración, basta ver la disminución de volumen que de una a otra temporada experimentan las bolas de naftalina.

834. ¿Cómo convertir la naftalina en bolas en naftalina en polvo?

La sublimación de la naftalina resuelve este problema mejor que el mortero.

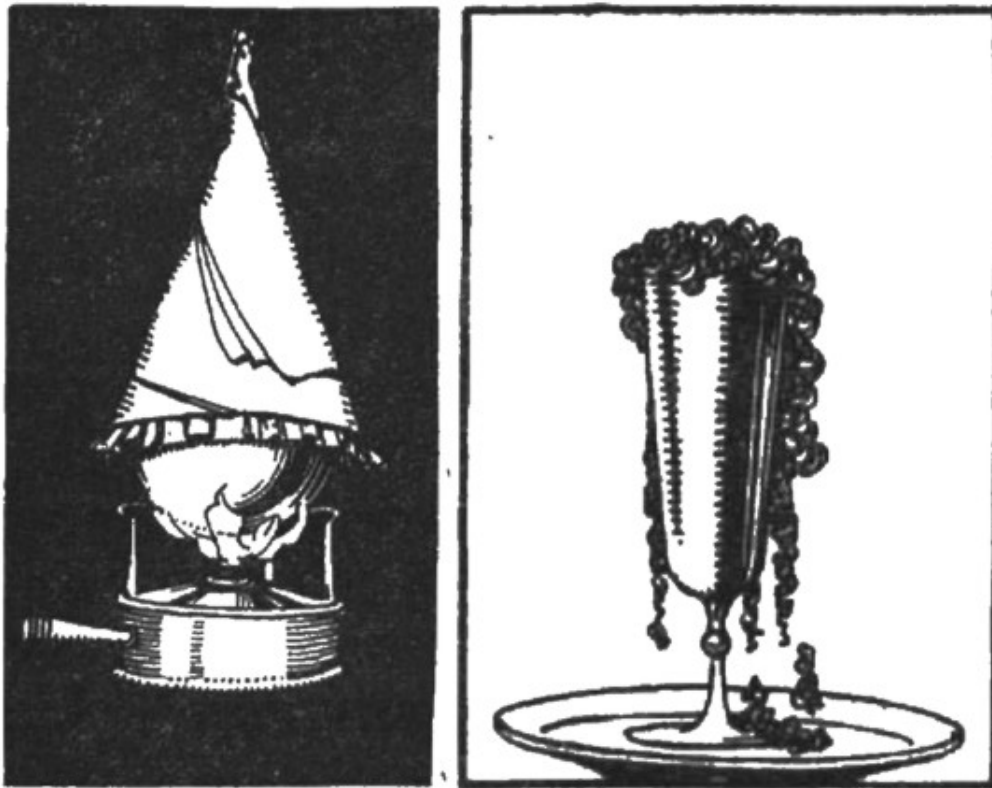
En un recipiente bajo, de hoja de lata, hierro esmaltado, porcelana o barro, se pondrán las bolas de naftalina y se cubrirán con una hoja de papel de filtro sujeta al borde del recipiente (por ejemplo, con un cordel) y un largo cucurucho de papel cuya boca sea de diámetro ligeramente mayor que el de la vasija, para que se le pueda adaptar como un sombrero.

Calentando largo tiempo la vasija con una llama cualquiera, la naftalina se irá vaporizando, y sus vapores, filtrados por el papel de filtro, se condensarán en forma de finos cristales sobre las paredes internas del cucurucho. Recogidos, por fin, estos cristales, se tendrá la naftalina pulverizada y purificada (fig. 715).

Azúcar quemado sin fuego

835. En una copa de champagne, de las de forma alargada, puesta en un plato o fuente de loza, se verterá azúcar hasta la mitad y se añadirá agua, procurando que el líquido no rebase el nivel del azúcar, es decir, de manera que sólo llene los intersticios de los cristallitos; al cabo de un rato, el agua habrá disuelto gran parte del azúcar.

Agregando entonces ácido sulfúrico concentrado, con todas las precauciones necesarias para el manejo de semejante substancia, el ácido y el agua azucarada se mezclarán, y pronto se presentará el conjunto amarillento, y luego moreno y por fin negro, como carbón. Al mismo tiempo, el volumen aumentará rápidamente y una especie de espuma como de champagne, pero muy negra, rebosará de la copa para verterse en la fuente o plato que a prevención habremos colocado debajo de ella (fig. 716).



Figuras 715 y 716

No conviene sostener la copa con la mano, porque al tiempo de carbonizarse el azúcar se desarrolla mucho calor.

El fenómeno es debido a que el ácido sulfúrico, ávido del agua (773), se apodera de la que entra en la composición del azúcar, que es un hidrato de carbono, y lo deja reducido a carbón. El calor desarrollado determina la producción de burbujas de vapor, que aprisionadas en el líquido viscoso que está ennegreciéndose, lo esponjan y lo dilatan hasta rebosar.

Azúcar quemado con fuego

836. El azúcar en terrón, puesto en contacto de una llama, no se enciende. Pero se logra encenderlo si se ha espolvoreado el azúcar con cenizas de tabaco, y mejor aún si se ha dejado caer sobre el terrón una gota de sangre. Este efecto catalítico fue especialmente estudiado en 1920 por L. Brandt (Molinari, Química orgánica general y aplicada a la industria, tomo 1).

El yodo y el almidón

837. El yodo y el almidón se combinan espontáneamente dando un bellissimo color azul, si uno y otro componente se toman muy diluidos en el agua; pero si se toman concentrados el color es negro. Por lo tanto, para los experimentos convendrá preparar soluciones muy diluidas de yodo y de almidón.

Preparación de la solución de yodo. En un vaso de agua viértanse unas gotas de tintura de yodo, de manera que el agua aun no empiece a amarillear.

Preparación del engrudo de almidón. Deslíase un gramo de almidón en 100 de agua y caliéntese (con preferencia en baño maría) removiendo sin cesar, hasta que el líquido quede perfectamente transparente. Déjese enfriar.

Mézclense en un tubo de ensayo unos centímetros cúbicos del primer líquido con otros tantos centímetros cúbicos del segundo: al momento aparecerá el hermoso color azul.

Caliéntese entonces el tubo de ensayo, y el color azul desaparecerá. Al enfriarse el tubo, el color volverá a aparecer.

El calor destruye la combinación azul del yodo con el almidón.

838. Báñese un pedacito de patata en el agua yodada, preparada según el número 837; la patata quedará teñida de azul. Así queda demostrada la existencia de

almidón (fécula) en la patata. La misma prueba puede hacerse con la harina de trigo y con otras sustancias.

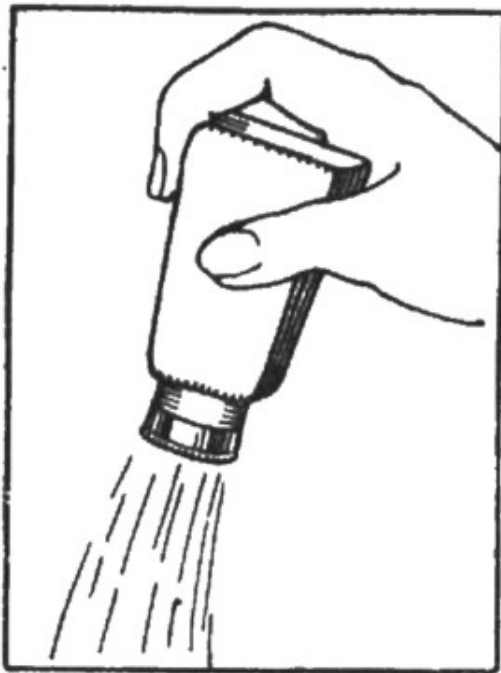
839. Con el engrudo de almidón preparado según se explica en el número 837, embadúrnense unas hojas de papel, y déjense secar.

Después, repártanse entre varios individuos las hojas, mezcladas con otras que no hayan sufrido preparación alguna, e invíteseles a que escriban en ellas empleando, a modo de tinta, el líquido yodado preparado según el mismo párrafo.

Ocurrirá que un mismo líquido escribirá como verdadera tinta sobre unas hojas (las almidonadas) y no dejará trazo alguno visible en las restantes.

Higroscopios químicos

840. La sal común (y bien común, es decir, no purificada) es el más vulgar de los higroscopios, pues una de las impurezas que contiene absorbe de la atmósfera más



o menos vapor de agua según el estado de humedad del ambiente; por esto la sal se presenta más o menos húmeda, según esté el aire más o menos cargado de humedad.

El efecto es particularmente notable en los saleros-salvaderas, provistos de sal común (fig. 717); en días secos los orificios de la tapa dan fácilmente paso a la sal, y hasta ha de volverse el salero con precaución, para que no resulten excesivamente salados los manjares. En cambio, en días de humedad, ni aun con las más violentas sacudidas se consigue que salten unos granos.

Figura 717

841. El sulfato de cobre, esa sal cuyos cristales son de un hermoso color azul, debe este color al agua que interviene en su formación y que entra en la constitución de los cristales.

Calentando el sulfato de cobre azul en un tubo de ensayo, se advertirá que se vuelve blanco y al mismo tiempo las paredes internas del tubo quedan empañadas de humedad. Esta humedad es agua que se desprende de los cristales azules, los cuales se desmoronan y convierten en un polvo blanco.

Esta destrucción de los cristales de sulfato de cobre por pérdida de agua puede ser también debida no ya al calor, sino al estado de sequedad del ambiente: el sulfato de cobre en una atmósfera seca se cubre espontáneamente de un polvillo blanco producido por la disgregación de los cristales, que pierden su agua.

He aquí, por lo tanto, un higroscopio muy apto para indicar que la sequedad del aire pasa de cierto límite.

842. Más notable es el efecto higroscópico de las sales de cobalto, que al perder agua se vuelven azules, y al recuperarla se vuelven rojas.

Un papel impregnado de cloruro de cobalto y expuesto al aire aparecerá ora rosado, ora azul, según que el ambiente se halle húmedo o seco.

En vez de embadurnar de cualquier manera el papel, se puede limitar la porción impregnada de sal de cobalto a una parte de un dibujo o fotografía, por ejemplo, a la cara de una figura, al follaje de unos árboles, etc., y se apreciarán las variaciones de la humedad atmosférica por los cambios de color de aquel rostro o de estas hojas.

Véanse más detalles en Buchheister y Ottersbach, Recetario de droguería.

También con sales de cobre se pueden impregnar papeles o pintar dibujos.

843. He aquí la composición de algunos líquidos que sirven para la preparación de los papeles o dibujos higroscópicos a que se refiere el párrafo anterior, con indicación de las variaciones de color que experimenta el objeto con ellas preparado.

Primero:

Agua	100	partes
Gelatina	10	"
Cloruro de cobre	1	"

En ambiente húmedo, incoloro; en ambiente seco, amarillo.

Segundo:

Agua	100	partes
Gelatina	10	"
Cloruro de cobalto	1	"

En ambiente húmedo, incoloro; en ambiente seco, azul. Tercero:

Solución concentrada de cloruro de cobalto

En ambiente muy húmedo, incoloro; en ambiente húmedo, rosado; en ambiente seco, lila; en ambiente muy seco, azul.

La misma solución concentrada de cloruro de cobalto puede ser utilizada para impregnar cintas o flores de trapo, cuyo color dependerá del tiempo en la forma que acabamos de expresar.

Prestidigitación química

844. A los juegos de prestidigitación fundados en acciones químicas que se han descrito en otros párrafos de este mismo capítulo (por ejemplo, en los números 820 y sucesivos), podemos añadir el siguiente, muy vistoso, comunicado por D. J. Baltá de Cela.

Al agua de una botella o jarro se añadirán unas gotas de solución de cloruro férrico y se acidulará con ácido sulfúrico, y en el fondo de una serie de copas se habrán dejado caer unas gotas (invisibles para el espectador que ve la mesa de canto) de estos respectivos líquidos:

1. Solución diluida de sulfocianuro potásico.
2. Solución concentrada de sulfocianuro potásico.
3. Solución concentrada de cloruro bórico.
4. Solución diluida de ferrocianuro potásico y solución concentrada de cromato potásico.
5. Nada.

El agua de la botella vertida en la primera copa queda aparentemente convertida en vino rancio; en la segunda en vino tinto; en la tercera, en leche u horchata, según la concentración; en la cuarta, en pipermin, y en la quinta persiste pareciendo agua. Los precipitados que el sulfocianuro potásico o el ácido sulfúrico dan con las sustancias previamente dispuestas en las copas son la causa del hermoso efecto conseguido.

CAPÍTULO 3

Cuestiones de Geografía e Historia natural

El gnomon

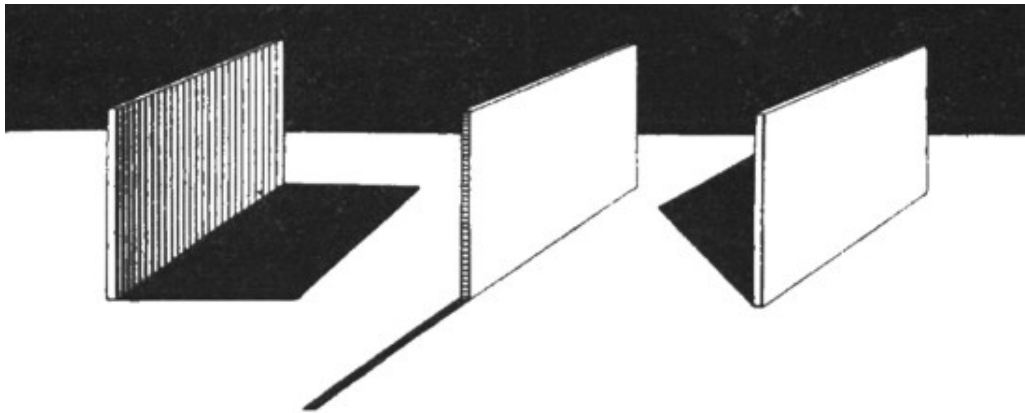
845. Recuerdo de una lección de Cosmografía:

«Meridiana de un lugar es la recta horizontal que va de norte a sur.»

«Meridiano de un lugar es el plano vertical que pasa por la meridiana.»

«En el momento en que el Sol pasa por el meridiano es mediodía.»

Pues bien: coloquemos verticalmente un tablero en la dirección norte-sur: el plano del tablero es el plano meridiano. El tablero proyectará su sombra sobre el suelo, ora hacia el oeste (fig. 718), ora hacia el este (fig. 720), pero en el momento del mediodía el sol le dará de canto y no proyectará sombra ni a uno ni a otro lado: sólo dará una sombra rectilínea en la dirección de la meridiana (fig. 719).



Figuras 718, 719 y 720

846. Un tabique o un tablero vertical pueden servir, según lo dicho en el párrafo anterior, para indicar, por su sombra, mediodía. Pero cumplen el mismo objeto una varilla vertical y la meridiana que pasa por su pie: a mediodía la sombra de la varilla caerá sobre la meridiana. El conjunto de la varilla vertical y la meridiana que pasa por su pie recibe el nombre de gnomon.

En las casas de campo es utilísimo tener un gnomon: para prepararlo se elige un sitio muy soleado de la azotea o del jardín, y en él se fija bien horizontalmente,

con argamasa de cemento, una loseta de mármol o un ladrillo grande, perfectamente plano, agujereado cerca del punto medio de uno de los lados: este

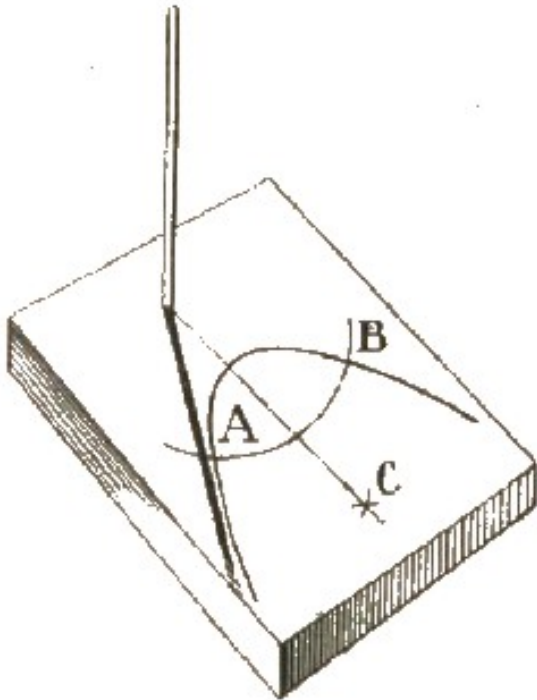


Figura 721

lado inmediato al agujero se procurará ponerlo aproximadamente al sur, y en el orificio se fijará de una manera sólida con la misma argamasa de cemento, o con azufre fundido o mastico, y en dirección exactamente vertical, una varilla de hierro o una aguja de acero.

Falta ahora trazar la meridiana que pasa por el pie de la varilla. Para esto, con mucho cuidado marcaremos durante un día de sol el camino recorrido por el extremo de la sombra del estilete; cada 15 a 20 minutos señalaremos con lápiz ese punto sobre el ladrillo y al fin uniremos con un trazo continuo los puntos marcados (fig. 721).

Así obtendremos en general una curva con la convexidad vuelta hacia el pie del estilete. Tomando por centro ese pie, y con una abertura de compás conveniente, describiremos un arco de círculo que corte a la curva anterior en dos puntos A y B: conviene que estos puntos estén bastante separados uno de otro, y a eso amoldaremos la abertura del compás. Haciendo centro en uno de estos puntos A describiremos, con radio cualquiera, un arco de círculo. Haciendo centro en el segundo punto B describiremos otro arco del mismo radio, y el punto C de intersección de los dos arcos lo uniremos por una recta con el pie del estilete: esta recta será la meridiana buscada.

847. Sin embargo, el movimiento aparente del Sol no es todo lo uniforme que debería ser para desempeñar el papel de regulador de nuestros relojes. Adoptado

como unidad de tiempo el día solar, nos hallamos con que los 365 días que forman el año no son todos iguales: los hay ligeramente más largos, los hay ligeramente más cortos. Por esto se toma como verdadera unidad de tiempo el día solar medio, o sea el promedio de los 365 días que tiene el año, o lo que es lo mismo, se substituye el Sol natural por un Sol ficticio, que marchando con un movimiento exactamente uniforme, dé origen en un año a 365 días exactamente iguales: la duración de uno de estos días es el día solar medio.

Cuatro veces al año el Sol ficticio coincide con el verdadero Sol: cuatro días al año, por lo tanto, el paso del verdadero Sol por el meridiano coincide con el mediodía del tiempo medio: esos cuatro días son el 15 de abril, el 15 de junio, el 31 de agosto y el 25 de diciembre. Desde el 25 de diciembre al 15 de abril el Sol ficticio va delante del Sol verdadero; desde el 15 de abril al 15 de junio va detrás; desde el 15 de junio al 31 de agosto vuelve a ir delante y desde el 31 de agosto al 25 de diciembre vuelve a marchar detrás.

Por lo tanto, siempre que se utilice el paso por la meridiana de la sombra del estilete del gnomon para poner en hora el reloj¹, deberá conocerse el avance o retroceso del mediodía medio con respecto al mediodía verdadero, o, dicho más en general, del tiempo medio con respecto al tiempo verdadero: esta corrección es la que recibe el nombre de ecuación de tiempo.

Los principales anuarios, al lado de las horas de la salida y de la puesta del Sol para todos los días del año, contienen también la ecuación de tiempo. A falta de anuario se puede utilizar con provecho la siguiente tabla-resumen:

¹ Para dar al gnomon mayor precisión, se remata su extremo con una placa de metal agujereada, y en vez de atender a la sombra de la varilla, se atiende al centro de la mancha luminosa circular (imagen del Sol) debida al orificio de la placa. Substituida así la dirección de una recta (sombra de la varilla) por la posición de un punto (centro de la imagen solar), se tendrá que este punto, cada día del año, a mediodía verdadero atravesará la meridiana y a mediodía medio se hallará en determinada situación, a la derecha o a la izquierda de la meridiana (según sea, en el correspondiente día, positiva o negativa la ecuación de tiempo). El conjunto de esas situaciones forma una curva en forma de 8 alargado, que recibe el nombre de meridiana de tiempo medio. Pero la imagen solar, hacia el mediodía, corta en general dos veces a la meridiana del tiempo medio, y para no inducir a error conviene distinguir en el 8 las cuatro posiciones atendibles en cuatro diversas épocas del año, pintando, por ejemplo, de color verde la correspondiente a la primavera (15 de abril a 15 de junio), de color rojo la del verano (15 de junio a 31 de agosto), amarilla la del otoño (31 de agosto a 25 de diciembre) y negra la del invierno (23 de diciembre a 15 de abril). Compréndese que todavía la meridiana de tiempo medio puede someterse a otra corrección, para convertirla en otra curva, también en forma de 8 (pero algo corrido hacia la derecha o hacia la izquierda), que corresponda a mediodía oficial (meridiana de tiempo oficial).

día	mes	Tiempo medio a mediodía verdadero	mes	Tiempo medio a mediodía verdadero	mes	Tiempo medio a mediodía verdadero
1	enero	12h 3' 58"	mayo	11h 56' 56"	septiembre	11h 59' 49"
11	»	12h 8' 21"	»	11h 56' 9"	»	11h 56' 30"
21	»	12h 11' 43"	»	11h 56' 18"	»	11h 52' 59"
1	febrero	12h 13' 57"	junio	11h 57' 29"	octubre	11h 49' 37"
11	»	12h 14' 34"	»	11h 59' 16"	»	11h 46' 45"
21	»	12h 13' 54"	»	12h 1' 23"	»	11h 44' 41"
1	marzo	12h 12' 34"	julio	12h 3' 27"	noviembre	11h 43' 42"
11	»	12h 10' 12"	»	12h 5' 8"	»	11h 44' 12"
21	«	12h 7' 19"	»	12h 3' 12"	»	11h 46' 5"
1	abril	12h 3' 55"	agosto	12h 6' 0"	diciembre	11h 49' 18"
11	»	12h 1' 2"	»	12h 4' 56"	»	11h 53' 34"
21	»	11h 58' 38"	»	12h 2' 54"	»	11h 58' 25"

La hora local

848. La indicación del gnomon (846) una vez corregida de la ecuación de tiempo, sirve para arreglar los relojes según el tiempo medio de la localidad en que se haya instalado el gnomon y de todos los pueblos que se hallen sobre el mismo meridiano, o sea que tengan igual longitud geográfica. Mas ya no sucede lo mismo con los situados en distinto meridiano: así, para pasar el Sol del meridiano de A al meridiano de B (fig. 722) debe describir un arco de 300, igual a la diferencia de longitudes geográficas entre A y B.

Empleando el Sol 24 horas en dar su vuelta aparente a la Tierra, y siendo una vuelta igual a 3600, en una hora describirá el Sol un ángulo de 240

grados, es decir, de 150, y el ángulo de 300 será descrito en dos horas; ésta será la diferencia entre el tiempo medio de A y el tiempo medio de B.

Puesto que el Sol en una hora describe un arco de 15° , y la hora tiene sesenta minutos de tiempo y el grado sesenta minutos de ángulo, tendremos que el Sol en

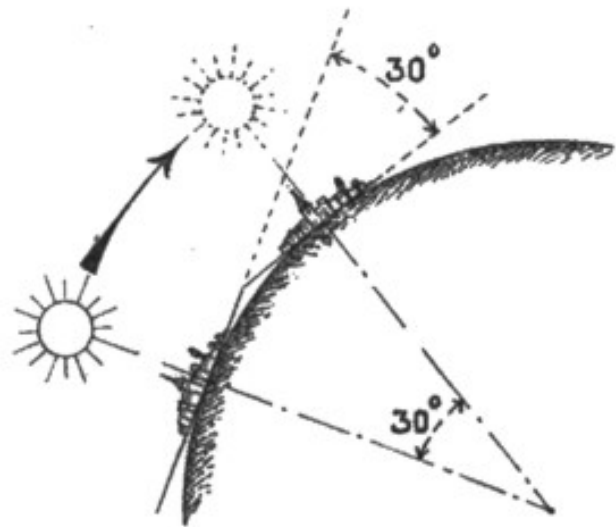


Figura 722

y por lo tanto el tiempo medio de Zaragoza irá avanzando en 0 horas 20 minutos 33 segundos, con respecto a Sevilla.

849. Que cada pueblo arregle sus relojes según la hora local no ofrece inconveniente alguno para la regulación de plazos en el interior del mismo pueblo, pero perjudica en gran manera a las relaciones entre los pueblos situados en distintos meridianos, y en particular al servicio de trenes. ¿Quién prepararla y quién descifraría un horario de ferrocarriles en el que se fueran adoptando las horas locales de las estaciones por las que fuera pasando el tren? De aquí que las compañías ferroviarias muchos años atrás, cuando cada 'pueblo en España todavía se regía por su hora local, se habían visto ya precisadas a adoptar una hora única — la hora de Madrid — y había que distinguir en cada localidad dos horas: la del campanario u hora local, y la de la estación u hora de Madrid.

Pero la doble hora no tenía razón de ser: ningún acto, ningún contrato había de complicarse adoptando todos los pueblos, como todas las estaciones del ferrocarril, la hora única.

¿La de Madrid? Claro está que así quedaban resueltos todos los conflictos a que dentro de la nación podía dar origen la diferencia entre las horas de dos pueblos; pero de igual manera que las relaciones nacionales, íbanse haciendo más frecuentes y rápidas las relaciones internacionales, y por lo tanto, eran convenientes acuerdos internacionales para uniformar en lo posible las horas de las diversas naciones.

Así se vino a parar a la adopción de una hora universal: la del observatorio de Greenwich, situado en Inglaterra, cerca de Londres.

850. Pero si la adopción de la hora de Greenwich no tiene inconveniente para España, porque pasando el meridiano de Greenwich por Aragón y Valencia, en ningún pueblo de España discrepará mucho la hora oficial de la local (la mayor discrepancia, correspondiente a Galicia, no llega a tres cuartos de hora), la adopción de la misma hora para Egipto, por ejemplo, situado a unos 30° al este de Greenwich, significaría un retraso de dos horas respecto a la hora local, y para el Japón, que se halla a los 135° al este de Greenwich, significaría un retraso de nueve horas, evidentemente intolerable.

De aquí que se pensara en atenuar las discrepancias sin dejar de adoptar una hora internacional. Para conseguirlo se consideró dividida la superficie de la Tierra en 24 husos limitados por 24 meridianos, y se tomó por hora internacional en cada huso la de su meridiano central. Así, entre cada huso y su vecino hay una diferencia de tiempo exactamente igual a una hora, cero minutos y cero segundos, y en consecuencia es fácil corregir los relojes y los horarios al pasar de un huso a otro. Cada huso es de 15° , o sea de $7^\circ 30'$ a uno y otro lado del meridiano central; la máxima discrepancia, dentro de un huso, entre las horas locales y la internacional es, por lo tanto, de 30 minutos.

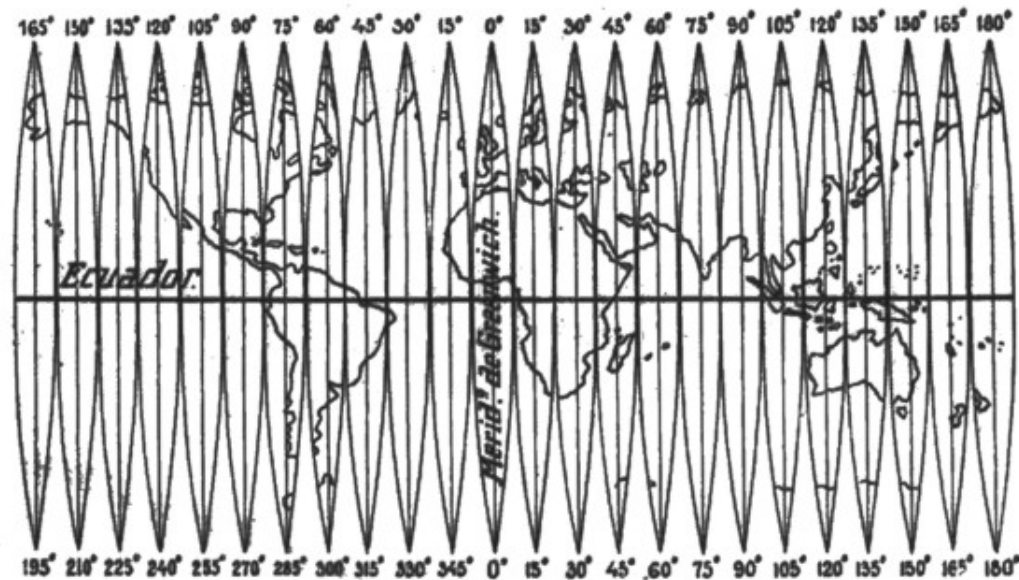


Figura 724

La figura 724 representa los 24 husos en que se considera dividida la superficie terrestre.

Al llevar a la práctica esta división en husos de la superficie de la Tierra, ha habido que amoldarse a ciertas conveniencias nacionales y sacrificar la exactitud matemática que había presidido a la división. En efecto: adoptada por España la hora de Greenwich, u hora de la Europa occidental, teóricamente debiera haberse adoptado para la región galaica occidental la hora del huso siguiente, a que corresponde; y para evitar el tener que adoptar una nueva hora para esta reducida región, se la ha considerado comprendida en el huso de la Europa occidental. Lo

mismo han hecho Portugal con todos sus pueblos e Inglaterra con Irlanda; y lo mismo ha sucedido con otros países y otros husos. De aquí que los husos efectivos estén en realidad deformados por conveniencias nacionales: pero tal deformación (representada en la figura 725) no es ningún obstáculo para que el principal objeto, uniformación de la hora, se haya logrado.

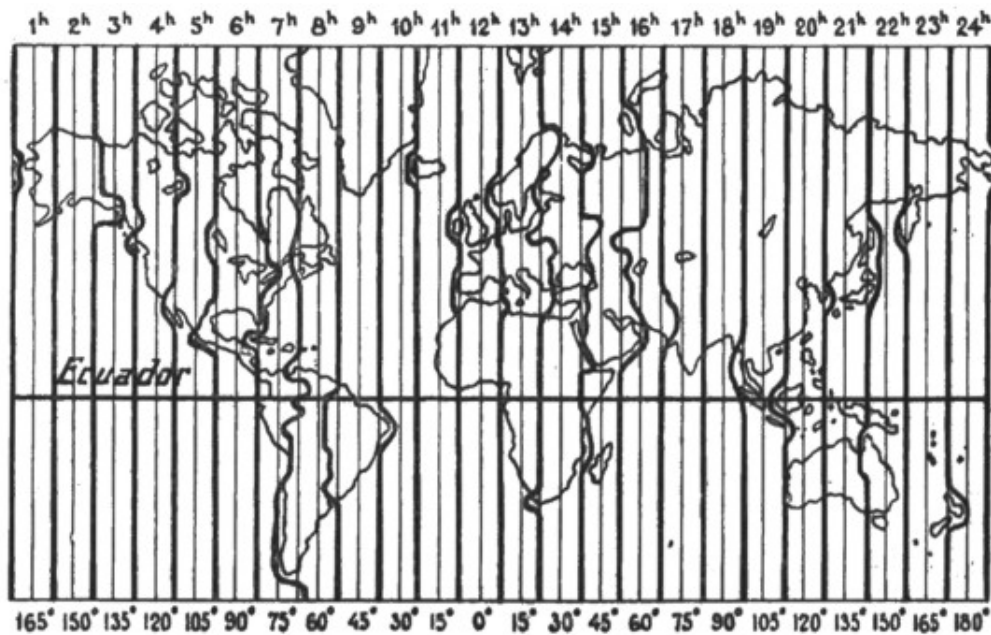


Figura 725

Para poner en hora un reloj utilizando las indicaciones del gnomon, en el momento en que la sombra del estilo señale mediodía verdadero, el reloj deberá marcar las doce, corregidas de la ecuación del tiempo y de la diferencia entre la hora oficial y la local. La ecuación del tiempo se encuentra en el anuario; la diferencia entre la hora oficial y la local se deduce de la longitud del lugar. Un par de ejemplos enseñarán la manera de hacer esta corrección.

La longitud geográfica de Gerona (España) es de $2^{\circ} 49'$ al este de Greenwich, y por lo tanto la hora local de Gerona irá adelantada en 7 minutos 16 segundos con respecto a la hora oficial.

La longitud geográfica de Manila (Filipinas) es aproximadamente de 121° al este de Greenwich, y rigiendo para las Filipinas el tiempo correspondiente al meridiano de

120° (que va adelantado en 8 horas con respecto al tiempo de Greenwich), la hora local de Manila adelantará a la oficial en unos 4 minutos (o sea 6° 15').

Relojes de sol

853. El Sol está tan lejos de la Tierra, que cuando pasa por un meridiano, dando sus rayos de canto en este plano meridiano, dan también de canto en todos los planos que puedan trazarse en toda la Tierra paralelos al meridiano supuesto.

Imaginemos una recta AB paralela al eje de la Tierra, y que por esta recta pasen 24 planos que formen entre sí ángulos de 15°, de modo que uno de ellos sea vertical. Este será el plano meridiano del lugar, y por él pasará el Sol a mediodía verdadero. Por uno de los planos inmediatos habrá pasado a las 11 y por el otro pasará a las 13, por el siguiente pasará a las 14, etc. (fig. 726).

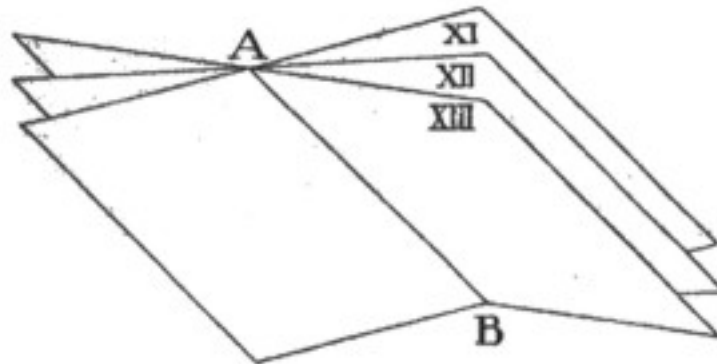


Figura 726

La realización práctica de esta serie de hojas planas alrededor de un eje común y paralelo al eje terrestre constituiría un curioso reloj de sol, en que la hora se leería en el plano que no proyectara sombra alguna sobre los inmediatos. Pero semejante aparato sería de construcción laboriosa, enojosa conservación y difícil lectura.

854. Un cilindro de piedra o metal con el eje paralelo al eje de la Tierra se podrá utilizar como reloj de sol, sirviendo de indicador las generatrices que separan la porción de sombra de la porción iluminada por el Sol, sobre el mismo cilindro. Para que el eje sea paralelo al de la Tierra, debe estar orientado de norte a sur y formar

con el plano horizontal un ángulo igual a la latitud del lugar. Las horas están escritas sobre las generatrices.

855. Un semicilindro hueco excavado en un bloque de piedra sirve también para el caso y es muy fácil de construir. El eje ha de formar también con el horizonte un ángulo igual a la latitud del lugar y ha de estar dirigido de norte a sur. Las horas van marcadas sobre las generatrices y las indican las sombras de los bordes o generatrices extremas (fig. 727).

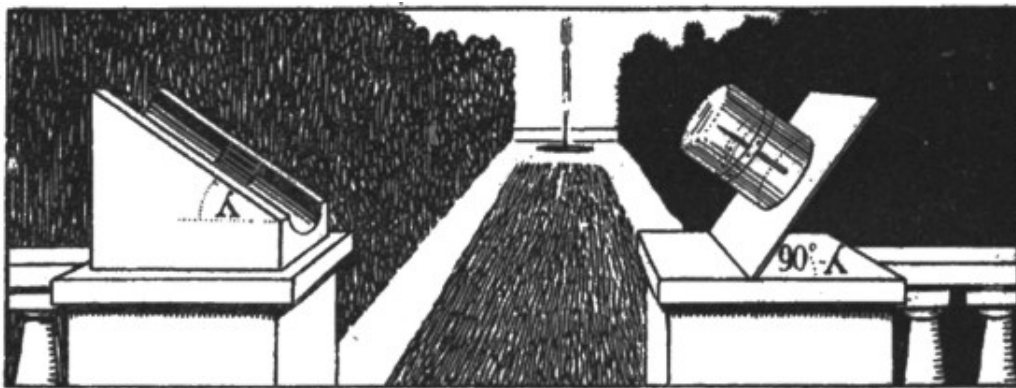
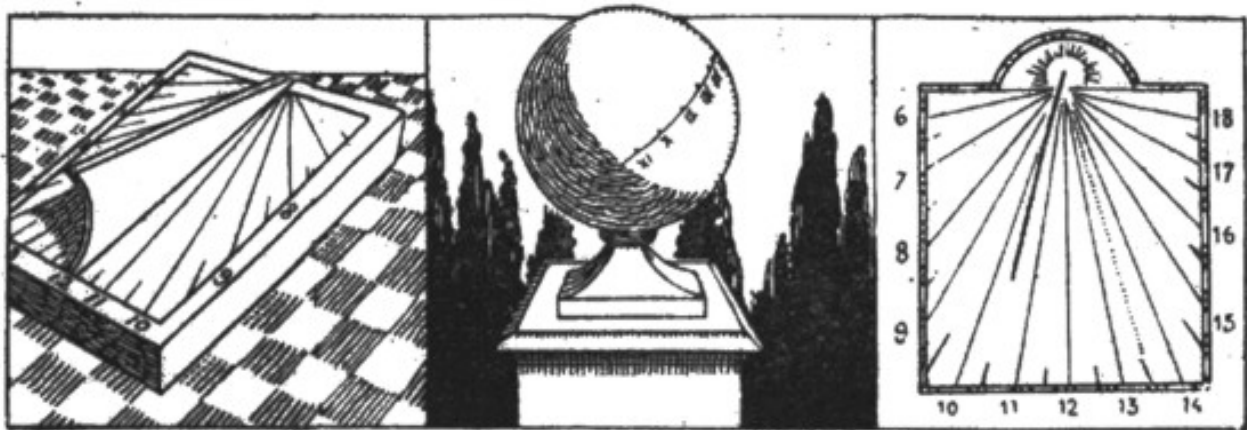


Figura 727 y 728

856. He aquí otra forma práctica del mismo aparato (fig. 728). Un vaso cilíndrico de cristal incoloro se cerrará mediante un disco de cartón perfectamente ajustado y atravesado centralmente por una aguja de acero que ocupe el eje del vaso. Alrededor del mismo vaso se pegará un aro de papel y se dividirá en 24 partes iguales; las líneas divisorias se señalarán así: I, II, III,... XI, XII, XIII,... XXII, XXIII, XXIV. Se colocará el vaso sobre una tabla convenientemente inclinada y situada para que la aguja se halle en el plano meridiano y sea paralela al eje de la Tierra: por consiguiente, el ángulo que la aguja ha de formar con el plano horizontal debe ser igual a la latitud del lugar o sea λ y el ángulo que ha de formar con el mismo plano horizontal la tabla en que el vaso se apoye debe ser igual a $90^\circ - \lambda$. Por ejemplo, siendo la latitud de Gerona de 42° , éste es el ángulo de inclinación de la aguja, y $90^\circ - 42^\circ = 48^\circ$ debe ser el ángulo que la tabla forme con el plano horizontal.

Además hay que orientar la intersección de la tabla con el plano horizontal de manera que se halle en dirección este-oeste, para que la aguja se encuentre en el plano meridiano; por fin se hace girar el vaso hasta que la dirección marcada XII ocupe el punto inferior y venga a hallarse en el mismo plano vertical de la aguja. La hora se leerá en la división del aro en que se proyecte la sombra de la aguja. Claro está que las divisiones I, II, III, IV, XX, XXI, XXII, XXIII y XXIV son inútiles, y pueden suprimirse.

857. El mismo servicio puede prestar una bola o esfera de piedra. Las horas están escritas sobre un círculo paralelo al ecuador de la Tierra, o sea perpendicular al eje del planeta, y las señala el límite de la porción de esfera iluminada (fig. 730).



Figuras 729, 730 y 731

858. En vez de recibir la sombra de la aguja, como se ha dicho en el número 856, sobre las paredes de un vaso, puede recibirse sobre un plano horizontal, en el que se hayan marcado las intersecciones con los planos ideales que en la figura 726 pasaban por un eje común y formaban ángulos de 15° . El paso del Sol por cada uno de estos planos estará indicado por la coincidencia de la sombra de la aguja con la correspondiente intersección marcada sobre el plano horizontal.

Así se comprende la construcción de relojes de sol de plano horizontal, cuyo estilo, inclinado, forma con el horizonte un ángulo igual a la latitud del lugar y dirigido de norte a sur. Es fácil comprender que las líneas horarias marcadas sobre el plano horizontal no forman entre sí ángulos iguales (fig. 729).

Muchas veces se substituye la aguja por una lámina metálica y se atiende a la sombra de su borde, inclinado y orientado como la aguja substituida.

859. Pero ordinariamente los relojes de sol están instalados en paredes verticales (fig. 731). El estilo tiene que ser, como siempre, paralelo al eje de la Tierra: por lo tanto, ha de hallarse orientado de norte a sur y formar con la vertical un ángulo de 90° menos la latitud del lugar. En la pared están marcadas las trazas de los planos horarios uniformemente distribuidos alrededor del estilo (853).

En realidad, un reloj de sol es un gnomon cuyas indicaciones no se limitan a mediodía. Por esto el estudio de la construcción de relojes de sol recibe el nombre de Gnomónica.

Los relojes de sol señalan el tiempo solar verdadero; para tener el tiempo medio deben corregirse sus indicaciones mediante la ecuación de tiempo, y para tener hora oficial o internacional se ha de efectuar la corrección explicada en el número 853.

860. Substituyendo en un reloj de sol las rectas horarias por curvas análogas a las meridianas de tiempo medio (nota del numeral 847) una vez reemplazado el estilo con una varilla rematada por un disco agujereado, se consigue que la imagen solar marque tiempo medio; y aun sometiendo tales curvas a la corrección conveniente, se pueden deformar y correr de modo que se pueda leer sobre el cuadrante solar el tiempo medio oficial de Greenwich. Así han sido construidos los relojes de sol de tiempo medio oficial, de los que existen algunos ejemplares en Cataluña, mereciendo entre ellos especial mención el bellissimo reloj de Mas Molins, en Viladrau, calculado por el padre Pericas, del Observatorio del Ebro.

861. Algunos pastores de los Pirineos usan un reloj de sol sumamente notable, cuya descripción nos ha sido remitida por el Dr. Font-seré. Está constituido por un canuto de madera (a veces un simple trozo de caña), que se cuelga verticalmente por medio de un hilo que atraviesa un tapón (fig. 732). Algunos aplican este invento a su silbato.

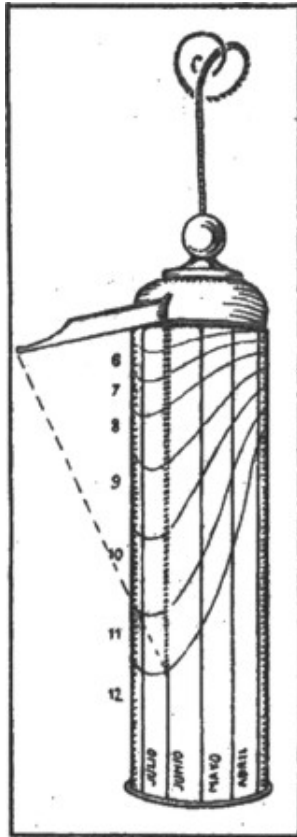


Figura 732

El tapón sostiene un estilete de hierro, que queda horizontal cuando hay que tomar la hora, y que se guarda en el interior del canuto haciéndole girar alrededor de un pasadorcito, cuando no se utiliza el aparato.

Unas rayas a lo largo de las generatrices del cilindro corresponden a los diferentes meses; unas curvas que atraviesan las generatrices corresponden a las diferentes horas del día, que son marcadas por el extremo de la sombra del estilete.

Hoy los relojes de bolsillo a seis y siete pesetas la pieza van desterrando este notable aparato, con detrimento del ingenio, de la poesía pastoril... y de la exactitud de la hora.

El año de luz

862. Un caminante preguntó a Esopo cuántas horas tardaría en llegar a Delfos. Esopo no contestó. Al insistir el caminante en su pregunta, Esopo le dijo: «anda». Creyendo habérselas

con un imbécil, el caminante prosiguió su ruta; mas en cuanto hubo andado cierto trecho, ¡Oye! — le gritó Esopo - a este paso tardarás dos horas.

Es en efecto un mal sistema de medir distancias es señalar el tiempo necesario para recorrerlas, sobre todo si se refiere el tiempo al paso del hombre, ya que la velocidad de los caminantes no es constante ni mucho menos.

Pero el mismo sistema ya es admisible cuando se refiere a un móvil que avanza con más constante velocidad que el hombre. Por ejemplo, el tren; aunque conviene expresar si se trata de un rápido, o un correo, o un mixto. Así puede decirse que la distancia de Barcelona a la frontera francesa es de tres horas y media de tren expreso. De todas maneras, es siempre preferible señalar las distancias en kilómetros.

No obstante, tratándose de distancias astronómicas, el kilómetro resulta ser una unidad extraordinariamente exigua, que conduce a números exorbitantes, y de aquí que los astrónomos se hayan visto precisados a establecer una unidad de longitud muchísimo mayor que el kilómetro, o acudir a la expresión de las distancias por el

tiempo necesario para recorrerlas, .aceptando el sistema que, por lo visto, ya repugnaba a Esopo.

Contra lo que parecía de esperar, los astrónomos se han decidido por este último sistema ¡tan antiguo y desacreditado! El fundamento de la elección ha sido la existencia, en los espacios, de un móvil que los surca en línea recta con una velocidad de constancia no soñada por Esopo para su caminante, ni por las compañías ferroviarias para sus trenes. Ese móvil es la luz.

Por segundo recorre la luz un trayecto rectilíneo de 300 000 kilómetros. Distar un astro de otro dos segundos de luz equivale a distar 600 000 kilómetros; distar una hora de luz equivale a $360^\circ \times 300000$ kilómetros; un año de luz equivale a $3\ 600 \times 24 \times 365 \times 300\ 000$, o sea a 9 460 800 000 000 de kilómetros. De análoga manera la hora de tren vale aproximadamente 50 kilómetros.

Esa unidad, el año de luz, es la más cómoda para la mayor parte de distancias estelares, pues si bien la Luna dista de la Tierra sólo un segundo de luz, y el Sol dista de la Tierra 8 minutos y 20 segundos de luz y los planetas del sistema solar están a distancias casi del mismo orden, en cuanto se trata de estrellas fijas se encuentran siempre distancias de algunos años de luz. Así, una de las estrellas más próximas a la Tierra, a de la constelación del Centauro, dista de nosotros $4\frac{1}{2}$ años de luz; Vega, de La Lira, 13 años de luz; Sirio, del Perro mayor, 22; La Polar, 30 años de luz.

Se admite que la Tierra se halla situada aproximadamente en el centro del enorme montón de estrellas formado por la Vía Láctea; y que las estrellas situadas en la periferia de ese montón deben distar de nosotros unos 20 000 años de luz. Decididamente, la luz, que en un segundo recorre una distancia equivalente a siete veces y media la vuelta de la Tierra, resulta ser un correo extremadamente lento para las comunicaciones interestelares.

La Luna miente

863. La mortecina luz de la Luna envuelve el paisaje como en una neblina blanca. Mas esa Luna ¿está en creciente o en menguante?

Luna mendax. Es mentirosa la Luna. Cuando la argentina hoz dibuja en el azul del cielo una C, inicial de crecer, en vez de crecer, decrece; y en cambio, cuando dibuja una D, no decrece, que crece. La Luna miente.

864. He aquí otra manera fácil de conocer la fase por que pasa la Luna: ese astro, tan enigmático, va dibujando en el cielo una x, que es la letra con que se designan las incógnitas, de manera que el cuarto creciente dibuja la primera curva,), y el cuarto menguante dibuja la segunda curva, (, quedando así terminada la equis,)(.

Sellos de correo

865. Por la facilidad de hallarlos, conservarlos y clasificarlos, constituyen los sellos de correo los elementos de las colecciones que están más al alcance de todo el mundo.

No dejan de recomendarse tales colecciones a los jóvenes: las más modestas, como las valiosas, inculcan en el coleccionista un verdadero espíritu de orden, que le servirá, sin darse cuenta, en la vida, para más arduas empresas.

La colección de sellos da motivo además a un excelente repaso de muchos de los conocimientos geográficos aprendidos en la escuela; y si se saben examinar con atención, esas menudas estampillas dan interesantes noticias acerca de la fauna y de la flora, de las costumbres, de los accidentes geográficos y geológicos de los diversos países. Baste recordar que el sello de Nicaragua, que representa un volcán en erupción, constituyó uno de los argumentos con que se hizo presión sobre el senado yanqui para decidirle por la apertura del canal interoceánico de Panamá, en vez del de Nicaragua.

Hay que tener presente que en las colecciones de sellos no son indispensables los ejemplares raros y costosos: una colección modestísima en manos de un muchacho aplicado será más pródiga en enseñanzas que otra riquísima en manos de un distraído. Además, comenzar a preocuparse demasiado por el aumento de la colección en número y en calidad es un mal síntoma, pues marca el principio de una monomanía que quizá convenga extirpar de raíz.

Mientras nieva...

865. Recíbanse algunos copos de nieve sobre un trapo negro, e inmediatamente después, obsérvense a través de una lente de aumento: veránse aparecer variadísimos agrupamientos de cristales de hielo, formando caprichosas estrellas de seis rayos.



Figuras 733, 734 y 735



Figuras 736, 747 y 738

Las figuras 733 a 738 representan algunas de las formas que pueden distinguirse; pero un observador atento las descubrirá en la nieve en número y variedad extraordinarios.

Días serenos

867. Abundan los días serenos, y en nuestras latitudes más que los nublados: pero ¿y los días enteramente serenos, es decir, los que transcurren sin que la más leve bruma o nubecilla enturbie el azul del firmamento? Son tan escasos, que han dado origen a la siguiente relación popular, que recogió en las montañas de Berga don J. de Espona.

A un pastor le propuso el amo substituir el mezquino sueldo fijo por la entrega de una onza de oro cada día que transcurriera completamente despejado. El pastor aceptó con regocijo, creyendo hacer un magnífico negocio, pero no tardó en convencerse de que había perdido mucho en el cambio, porque ni aun en los días más claros dejaba de aparecer en el firmamento alguna mancha, en perjuicio del pastorcillo burlado.

Piedras, minerales y fósiles

868. En los desmontes de carreteras y vías férreas, en los acopios de grava de los caminos, al pie de las canteras, se pueden recoger ejemplares de diversas piedras para constituir la base de futuras colecciones más extensas y ordenadas. Asimismo al visitar minas, ha de procurar todo joven estudioso recoger diversas muestras de los minerales. Y tanto al elegir las piedras como los minerales, separará con especial cuidado los fósiles (animales o vegetales petrificados) o las huellas de los mismos. Pero nunca debe olvidarse de señalar con etiqueta sobre cada muestra el lugar y la fecha del hallazgo, datos sin los cuales los ejemplares carecen casi de todo valor en las colecciones.

Presta mucho servicio, en las excursiones que se emprendan para recoger piedras, minerales, etc., llevarse algún martillo.

El herbario

869. Uno de los más amenos e instructivos entretenimientos en el campo, durante las excursiones, es la recolección de ejemplares de diversas plantas, para la formación de herbarios. Pero no podemos tratar aquí de la descripción minuciosa del procedimiento de preparación, ni de los métodos de clasificación, que corresponden a obras especiales de Botánica.

En el *Recetario doméstico* de Ghersi y Castoldi se hallarán útiles indicaciones para la preparación y conservación de los herbarios.

Preparación de algas

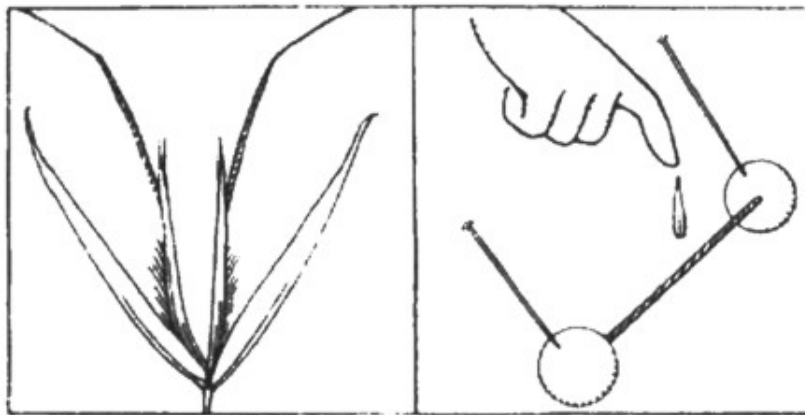
870. En las orillas del mar pueden recogerse curiosos ejemplares de algas, a veces hermosamente coloreados, arrojados por las olas. Los ejemplares de pequeño

tamaño se pueden conservar pegados en tarjetas de cartón; para este fin se procede de la siguiente manera.

Perfectamente lavado el ejemplar, primero con agua de mar y después varias veces con agua dulce, dejándolo en ella algún tiempo en reposo para purgarlo de todo vestigio de sal, que impediría después la desecación completa, se pasa a una palangana o cubeta, con agua, en la que se introduce también la tarjeta de cartulina, levantándola cuidadosamente para que sobre ella se extienda el alga. Para esa operación es muy útil el empleo de un pincel fino. Separada la tarjeta del baño, se deja secar lentamente, y así queda el alga bien adherida a la cartulina merced a una substancia mucilaginosa que aquélla contiene.

Higroscopio de avena

871. Algunas gramíneas del género *Avena* (especialmente las especies *Avena sterilis* y *Avena fatua*) presentan en el dorso de sus glumelas unas aristas acodadas, cuya porción más gruesa, naturalmente retorcida sobre su eje al secarse, se destuerce cuando se moja (figura 739).



Figuras 739 y 740

Aun sin llegar a mojarla, según se halle en ambiente más o menos húmedo, aumenta o disminuye de torsión; por esto cabe aplicar una de estas aristas a la construcción de un sencillo higroscopio, pegando por el pie el tallo de la arista, con un poco de cera, a una hoja de cartón que lleve dibujado un arco graduado, sobre el cual sirve de índice la punta fina y acodada de la misma arista.

El aparatito así construido puede marcar la humedad de la atmósfera con tanta exactitud como los higrómetros de cabello.

872. El notable poder higroscópico de la arista de avena se aplica a la construcción de un sencillo juguete. Córtase la porción retorcida de una arista y se provee en sus extremos de bolas de cera en las cuales se clavan sendas agujas en dirección perpendicular a la arista (fig. 740).

Abandonada ésta sobre la mesa y mojándola con una gota de agua, el artefacto, como dotado de vida, se mueve, se levanta sobre las cabezas de las agujas, corre por la mesa, porque la arista, destorciéndose, hace girar las agujas, y este giro determina los más curiosos movimientos del conjunto.

La carlina

873. En los Alpes, en los Pirineos, en la alta montaña catalana, crece una modesta planta, la *Carlina acaulis*, cuyas flores doradas, semejantes a girasoles, se abren a ras del suelo.

Es, como el girasol, muy amiga del sol esa flor: con la humedad se cierra; con los rayos del sol se abre enteramente.

Y aun cortada, y aun llevada a la ciudad, atada a la barandilla del balcón o clavada al marco de la ventana, conserva durante meses y meses su heliofilia, comportándose como un higrómetro y anunciando el tiempo: al fin y al cabo sus anuncios tienen el mismo valor que los de los higrómetros artificiales, más lujosos, pero indudablemente menos bellos.

El sueño de las plantas

874. El jardín está lleno de maravillas. Lo maravilloso nos rodea, pudo decir Tyndall, y sólo de tanto estar en su contacto no le prestamos atención; pero en cuanto hacemos el más ligero esfuerzo para descubrirlo, el espectáculo de lo maravilloso nos invade.

El jardín está lleno de maravillas: atended, por ejemplo, a estas corolas de dondiegos que se mantienen cerradas durante el día y sólo se abren al ponerse el

sol. Fijaos en esos hermosos girasoles, que van siguiendo el movimiento del disco solar.

Pero entre los cambios que la llegada de la noche determina en las plantas, es quizá el más notable el que ocurre en las hojas compuestas de las mimosas y de las acacias (*Robinia pseudoacacia*): observad durante el día la disposición de las hojuelas de sus bellas hojas compuestas y repetid la observación una vez entrada la noche.

En el campo, ciertas especies de trébol (*Trifolium repens*) presentan también las hojas diversamente dispuestas durante la noche: en vez de aparecer las tres hojuelas en la forma de todos conocida, se hallan las dos hojuelas laterales aplicadas una contra otra y la hojuela central caída sobre ellas, como formándoles un tejado protector.

La sensitiva

875. Es una de las plantas sobre las cuales se pueden efectuar más notables observaciones, pero es relativamente poco común en nuestros jardines.

La sensitiva o Mimosa pudica está dotada de una sensibilidad exquisita en sus hojuelas y en sus peciolos, que al más ligero golpe o contacto se doblan y quedan suspendidas como si en ellas se hubiera extinguido la vida. Pero al cabo de algún tiempo las hojuelas vuelven a expansionarse y la planta a recobrar su aspecto primitivo.

No deja de prestarse a instructivos y amenos experimentos el estudio de la acción del frío y del calor y de los rayos directos del sol sobre esta planta; los efectos de los anestésicos, los de las sustancias cáusticas, etc.

Botellas revestidas de césped

876. Para cubrir de tupido césped un jarro, una botella u otra vasija cualquiera, se cubre (le fieltro o de tejido grueso, perfectamente ajustado, del cual se levanta el pelo con una espiga de cardencha. Mójase y siémbrese el tejido con granos de roqueta o ruca (*Eruta sativa*) o de berro alenense o mastuerzo hortense (*Lepidium sativum*) y se deja la vasija en un plato lleno de agua para que el tejido no llegue a

secarse. Las semillas no tardan en germinar y la vasija queda pronto revestida de una tupida capa verde.

Sin embargo, pronto la vegetación avanza demasiado, apareciendo desigualdades que dejan de acomodarse a la forma deseada para el conjunto.

A caza de mariposas

877. La manga de gasa (fig. 741) sostenida por un palo es el arma de que se valen los niños para correr a caza de mariposas, y es la que usa también el entomólogo (el que estudia los insectos) para sus fines científicos.

Sin embargo, con frecuencia las mariposas así cazadas quedan con las alas o antenas estropeadas, y no sirven para las colecciones.

La mejor manera de obtener mariposas en perfecto estado de conservación es ir a caza de orugas. Estas se colocan en una caja con tapa de tela metálica y se alimentan con hojas de la misma clase que les sirvan de alimento en el

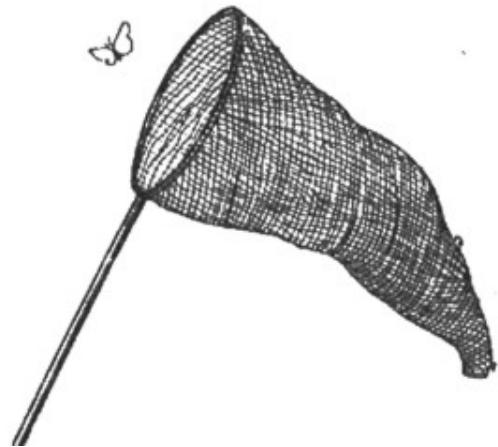


Figura 741

campo o en el huerto. Si se encuentra demasiado molesto ir todos los días a buscar nuevas hojas para renovar las de la caja, se conservará una provisión de ellas en un bote metálico o de cristal, bien cerrado. De ninguna manera deben darse a las orugas hojas que se hayan conservado teniendo los tallos sumergidos en el agua.

En la misma caja se pondrán algunos cucuruchos de papel, pues ciertas orugas, para convertirse en crisálidas, se introducen en ellos. Otras se fijan en las paredes y otras se cuelgan del techo de la caja. Durante su fase de crisálidas debe procurarse no molestarlas, ni mover la caja. Al cabo de un número variable de días, la crisálida se convierte en insecto perfecto o mariposa.

878. Para matar la mariposa basta apretarle el tórax con unas pinzas. Entonces se clavan en una placa de corcho o de pita mediante un alfiler largo y delgado con el que se atraviesa centralmente el tórax. En seguida se extienden cuidadosamente las alas, fijándolas en la placa con tiras de papel sujetas con alfileres. Así se tiene el

insecto hasta que se seque, y entonces puede guardarse en las cajas de colección, que tienen el fondo de corcho y la tapa de cristal, y en cuyo interior se ponen unas bolas de naftalina para asegurar la conservación.

879. El aficionado a la Entomología no se limita a coleccionar mariposas, sino que busca insectos y animales semejantes en todos los sitios en que es algo probable encontrarlos: debajo de las piedras, en la corteza de los árboles, entre la hojarasca, hasta bajo las deyecciones de bueyes y vacas.

Para la caza de escarabajos irá provisto de pinzas; necesitará que éstas sean robustas, y las manejará con cuidado cuando trate de aprisionar escorpiones, escolopendras y arañas.

Muchos de esos animales se conservan sin inconveniente sujetándolos con el alfiler, sin más preparación; pero otros, como ciertos ortópteros de abdomen muy voluminoso y blando, necesitan una preparación especial, que consiste en practicar con las tijeras una incisión longitudinal en el abdomen, extraer las vísceras y reemplazarlas con un poco de algodón fenicado o empapado en esencia de trementina. Más delicada es todavía la preparación de orugas para las colecciones.

Pero la caza de insectos distintos de las mariposas, y esas preparaciones especiales, no son agradables a todo el mundo.

El acuario

880. Con una gran campana de cristal, en un rincón del jardín, puede prepararse un acuario, que será todo un mundo para los animales y vegetales que en él se instalen.

Dispuesta la campana boca arriba y afirmándola, por ejemplo, introduciendo su base redonda en una maceta, llénase su fondo de arena y guijarros, agrégase agua hasta poco más de la mitad, y así queda arreglada la acuática habitación.

Para poblarla, habrá que andar a caza de huéspedes. Una red como la de cazar mariposas, pero más resistente, nos servirá muchísimo: introducida en una balsa o estanque, la arrastraremos por el fondo y la levantaremos súbitamente. Aparecerá llena de cieno... pero un cieno pobladísimo: extraños coleópteros (escarabajos), ágiles tritones, cabezudos renacuajos, ranas, larvas, fisas y limneas, quizá algún

crustáceo... Todo lo que se pueda se pasará en el acto a un frasco de cristal y se llevará al acuario.

881. Pero así no estaría completo el microcosmos. La respiración de tanto animal consumiría pronto todo el oxígeno disuelto en el agua del acuario, y la cargaría de gas carbónico: los animales perecerían, salvo que nos quisiéramos tomar periódicamente la molestia de mudar el agua.

Otra cosa será si también en el microcosmos hacernos figurar el reino vegetal. En el mismo estanque o balsa podemos haber recogido unos juncos, unas cañas, anea, algas, quizá también las verdes lentejas de agua; y cuando en el acuario existan animales y vegetales, se cerrará en él el ciclo del carbono, pues a medida que los animales, respirando, conviertan el oxígeno en gas carbónico, los vegetales verdes, asimilando, convertirán el gas carbónico en oxígeno. Así convivirán animales y plantas prestándose mutuo auxilio, reproduciendo en pequeña escala lo que ocurre fuera de su estrecha prisión

No tan en armonía convivirán las distintas especies animales: entre unos y otros individuos estallarán terribles luchas, cuyo término será devorar el vencedor al vencido.

En la superficie del agua del acuario, se dejará flotar un trozo de corcho sobre el cual tomarán el sol de vez en cuando las ranas, en espera de que el paso de una mosca les depara un succulento bocado; y aceptarán gozosas que nos tomemos por ellas la molestia de cazarles las moscas y servírselas².

El olfato del caracol

882. ¿Tiene olfato el caracol? Los hortelanos creen que sí. Pero hace algunos años, el profesor Yung, de Ginebra, estudió experimentalmente y con mucha sencillez la cuestión.

Distribuyó una docena de caracoles hambrientos en una circunferencia cuyo centro estaba ocupado por una col, o un melón, o una manzana, o unas fresas, etc., y observó al cabo de algún tiempo la situación de los caracoles: claro está que de

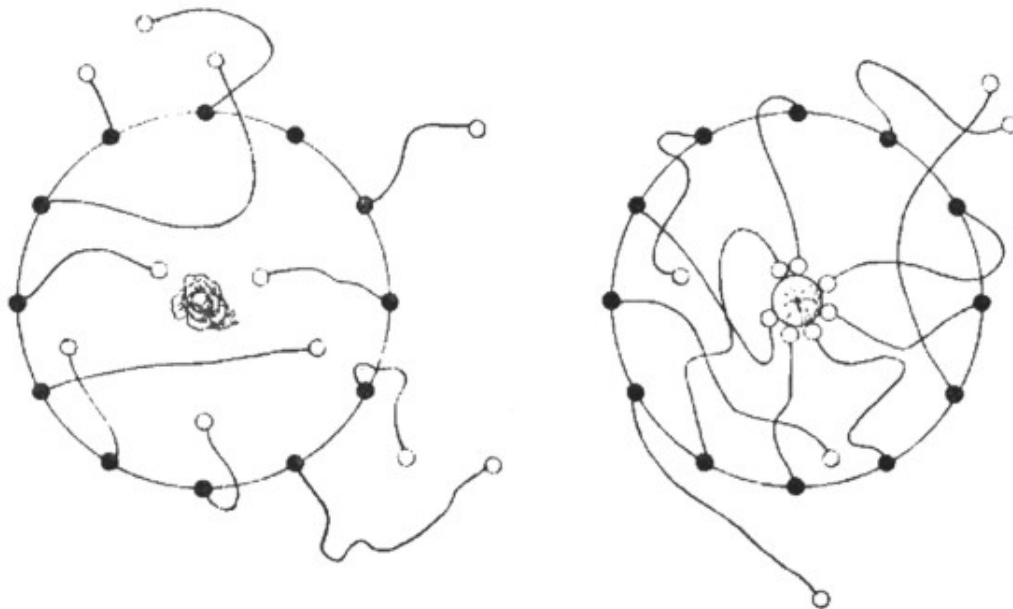
² La descripción de artísticos acuarios e instrucciones para su cuidado, se hallarán en el Recetario doméstico ya citado.

poseer éstos buen olfato, debieran haberse hallado todos o la mayor parte sobre el apetitoso manjar comprendido en el círculo.

Cuando el resultado era negativo, el profesor Yung volvía a situar los caracoles sobre un círculo de radio menor que el anterior y repetía la observación; y así continuaba, hasta dar con el radio o distancia conveniente para que los caracoles advirtieran la proximidad del alimento que se les ofrecía.

Así halló Yung que la col es advertida por el caracol a una distancia de 15 a 20 cm, la lechuga a 5 ó 6 cm, la manzana a 2 cm, la patata a 1 ó 2 cm, y la fresa, a pesar de su notable olor, también a 2 cm; en cambio el melón lo perciben en muchos casos hasta a 50 cm.

Para quien tenga interés en repetir estos notables experimentos, señalaremos la conveniencia de disponer los caracoles sobre un suelo liso y humedecido.



Figuras 742 y 743

Como ejemplo de los resultados obtenidos por Yung, y para que el lector los pueda comparar con los que él obtenga, se han representado en la figura 742 los caminos seguidos en una hora por los doce caracoles distribuidos, en ayunas, sobre una circunferencia de 30 cm de radio alrededor de una col; y en la figura 743 los caminos seguidos por otros doce caracoles, distribuidos sobre una circunferencia de 50 cm de radio alrededor de un melón.

Estos experimentos prueban de un modo evidente que si los caracoles tienen olfato, lo tienen bastante obtuso.

LIBRO TERCERO
Trabajos de habilidad y paciencia

CAPÍTULO 1

Dibujos, fotografías y reproducciones análogas Plantillas de dibujo

884. Conocidas son las plantillas de curvas usadas por los dibujantes para el trazado de curvas no circulares. Fácil es construir plantillas semejantes, recortándolas sobre una hoja de cartulina fuerte, o mejor sobre una plancha de celuloide. También se podría emplear una lámina delgada de cobre, latón, aluminio o zinc, pero es más difícil cortarlas regularmente (figura 744).



Figura 744

885. Cuando se ha de proceder repetidamente al dibujo del perfil de un objeto, como le sucede a un estudiante de química que tiene que repetir muchas veces en sus apuntes el dibujo de un matraz, de un vaso, de un embudo, etc., es muy cómodo tener recortado en cartulina dicho perfil, para usarlo como plantilla.

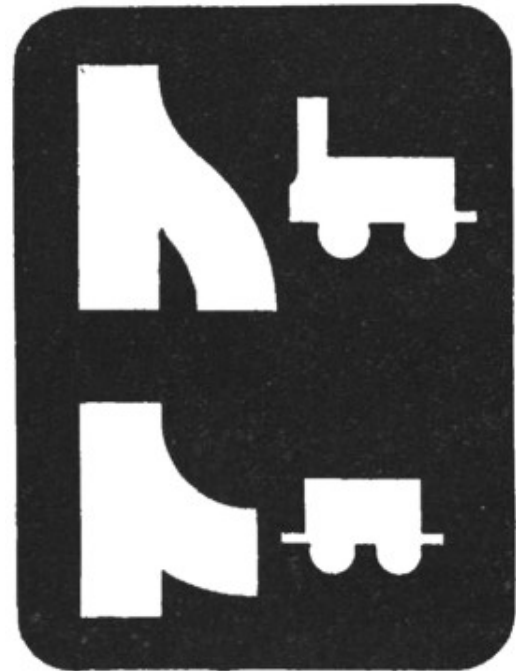


Figura 745

Como ejemplo reproducimos en la figura 745 una plantilla muy práctica para la resolución de los problemas de cruce de trenes de que se habló en los números 44 y 45.

886. Son muy notables, por la regularidad 'de los dibujos que permiten trazar, unas plantillas circulares, fáciles de hacer con una hoja de cartulina, y bautizadas, quizá demasiado enfáticamente, con el nombre de siderógrafos (palabra que significa dibuja-estrellas). La que aquí se describe (fig. 746) ha sido considerablemente perfeccionada por el artista señor Alsina Munné.

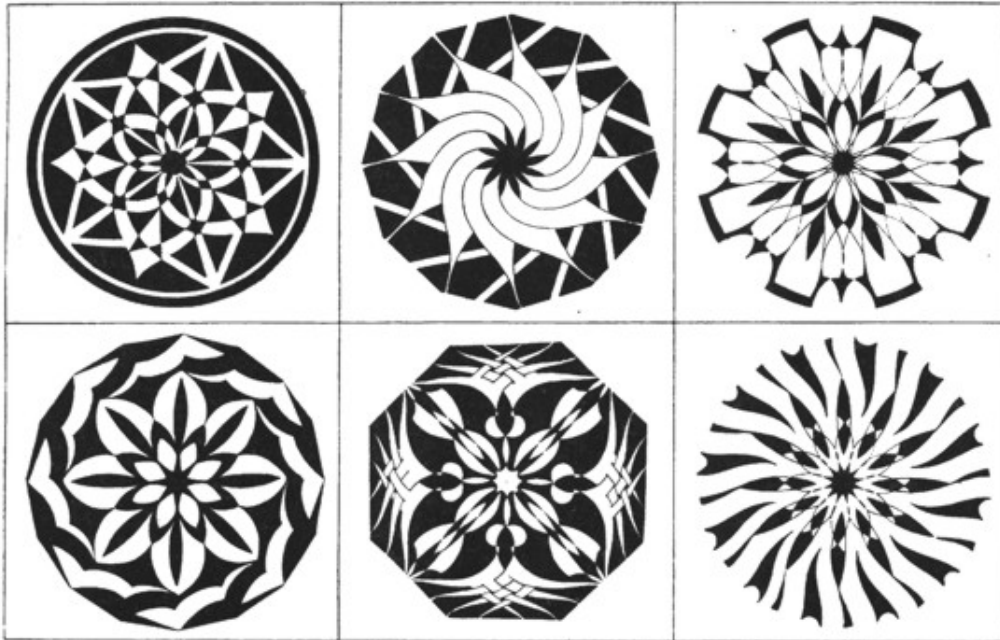


Figura 746

Esta plantilla se usa atravesando su centro con un alfiler clavado en el papel de dibujo, y haciéndola girar, cuando conviene, alrededor del eje representado por el alfiler.

La plantilla está provista, de aberturas de diversas formas y tamaños, diversamente distribuidas. Aplicando la punta de un lápiz a un ángulo de cualquier abertura y dando vuelta a la plantilla, el lápiz dibujará una circunferencia.

Pero lo más importante del aparato son las muescas practicadas en el borde, que distan de la marcada con un cero, $1/3$, $1/4$, $1/5$... $1/20$ de circunferencia; guiándose por ellas se puede dar a la plantilla $1/3$, $1/4$, $1/5$... $1/20$ de vuelta.



Figuras 747, 748, 749, 750, 751 y 752

Atendiendo, por ejemplo, a la muesca marcada con un 6, correspondiente a $1/6$ de vuelta, iremos haciendo girar la plantilla por sextos de vuelta, y cada vez que la hayamos girado $1/6$, repetiremos el dibujo de una o varias de las aberturas de la plantilla, con lo que conseguiremos repetir el mismo dibujo seis veces, y con exacta repartición alrededor del círculo.

Cambiando la muesca elegida para los giros de la plantilla, obtendremos combinaciones de dibujos repetidos simétricamente tres veces, cuatro veces... veinte veces.

Las figuras 747 a 752 representan algunos hermosos dibujos obtenidos con este sencillo aparato. Al lector toca ensayar la obtención de otras bellas formas estelares.

887. Al propio señor Alsina Munné es también debida la plantilla circular representada en la figura 753, de uso exactamente igual al de la anterior, pero que

de ella se distingue porque sus aberturas están formadas sólo por rectas diversamente orientadas.

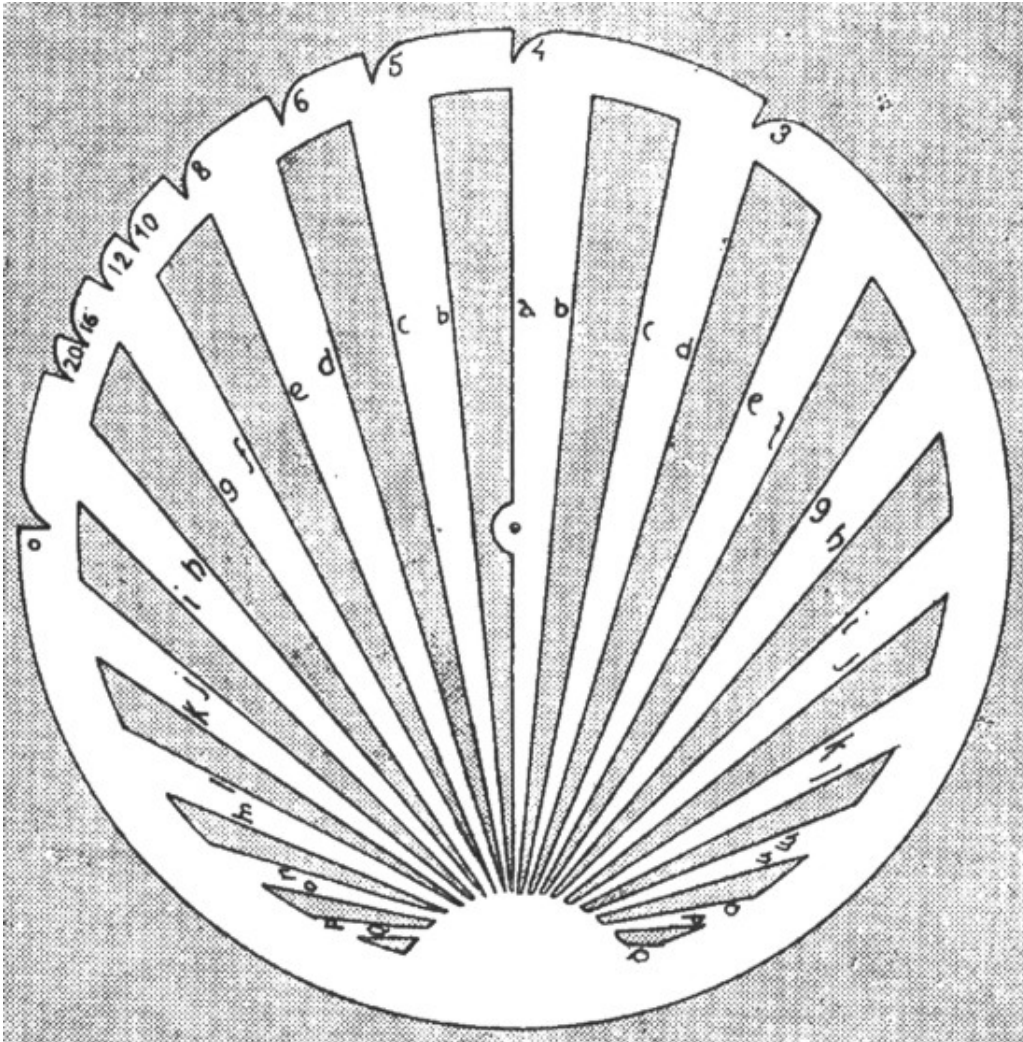


Figura 753

Con ella se han obtenido los dibujos de las figuras 754 y 755, además, el buen gusto del lector que ensaye este sencillo procedimiento le permitirá seguramente obtener nuevas, caprichosas y sorprendentes combinaciones.

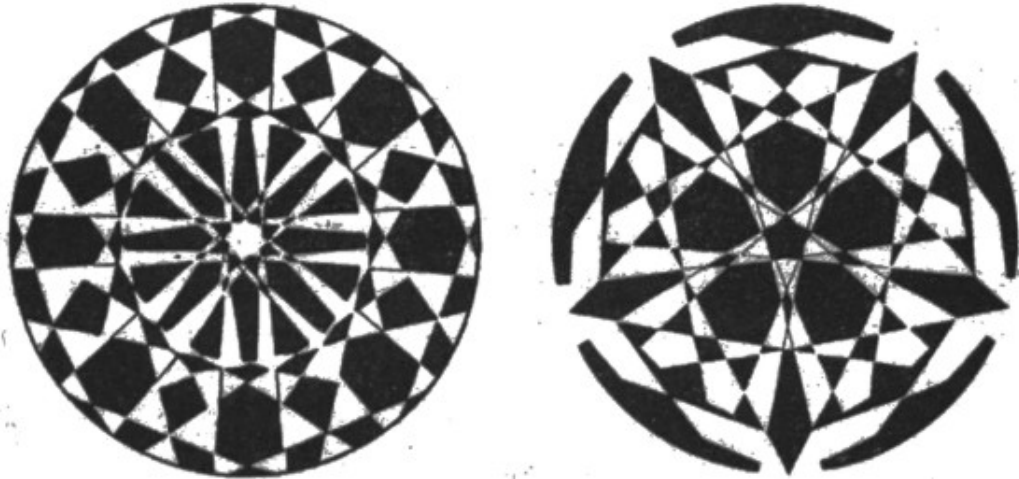


Figura 754 y 755

Fijación de los dibujos al carbón

888. Los dibujos al carbón no resisten el contacto con los dedos ni el roce de otros objetos. Del mismo inconveniente, aunque en menor grado, adolecen los dibujos a lápiz.

Para darles solidez es preciso barnizarlos. Pero no se les puede aplicar el barniz mediante un pincel, cuyo roce los deterioraría; por esto se emplea un pulverizador (367) con el cual el barniz, finísimamente dividido, es proyectado sobre el dibujo.

He aquí la composición de un buen barniz fijador:

Goma laca blanca	1 parte
Alcohol de 90°	5 partes

Otras interesantes recetas se hallarán en el Recetario de droguería, de Buchheister y Ottersbach.

Decoración de bujías

889. En la superficie cilíndrica de una bujía de estearina se puede calcar fácilmente un impreso, grabados inclusive.

Para realizar el experimento se utilizará preferentemente un impreso reciente en papel delgado.

Arrollando el papel alrededor de la bujía de manera que se aplique a la superficie de estearina la cara que se desee calcar, se calienta ligeramente el papel por la cara exterior mediante la llama de una cerilla. Al separar el papel se hallará impresa la bujía.

El velógrafo

890. Sirve este aparato para obtener rápidamente numerosas copias de un escrito. Consiste el velógrafo, llamado también hectógrafo o polígrafo, en una placa gelatinosa, sobre la cual se aplica la hoja, escrita con tinta especial, que se trate de reproducir. La placa de gelatina absorbe la tinta y queda sobre ella la impronta de lo que estaba escrito en el papel; aplicando sobre la placa hojas de papel blanco y pasando por ellas la mano o un rodillo para asegurar el contacto del papel con la gelatina, queda el escrito reproducido en el papel, y así pueden llegar a obtenerse cuarenta o cincuenta copias. Exagerando su número, resultarían copias muy defectuosas.

Manera de Preparar la placa gelatinosa. Caliéntense en una cacerola 100 g de gelatina o cola de pescado, 400 de glicerina y 200 de agua, removiendo sin cesar para impedir que la gelatina antes de fundirse se adhiera al fondo. Lograda la fusión, retírese la cacerola del fuego y prosígase agitando hasta que la masa se espese: viértase entonces en una cubeta de zinc, de dimensiones proporcionadas a las de las hojas de papel con que se desee trabajar y de unos 3 cm de profundidad. Cuando en la placa de gelatina se desee substituir un escrito por otro, se lavará superficialmente con una esponja empapada en agua.

Otra fórmula. Gelatina, 1 parte; dextrina, 1 parte; glicerina, 10 partes. Se opera como con la fórmula anterior. Con esta masa gelatinosa es más fácil borrar con la esponja.

Modificación. Las placas gelatinosas preparadas según las fórmulas anteriores, son demasiado translúcidas y no permiten ver detalladamente los trazos de tinta retenidos por ellas; para darles opacidad y color blanco conviene añadirles durante la fusión un polvo mineral blanco muy fino, por ejemplo caolín o sulfato de barita.

Otra fórmula. Gelatina, 200 g; agua, 1 litro; alumbre de cromo, 3 g; glicerina, 50 g.

Composición de la tinta. Si se desea de color violeta, se disolverá en 3 partes de agua, una parte de violeta de París. Aunque un poco más complicada, es mejor esta fórmula: Agua, 7 partes; alcohol 1 parte; violeta de París, 1 parte.

Si se desea de color rojo, se empleará esta fórmula: Agua, 7 partes; alcohol, 1 parte; acetato de rosanilina, 2 partes.

Clase de papel. Para el original, deberá usarse un papel que no absorba la tinta; para las copias se empleará papel más absorbente.

El tránsito de la tinta del original a la placa gelatinosa se facilita pasando por el dorso del papel una esponja ligeramente humedecida.

En el *Recetario doméstico* y en el *Recetario de droguería*, tantas veces citados, se encontrarán más pormenores sobre esta materia.

Fotografía

891. El formulario del arte fotográfico es inacabable: reveladores, fijadores, viradores, reforzadores, debilitadores, etc., sensibilización del papel para el tiraje de positivas; sensibilización del papel para reproducción de dibujos en color azul, y transformación de ese color en pardo, negro, etc.; obtención de positivas sobre papel ordinario, cristal, porcelana, seda, madera, etc.; substancias accesorias empleadas en fotografía, como másticos, colas, cementos, etc., etc. No cabe todo ello en este libro, y a quien le interese recomendamos el excelente Recetario fotográfico, de Sassi. Y en cuanto se refiere al arte fotográfico, nada mejor que un tratado especialista, como la obra selectísima de Muffone, *La fotografía, guía y delicia* de millares de aficionados; y para los principiantes, recomendamos especialmente el *A B C de la fotografía*, de Sassi.

En este libro describiremos solamente algunas operaciones fotográficas que tienen carácter de diversiones o de paradojas.

892. *Desigual acción fotográfica de los diversos colores.* La acción química que los rayos de luz ejercen sobre la placa fotográfica es más o menos intensa según el color de la luz: máxima para el violeta y el azul y mínima para el anaranjado y el rojo: por esto los laboratorios fotográficos se iluminan con luz roja.

De aquí que las fotografías obtenidas partiendo de placas ordinarias no reproduzcan la gradación de tintas del original con tanta exactitud como sus perfiles; claro está que nos referimos a las pruebas positivas, pues suponemos perfectamente enterado al lector de la completa inversión de tintas que presenta el negativo fotográfico.

Así, obteniendo la fotografía de unos girasoles sobre un fondo azul oscuro, a pesar de la luminosidad del color amarillo de las flores, la placa será más impresionada por el azul del fondo, y se obtendrán de ella unas positivas que parecerán negativas.

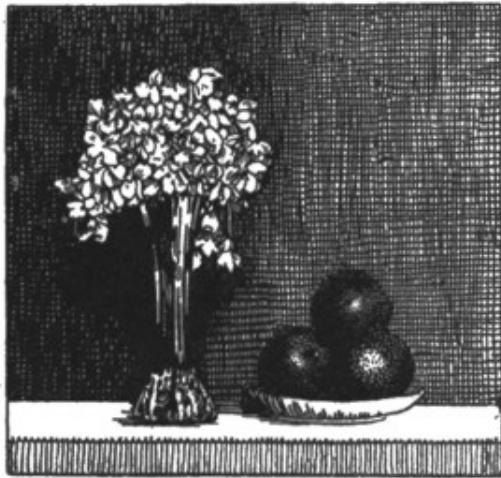


Figura 756

Pero el caso de los girasoles sobre fondo azul es un caso excepcional: ordinariamente el cambio de tintas debido a la desigual sensibilidad de la placa para los diversos colores, no es tan notable. Sin embargo, para obtener buenas fotografías de paisajes, flores, objetos policromos, etc., se debe corregir este defecto, ya anteponiendo al objetivo un cristal plano amarillo, para rebajar la acción de los rayos azules, ya empleando placas

ortocromáticas, que han sido especialmente preparadas para que su sensibilidad fuera la misma para todos los colores.

La figura 756 reproduce la fotografía de un ramo de violetas y un plato con naranjas sobre un fondo verde. A la vista resaltaban las naranjas en claro y las violetas en oscuro sobre el verde del fondo; pero en la fotografía este claro y oscuro aparecen invertidos por haber impresionado más fuertemente la placa el morado oscuro de las violetas que el amarillo rojizo de las naranjas.

893. Las nubes, aun las de deslumbrante blancura, no impresionan con más intensidad la placa que el cielo azul, aparentemente más oscuro que ellas. De aquí que para obtener buenas fotografías de nubes sea preciso el empleo de alguno de los medios citados en el número anterior, con objeto de hacer la placa igualmente sensible a todos los colores. El procedimiento más empleado es el más económico: interposición del filtro amarillo.

894. Pero la placa fotográfica es impresionada también por los rayos llamados ultravioletas, que ya no se pueden llamar de luz porque no impresionan nuestra retina. Para tales rayos el vidrio y el cristal ordinarios son bastante opacos, aunque de todas maneras atraviesen los objetivos en cantidad suficiente para impresionar la placa fotográfica: de aquí que en algunos casos aparezcan en el clisé detalles que no se habían sospechado en el objeto fotografiado, por tratarse precisamente de detalles que no alteraban los rayos de luz procedentes del foco, pero sí los rayos ultravioletas — oscuros para la vista, activos para la placa — procedentes del mismo foco.

Así sucede con algunas pólvoras sin humo, que mejor sería llamar de humo invisible, ya que en las fotografías obtenidas en el momento de la explosión aparece un humo densísimo. Así sucede también con los vestigios de los trazos de tinta que se han borrado de un escrito por procedimientos químicos: la fotografía descubre lo borrado.

895. Una mancha de sulfato de quinina (567) sobre papel blanco es casi invisible a simple vista, y sin embargo, una fotografía del papel obtenida con exposición cortísima, revelaría con claridad la existencia de aquella mancha, por haber impresionado la placa con mayor intensidad que el fondo. También se podría descubrir empleando el papel manchado como negativo para impresionar un papel fotográfico. Escribiendo con la solución de sulfato de quinina empleada como tinta invisible, se tendrá una escritura secreta, que se descubrirá impresionando a través de ella una hoja de papel fotográfico.

896. *Fotografías ocultas.* Han estado muy en boga unas cajitas japonesas de papeles con los cuales se obtenían fotografías de una manera tan sencilla como chocante.

Contenía la caja dos clases de papeles: unos blancos y otros rosa. Bastaba mojar el blanco en agua, superponerle el rosa y prensar con la mano para que al cabo de un minuto, retirando el papel rosa, apareciera en el blanco una hermosa fotografía de una figura o de un paisaje.

Un experimento semejante podemos realizarlo con cualquier prueba fotográfica no virada: bastará sumergirla en un baño de cloruro mercúrico (sublimado corrosivo, ¡muy venenoso!) y un poco de cloruro amónico disuelto en agua, para que vaya palideciendo hasta quedar enteramente blanca. Lavado y secado el papel, podemos hacer reaparecer la antigua imagen con sólo bañarla en solución acuosa de hiposulfito sódico, y lo mismo se logrará con amoníaco diluido.

Composición que elimina la imagen fotográfica:

Agua	100	gramos
Cloruro mercúrico	1	"
Cloruro amónico	0,4	"

Composición del baño que hace reaparecer la imagen:

Agua	100	gramos
Hiposulfito sódico	10	"

Obsérvese la semejanza de esta operación con el experimento descrito en el número 806.

897. *Fotografías de cuerpo entero.* De frente, de perfil, vuelto de espaldas, visto de lado... hasta cinco aspectos distintos de una misma persona se obtienen retratándola entre dos espejos planos que formen entre sí un ángulo de 72° , es decir, igual a la quinta parte de la circunferencia.

Diversión fotográfica, capricho, esnobismo... y algo más, pues la obtención sistemática de fotografías semejantes puede prestar un valioso auxilio a los estudios antropológicos y etnográficos.

898. *Fotografías caricaturescas.* Situado el original muy cerca del objetivo de la cámara obscura y con los pies, por ejemplo, muy echados hacia adelante, se obtendrá un retrato con unos pies enormes. La figura 757, tomada del *Tratado práctico de Perspectiva* por F. T. S., hace comprender la explicación geométrica de

este hecho. Así se puede lograr también que una cara salga con una nariz descomunal, etc.

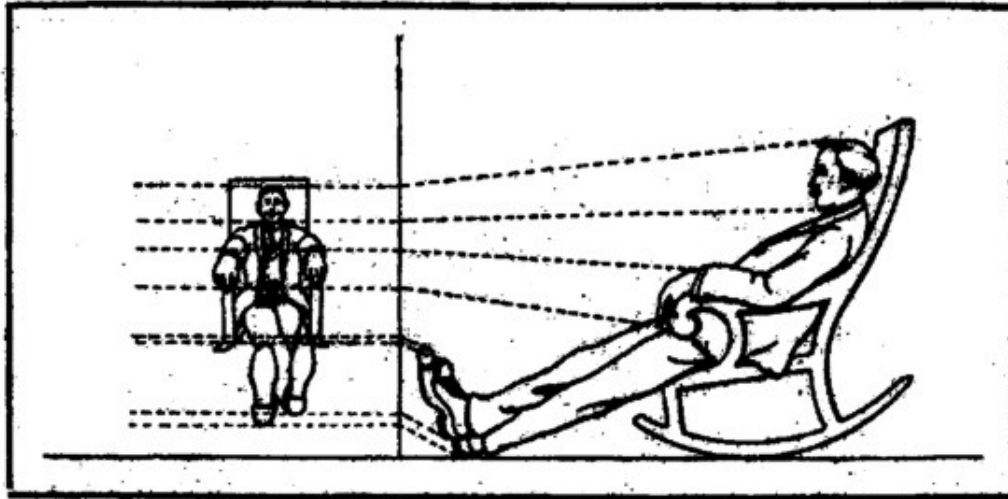


Figura 757

899. Sobre un gran cartón está dibujada una figura de ave, de perro, etc., sin cabeza: precisamente en el lugar que debería ocupar la cabeza tiene el cartón una abertura capaz de dar paso a la cabeza de la persona cuya caricatura fotográfica se va a obtener (fig. 758).

Este procedimiento ha sido últimamente muy divulgado por los fotógrafos ambulantes.



Figura 758

900. De un buen retrato del individuo que se va a caricaturizar se recorta la cabeza, se pega sobre la fotografía o dibujo del cuerpo elegido y se obtiene de éste una nueva fotografía.

901. Si se posee un clisé de un retrato del individuo que se desea caricaturizar, se puede seguir también este procedimiento: prepárese un clisé de asunto caricaturesco, y obténgase de él una positiva, después de haber ocultado con un recorte de papel negro la cabeza que ha de ser substituida por la de la persona a

quien vamos a caricaturizar. En la positiva, esta cabeza quedará en blanco. En el clisé que del individuo poseemos, ocúltese todo, menos su cabeza, con papel negro, y obténgase de él una positiva sobre el mismo papel en que se haya formado la primera y de modo que la cabeza que ahora se impresione ocupe el lugar de la que quedó en blanco.

Es evidente que para proceder así se necesita una prensa fotográfica de tamaño mayor que el clisé, pues sólo por casualidad ocurrirá que ambos clisés hayan de aplicarse en la misma positiva sin sobresalir por ningún lado.

902. *Fotografías extravagantes.* El procedimiento descrito en el número anterior para obtener caricaturas fotográficas puede aplicarse, ligeramente modificado, a la preparación de extravagantes retratos en que un individuo lleve en la mano su cabeza, o la tenga en un plato, sobre la mesa, etc.

Basta retratar una sola vez al individuo, por ejemplo, en actitud de sostener algo en la mano, y con el clisé obtenido impresionar dos veces una misma positiva, primero cubriendo con un papel negro el lugar que la cabeza haya de ocupar en la mano, y después cubriendo el resto y haciendo que la cabeza venga a situarse en el sitio que antes quedó preservado por el papel.

Para retratar a una misma persona en dos posiciones diferentes sobre el mismo clisé, se hace uso de un marco con dos postigos que se coloca dentro de la máquina delante de la placa. Ábrese primero el postigo de la derecha, y al quitar el obturador del objetivo, se impresiona sólo la mitad de la placa con el original en una posición; después se cierra el primer postigo y se abre el segundo para retratar al mismo individuo sobre la otra media placa en la segunda posición. No hay que decir que para que no se descubra el artificio, el marco y los postigos han de estar esmeradamente contruidos, para que ajusten de un modo perfecto.

No es difícil hacer que las dos posiciones tengan alguna relación, y representar, por ejemplo, un individuo que aparezca sosteniendo una silla en la cual esté sentado él mismo; un Jano con dos caras, un hombre con tres manos, etc.

Empleando marcos de mayor número de postigos pueden obtenerse más de dos posiciones del mismo individuo.

903. *Fotografías de espíritus o de visiones.* Esas fotografías de que tanto se ha abusado en tarjetas postales y en el cinematógrafo, se preparan con una sencillez extraordinaria: basta impresionar dos veces la placa: una, estando presentes las personas que desempeñen el papel de espíritus o de visión, con exposición rapidísima; otra, estando aquéllas ausentes, con exposición normal: al revelar aparecerán en el negativo los espíritus o la visión, y a su través, como si se tratase de seres transparentes, se percibirán los contornos de los otros objetos, en virtud de haberse formado su imagen sobre la placa en la segunda exposición.



Figura 759

904. *Tarjetas postales artísticas.* En cualquier comercio de material fotográfico se pueden adquirir tarjetas postales sensibilizadas para la preparación de positivas fotográficas. Si se quiere, puede preparárselas uno mismo sensibilizando la cartulina ordinaria.

Para impresionarlas, falta el clisé; mas el campo, el bosque, el huerto, el jardín, hasta las macetas de la ventana nos los brindan numerosos y delicadísimos. Briznas de hierba, helechos, flores, hojas muy recortadas, elegidas en número muy reducido y agrupadas con cierto gusto sobre la cartulina sensible, servirán para impresionarla valiéndose de una prensa fotográfica ordinaria y exponiéndola a la luz del sol o a la de una lámpara, según se trate de tarjetas de ennegrecimiento directo o al bromuro.

Una vez impresionadas, se procede al revelado o al viraje y demás manipulaciones a que se someten las positivas obtenidas de clisés ordinarios.

Obtiénense así pruebas hermosísimas, cuya preparación, aunque puede tomarse como entretenimiento, no deja de tener interés artístico y científico (figs. 759, 760, 761).

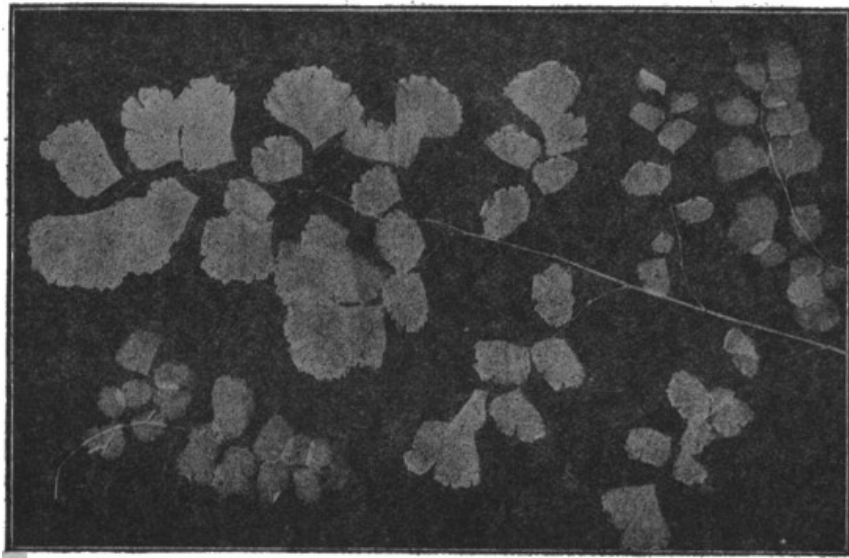


Figura 760

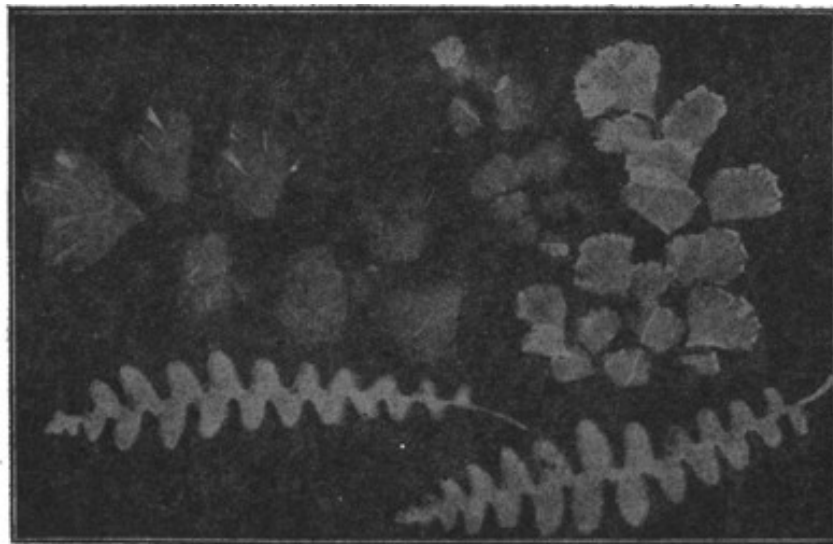


Figura 761

Reproducción de medallas

905. Preparación del molde. Colocada la medalla sobre una superficie plana y lisa, se rodea de una tira de papel que sobresalga bastante, o bien se forma un reborde igualmente saliente con cera o masilla. En la cavidad formada, cuyo fondo está

ocupado por la medalla, se vierte una papilla recién preparada desliendo en agua el polvo finísimo de yeso llamado escayola.

Cuando el yeso, ya fraguado, esté bastante duro, se desprende con facilidad de la medalla, especialmente si ésta se untó previamente con un poco de aceite.

La masa de yeso constituye entonces una impronta de la medalla.

906. Reproducción en yeso. El molde de yeso, ligeramente untado de aceite, se dispone, rodeado de un reborde de papel, en la forma que se ha dicho en el párrafo anterior para la medalla. Con este negativo se repite del mismo modo la operación de verter la papilla de yeso en la cavidad formada.

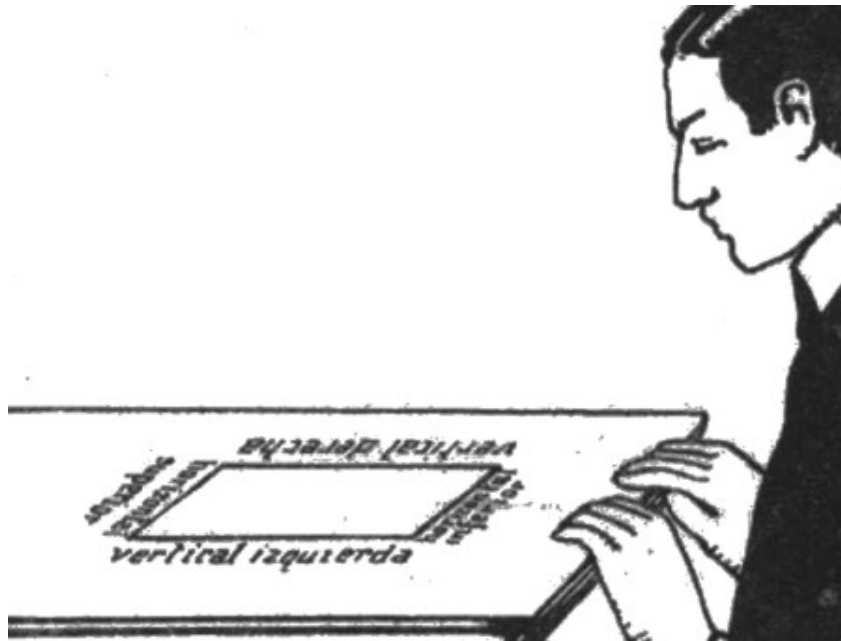


Figura 762

907. Reproducción en azufre. Sobre el molde de yeso seco y no untado, y rodeado de papel, viértese con cuidado azufre fundido en un tubo de ensayo.

Aun es mejor proceder en frío, comprimiendo fuertemente sobre el molde una porción de azufre plástico (762) y separándolo cuando el azufre se haya endurecido.

La reproducción de la medalla en azufre presenta muy hermoso aspecto por resultar amarilla y algo translúcida.

908. *Reproducciones en metal.* Únanse aleaciones metálicas fácilmente fusibles. La mezcla de los metales que constituyan la aleación debe ser perfecta. A este fin, se funden en una cuchara de hierro, y una vez fundidos se vierten gota a gota sobre una placa de mármol. Recógense las gotas una vez solidificadas, se vuelven a fundir en la cuchara, y se vuelve a verter el metal líquido. Esta serie de operaciones se repite tres veces, para asegurar la mezcla íntima de los metales; cada vez que se vierte la mezcla se limpia la cuchara frotándola con papel. También se tendrá la precaución de retirar la cuchara del fuego y verter el metal en cuanto éste quede fundido, para evitar que se empañe la superficie.

Sobre el molde de yeso rodeado de un reborde de papel corno se dice en el número 905, se verterá la aleación recién fundida en la cantidad precisa para formar la medalla.

Para esta operación se emplea una de las siguientes aleaciones.

Aleación de antimonio y plomo:

Antimonio: 15 partes

En su lugar puede emplearse la aleación de tipos de imprenta. Aleación de plomo, estaño y bismuto:

Bismuto: 8 partes

Estaño: 3 partes

909. *Preparación rápida de moldes para reproducciones en escayola.* Colocada la medalla en la mesa, sin bordearla con papel ni otra valla, se aplica a su superficie una hoja lisa de papel de estaño o de aluminio, comprimiéndola con los dedos o con el pañuelo. Así se obtiene sobre el papel metálico una impronta con un reborde formado por el mismo papel, de manera que sobre ella pueda verterse en seguida y sin otra preparación la papilla de escayola.

Para dar más consistencia al molde, se le puede comprimir sobre el modelo con un trozo de cera reblandecida.

Para más pormenores, podrá consultarse con fruto el Recetario doméstico, de Gherzi y Castoldi.

CAPITULO 2

Construcciones de papel

Con un cuadrado de papel...

910. Doblándolo según arte, se obtienen curiosas figuras, que recuerdan más o menos convencionalmente la forma de diversos objetos.

Esas construcciones, que se habían considerado como fútiles entretenimientos propios de niños, han sido rehabilitadas por la moderna Pedagogía y admitidas por consecuencia con todos los honores en la escuela: dan motivo, en efecto, a utilísimos ejercicios de trabajo manual, de función educadora nada despreciable, además de poderse basar en ellas la enseñanza de la Geometría (74).

911. Tan fáciles y agradables son las construcciones de papel doblado, si se aprenden directamente, viéndolas efectuar por manos expertas, como difícil es su descripción, que a menudo se llena de más pliegues y dobleces que el cuadrado de papel con que se trabaja. Para simplificarla en lo posible, se establecen ciertas convenciones previas, que hacen el lenguaje más sencillo, más exacto, más inteligible y más conciso.

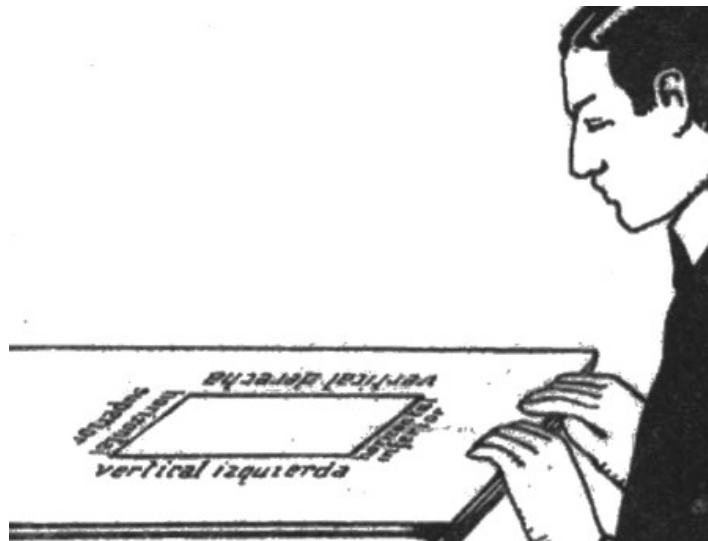


Figura 762

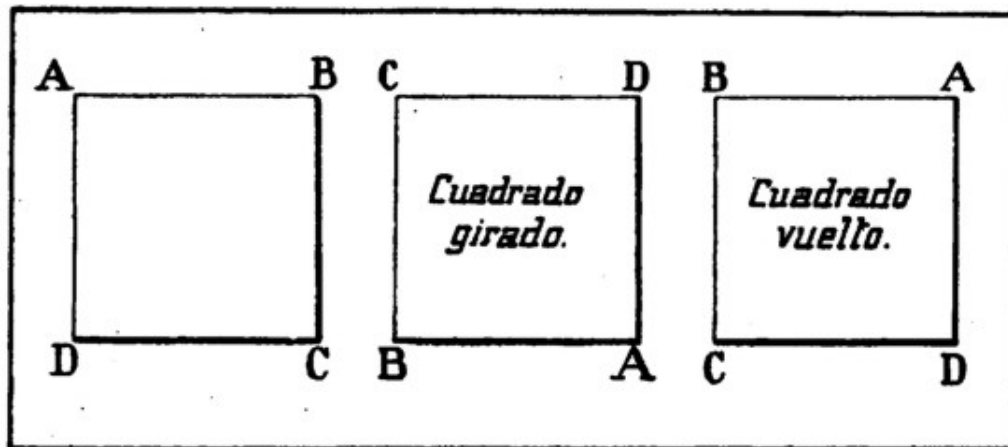
Supondremos (y lo recomendamos) que el lector tiene el cuadrado de papel extendido sobre la mesa frente a la cual está sentado (figura 762).

Los bordes y dobleces paralelos al lado de la mesa ocupado por el lector los llamaremos horizontales; los perpendiculares al mismo lado los llamaremos verticales.

Al borde o vértice inmediato al lector lo llamaremos inferior; al más apartado superior. Derecha e izquierda serán las del lector.

El papel se doblará siempre levantando la porción inferior y rebatiéndola sobre la superior.

Girar el papel significará darle vuelta sin levantarlo de la mesa, es decir, manteniéndolo en contacto con la mesa por la misma cara (figuras 763 y 764).



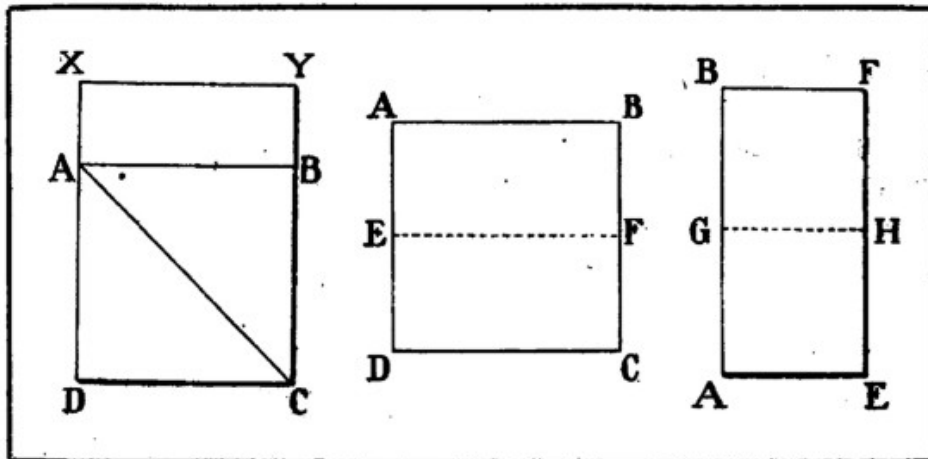
Figuras 763, 764 765

Volver el papel significará cambiar la cara que está en contacto con la mesa (figs. 763 y 765).

Con objeto de facilitar las referencias, todas las construcciones, por sencillas que sean, se designarán por el nombre del objeto cuya forma remeden, más o menos remotamente.

912. Aunque todo papel sirve para el caso, se procurará emplear papel de cartas, blanco. Siendo sus hojas rectangulares, se empezará por obtener de una de ellas el cuadrado.

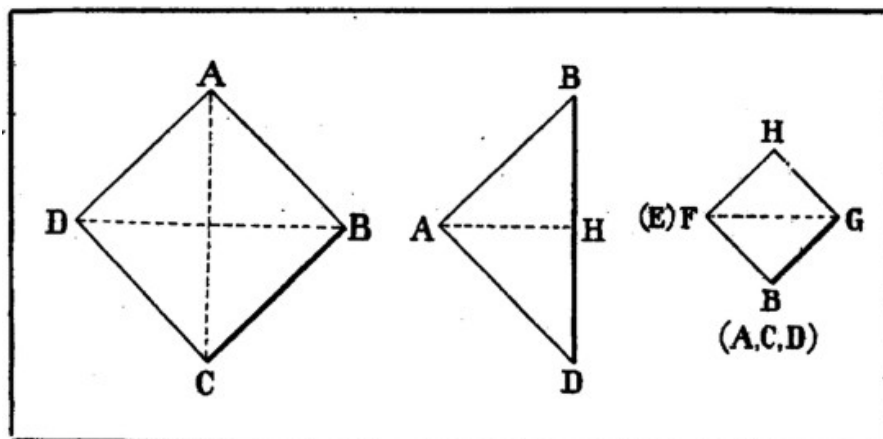
Colocado el papel en la mesa, con los lados cortos horizontales, se aplicará el lado corto inferior sobre uno de los lados largos adyacentes (fig. 766): así DC caerá sobre BC. Se cortará el papel según la recta AB.



Figuras 766, 767 y 768

913. Librito. Colóquese el papel con dos lados horizontales (y dos verticales). Dóblese aplicando el lado inferior sobre el superior (fig. 767), es decir, DC sobre AB: el pliegue estará en EF.

914. Pañuelo. El cuadrado, doblado en librito, se colocará con los lados cortos (AE y BF) horizontales (fig. 768) y se doblará aplicando AE sobre BF. El nuevo pliegue estará en GH.



Figuras 769, 770 y 771

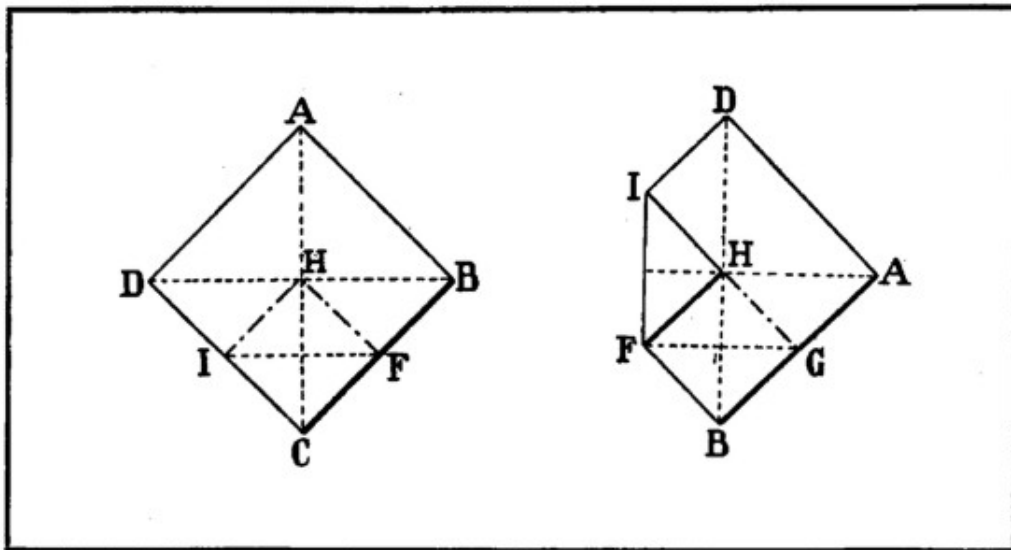
915. Manteleta. Desdóblese el cuadrado y colóquese con una diagonal horizontal y otra vertical (fig. 769). Dóblese aplicando el vértice inferior sobre el superior (C sobre A). El pliegue se formará a lo largo de la diagonal DB.

916. Yelmo. Doblado como manteleta (915) colóquese con la punta D abajo y la B arriba (fig. 770). Pliéguese aplicando D sobre B: el nuevo pliegue se formará en AH.

917. Yelmo pequeño. Doblado el cuadrado como pañuelo (914), con el vértice B inferior, se doblará hacia arriba de modo que tres vértices de los cuatro que coinciden en B (en realidad, los vértices A, C y D) caigan en H (fig. 771).

Vuélvase el papel, de modo que H continúe siendo superior y B inferior. Dóblese B sobre H.

Construyendo este yelmo con un papel de gran tamaño, y separando los bordes de la abertura que se ha formado a lo largo de G F, el yelmo se puede aplicar a la cabeza de un niño, para jugar a los soldados.

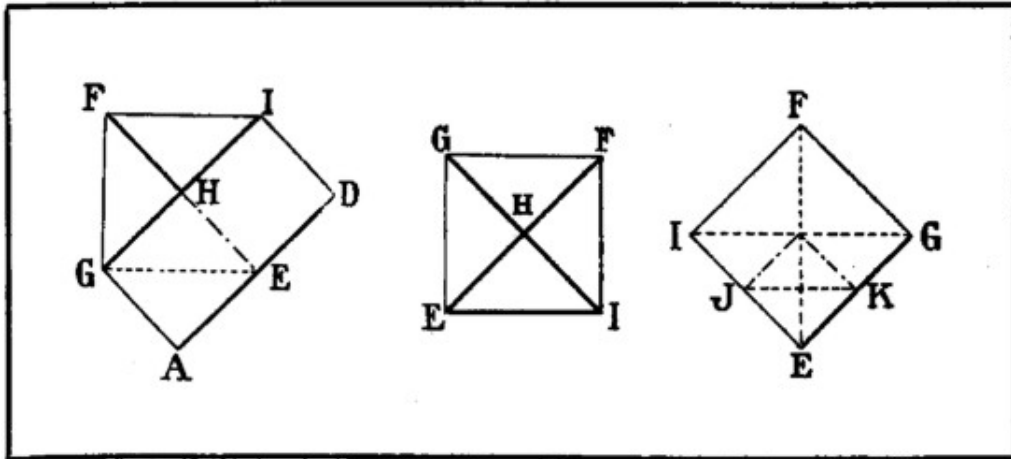


Figuras 772 y 773

918. Velero. Dóblese el cuadrado como yelmo (916), desdóblese, y dispóngase con un vértice hacia abajo, o sea con las diagonales horizontal y vertical. Dóblese de

manera que el vértice inferior caiga en el centro H. El nuevo doblado estará en I F (fig. 772).

919. Casa. Doblado el cuadrado como velero (918), dispóngase con el vértice B hacia abajo. Dóblese de manera que B caiga en H. El nuevo pliegue estará en F G, que con F I formará el tejado (fig. 773).



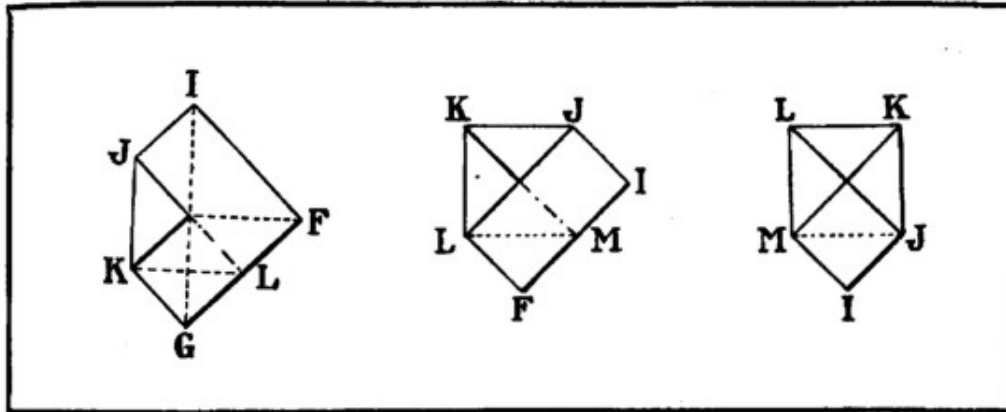
Figuras 774, 775 y 776

920. Sobre abierto. Doblado el cuadrado como casa (919), colóquese con el vértice A hacia abajo, y dóblese aplicando A a H. El nuevo pliegue se habrá formado en G E (fig. 774).

921. Carta. Gírese el sobre abierto del número anterior hasta que D sea el vértice inferior. Dóblese aplicando D a H. El nuevo pliegue será I E (fig. 775).

922. Velero pequeño. Vuélvase la carta del último párrafo y colóquese con un vértice, E, hacia abajo. Dóblese aplicando E a H; el nuevo pliegue se formará en J K (fig. 776).

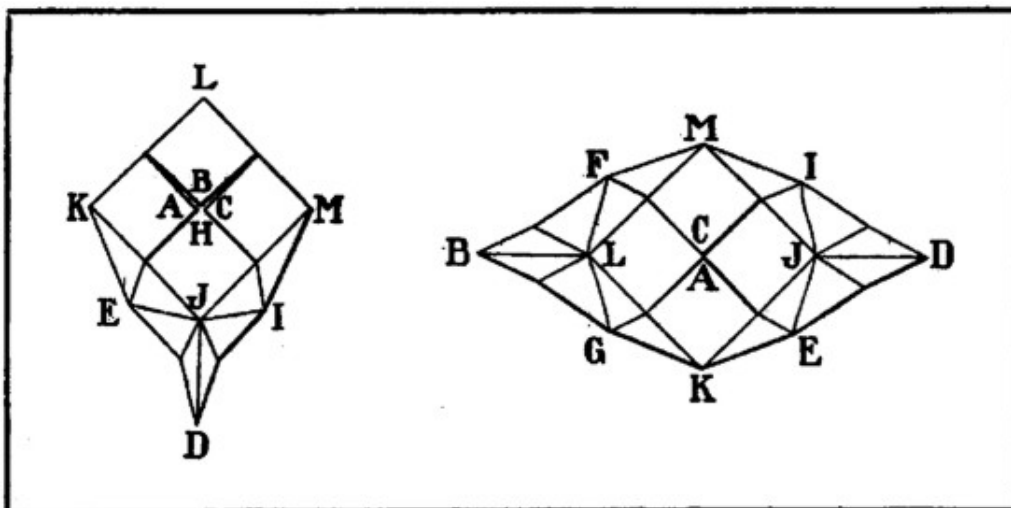
923. Casa pequeña. Gírese el velero pequeño para que G ocupe la parte inferior. Dóblese G sobre H. El nuevo pliegue será K L (fig. 777).



Figuras 777, 778 y 779

924. Sobre pequeño. Gírese la casa pequeña de modo que F ocupe la parte inferior. Dóblese F sobre H. El nuevo pliegue será LM (fig. 778).

925. Carta pequeña. Gírese el sobre pequeño para que I sea el vértice inferior. Dóblese I sobre H. El nuevo pliegue es Mf (figura 779).

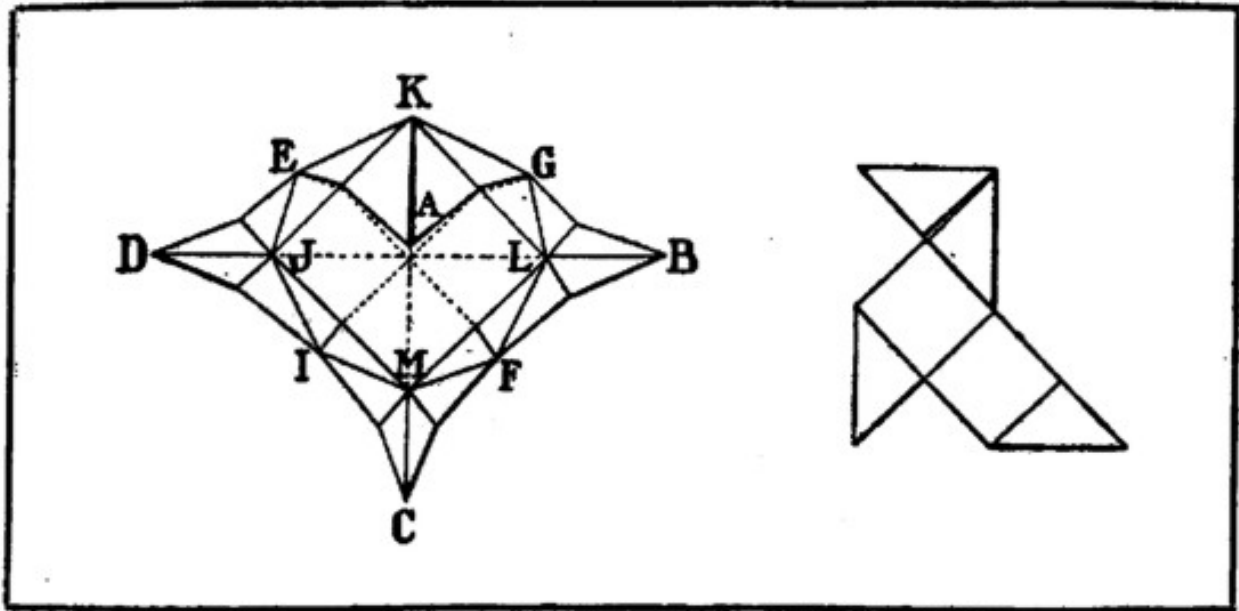


Figuras 780 y 781

926. Cometa. Vuélvase la carta pequeña. Sosténgase elevada sobre la mesa con la mano izquierda, de manera que se sujeten tres de los cuatro cuadrados de la cara anterior y dos de los triángulos de la posterior; levántese el cuarto cuadrado anterior y los dos triángulos libres posteriores, y déjese pasar el cuadrado hacia el

lado de los triángulos. Con la mano derecha pliéguese la diagonal del cuadrado (fig. 780).

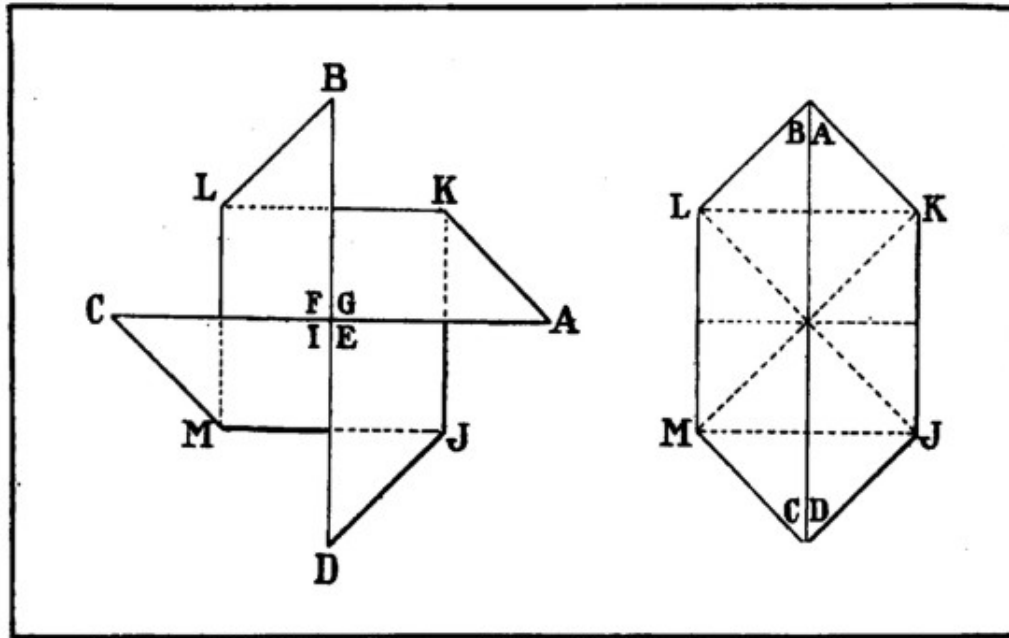
927. Murciélago. Con el cuadrado L B y los dos triángulos posteriores adyacentes, verifíquese la misma manipulación. La figura 781 muestra la figura algo aplastada, para que el mayor número de caras sean visibles.



Figuras 782 y 783

928. La pajarita. Verifíquese la misma operación sobre el cuadrado C M (fig. 782). Con el índice y el pulgar de la mano derecha sujétese el pliegue L B; con el índice y el pulgar de la mano izquierda sujétese el pliegue J D y aproximando esos pliegues y levantando un poco el vértice A, se formará espontáneamente la conocidísima pajarita: no habrá que hacer más que apretar los dobleces que no hayan quedado bastante marcados (fig. 783).

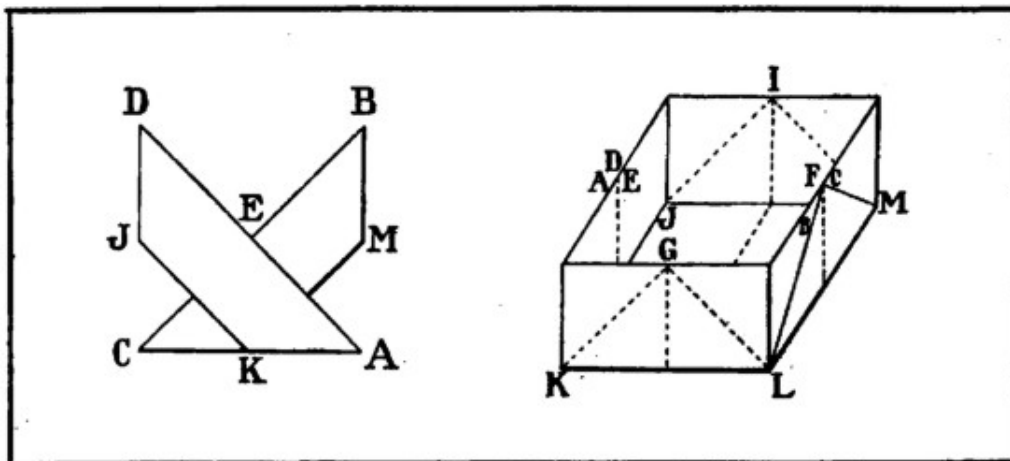
929. Mesa. Retrocédase a la posición de la figura 782 y vuélvase hacia atrás el cuarto cuadrado A K para obtener la mesa, cuya tabla estará representada por el cuadrado J K L M, y cuyas patas 'serán J D, A K, LB y M C.



Figuras 783 y 785

930. Molino de viento. Vuelta la mesa patas arriba y aplastando sus patas todas en el mismo sentido se obtendrá la forma del molino (fig. 784).

931. Petaca. Partiendo del molino de viento, vuélvase la punta A hacia arriba y la punta C hacia abajo (fig. 785).



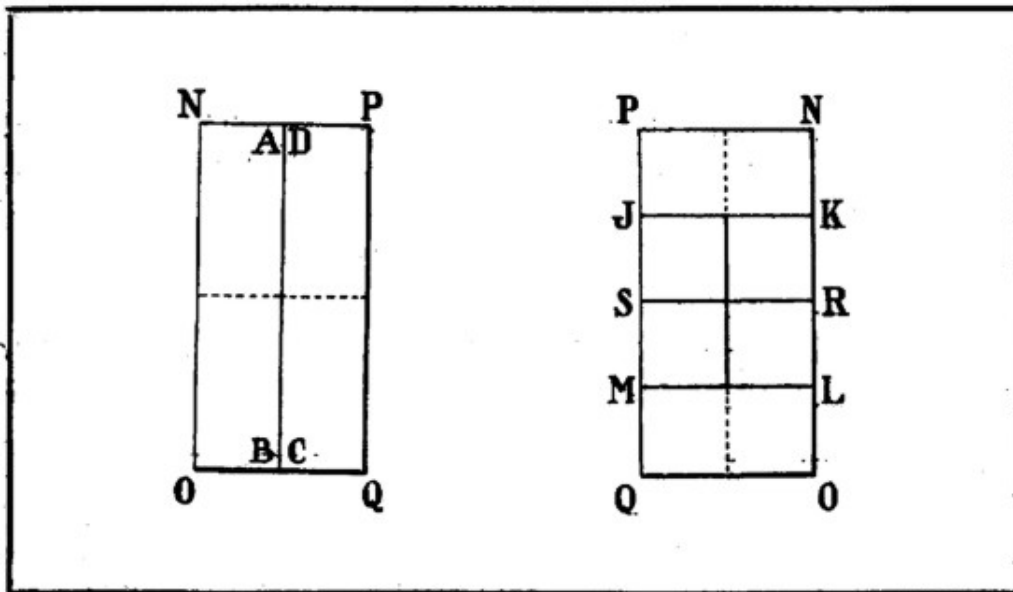
Figuras 786 y 787

932. Jarrón. Vuélvase la petaca. Gírese para que M ocupe la parte inferior. Dóblese de manera que M caiga sobre K. Por debajo, desdóblese B, para separarlo de A (fig. 786).

933. Vapor. Gírese la punta A del jarrón alrededor de E K, para que A coincida con C. La quilla será K M, y D la chimenea.

934. Doble barca. Recompuesta la petaca y vuelta como para preparar el jarrón y girada hasta que J K ocupe la posición inferior, dóblese de modo que JK coincida con L M. Algunos llaman langosta o saltamontes a esta figura, porque apoyada sobre J K-L M salta si se golpea en B o D.

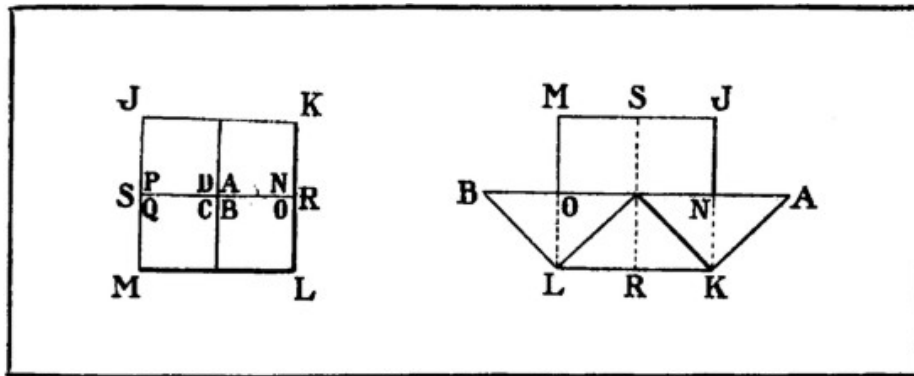
935. Caja. Partiendo otra vez de la petaca, tomada en la posición de la figura 785, dóblense las puntas D y C de modo que caigan en el centro H. Gírese la figura hasta que A y B ocupen la parte inferior y verifíquese la misma operación con A y B. Levantando ahora los triángulos KGL, L FM, MIJ y JEK, se formará la caja (fig. 787).



Figuras 788 y 789

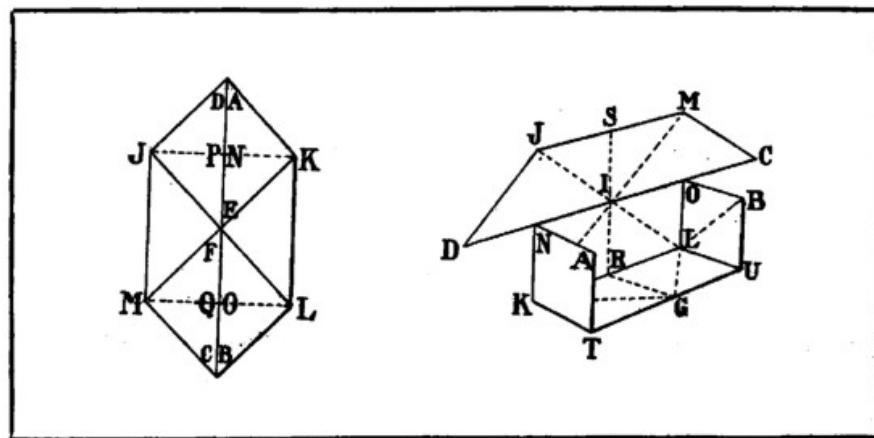
936. Armario. Prepárese el librito (913), ábrase, y póngase horizontal el pliegue obtenido. Dóblese la parte inferior para aplicar su borde al pliegue medio. Gírese y hágase lo mismo con el borde superior (fig. 788).

937. Ventana. Vuélvase el armario y dispóngase de manera que los lados cortos (OO y PN) sean horizontales. Dóblese colocando OO sobre PN y ábrase. Dóblese de manera que OO se superponga a SR. El nuevo pliegue estará en LM; gírese hasta que PN ocupe la posición inferior. Dóblese de manera que NP se superponga a RS (fig. 789).



Figuras 790 y 791

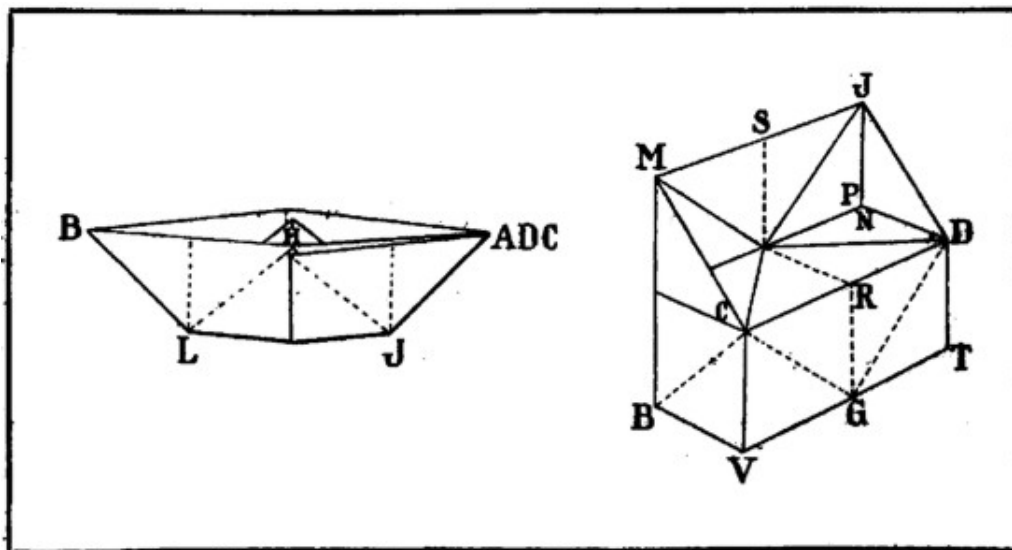
938. Taza. Tírese de las puntas A y B (fig. 790) de la ventana, hacia arriba la primera y hacia abajo la segunda, y se formarán dos triángulos salientes. Girando hasta que KRL sea horizontal se verá la figura de una taza en un plato (fig. 791).



Figuras 792 y 793

939. Casa con jardín. Con los otros dos cuadrados de los postigos de la ventana (fig. 790) hágase lo mismo que se ha hecho con los dos primeros en el número anterior y se obtendrá la figura 792. Vuélvase y gírese hasta que KL sea horizontal. Levántense los triángulos ANK y BOL así como el rectángulo que une sus bases, con lo cual se obtendrá la casa representada en la figura 793.

940. Barco grande. Se parte del yelmo pequeño (917). Separando los bordes de la abertura GF se unen G y F y se obtiene un cuadrado. El vértice opuesto a GF contiene la punta H abrazada por un lado por la B y por el otro por las A, D y C. Sujétanse con una mano estas tres y con la otra mano la B y se separa de la H; con tal movimiento se separan G y F y se vienen hacia arriba. Dóblanse según LJ y queda preparado el barco (fig. 794).

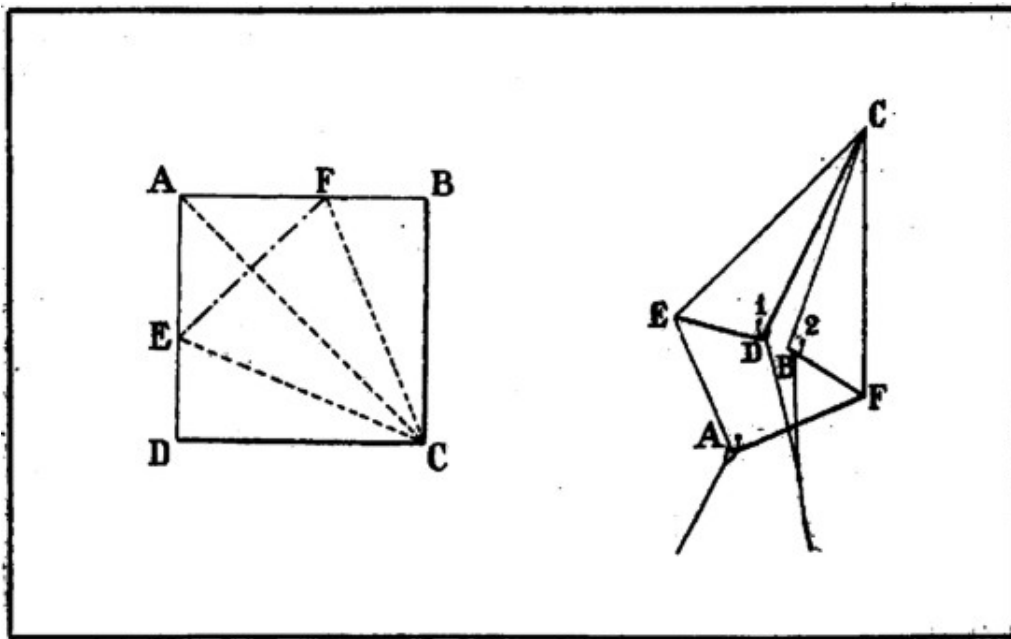


Figuras 794 y 795

941. Barco pequeño. El cuadrado obtenido del yelmo pequeño se puede convertir en un yelmo más pequeño doblando hacia arriba las puntas G y F. Separando los bordes de la abertura ML, y uniendo L y M tendremos otro cuadrado, y uniendo las puntas FG y separándolas de H se formará un barquichuelo mejor construido que el anterior.

942. Sofá. Vuélvase la casa con jardín de manera que AT y BU se apoyen en la mesa; levántese el tejado alrededor de ON y dóblense los triángulos DPJ y QMC en la forma representada en la figura 795.

943. Artesa. Recompóngase la figura 792 y abriendo el doble lado DP del triángulo DJP, introdúzcase en él el triángulo KNA. Hágase lo mismo con los triángulos MQC y LOB.



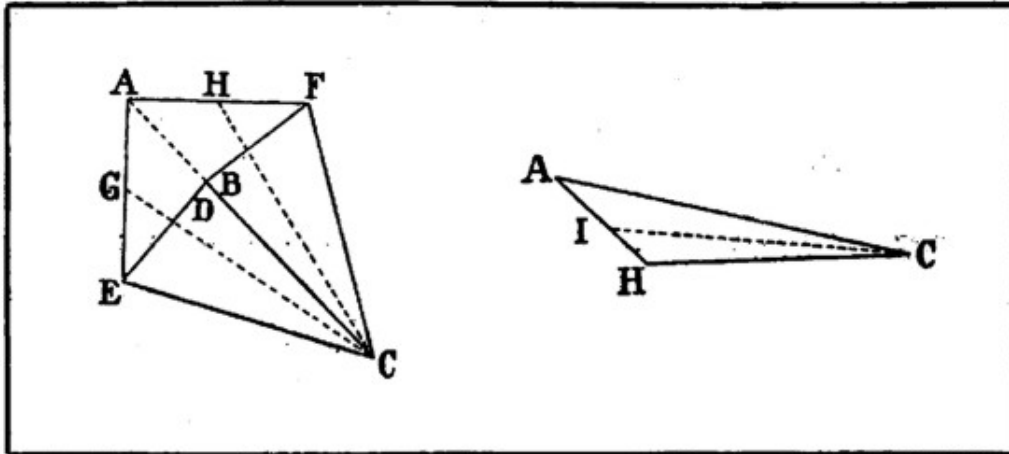
Figuras 796 y 797

944. Cometa sencilla¹. — Dóblese el cuadrado por una diagonal AC, y después ábrase. Dóblese de manera que un lado (DC) caiga en la diagonal. El pliegue se formará en CE. Gírese el papel hasta que BC ocupe la posición inferior. Dóblese BC sobre AC. El nuevo pliegue se formará en CF (fig. 796). Para hacer volar la cometa, se fijan los cabos de los dos ramales del hilo en 1 y en 2, y de A se suspende una cola de papel (fig. 797).

945. Flecha. Dóblese el cuadrado con arreglo al párrafo anterior (cometa sencilla). Gírese de manera que CE ocupe la posición inferior (fig. 798). Dóblese CE sobre la

¹ Se supone que se toma un cuadrado nuevo de papel. La notación de los diversos puntos y dobleces es distinta de la de los anteriores párrafos.

diagonal: el nuevo pliegue estará en CG. Gírese para efectuar la misma operación con CF: el nuevo pliegue estará en CH. Dóblese CH sobre CG: el nuevo pliegue se forma en la misma diagonal.



Figuras 798 y 799

Dóblese CH sobre CA (fig. 799): el nuevo pliegue estará en CI. Vuélvase y dóblese también CG sobre CA. El nuevo pliegue CJ coincidirá con CI y queda oculto por éste en la figura 799.

La flecha se cogerá por la quilla CA. Sus alas serán CIH y CJG. Se arrojará al aire de punta.

946. Monedero. Dóblese el cuadrado por las diagonales. Ábrase y colóquese de manera que una diagonal esté horizontal.

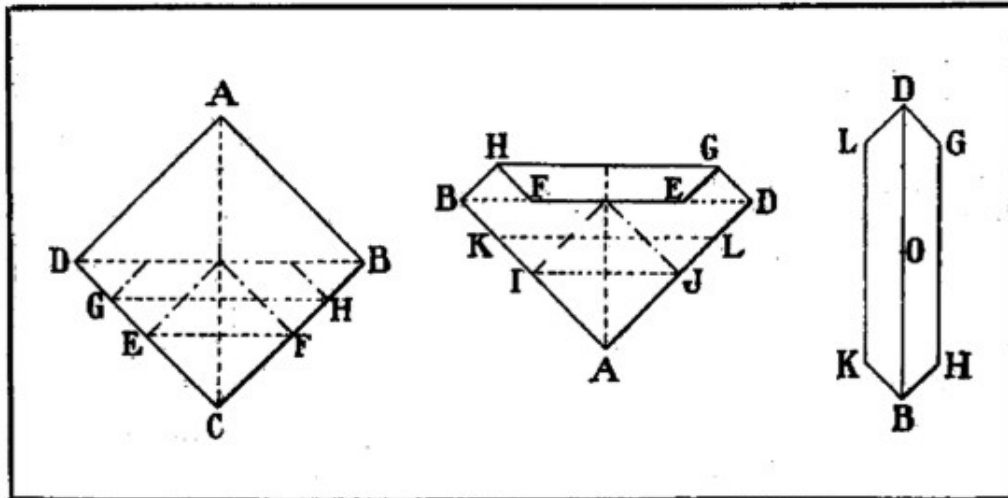
Dóblese el vértice inferior sobre el centro, y después dóblese el pliegue EF^2 sobre la diagonal DB (fig. 800).

Gírese, y dóblese A como se ha hecho con C (fig. 801). Vuélvase, y colóquese vertical la diagonal (fig. 802).

Dóblense B y D sobre el centro. Gírese hasta que la diagonal DB sea horizontal y dóblese GH sobre LK.

Se habrán formado dos carteras. Tírese en una de ellas de la punta triangular que asoma y se tendrá la tapa del monedero.

² Notación diferente de las anteriores.



Figuras 800, 801 y 802

947. Cajón con tapas. Prepárese la carta pequeña (925), vuélvase (fig. 803) y rebátanse los cuatro vértices (L, K, N, M) sobre el centro para formar otra carta más pequeña (fig. 804; pliegues VR, RX, XS y SV).

Vuélvase (fig. 805) y desdóblense los cuadrados para formar una mesa pequeña.

Vuélvase y apóyese en la mesa por la cara plana y lisa VRXS.

En el centro de la cavidad formada habrá cuatro puntas triangulares libres (A, B, C, D); tírese de una de ellas, por ejemplo, de la A, y así tendremos perpendicular a la superficie de la mesa la figura AEVRG (fig. 805). Rebátanse sobre el punto K de la cara exterior las puntas G, A y E: los nuevos pliegues serán RT, NT y NV (figura 806). Dóblese de nuevo en el mismo sentido alrededor de 1-2 y déjese el rectángulo I-TN-2 perpendicular al rectángulo R-1-2-V: éste forma una pared del cajón y el I-TN-2 forma una tapa.

Tírese de la punta C (opuesta a la A) y en la figura vertical CFXSI formada (fig. 807), rebátanse los vértices IC y F sobre M. Los nuevos pliegues serán SY, YQ y QX. Dóblese de nuevo en el mismo sentido alrededor de 3-4 (fig. 808), déjese el rectángulo 3-YR-4 perpendicular al S-3-4-X: éste forma una pared y aquél una tapa del cajón obtenido.

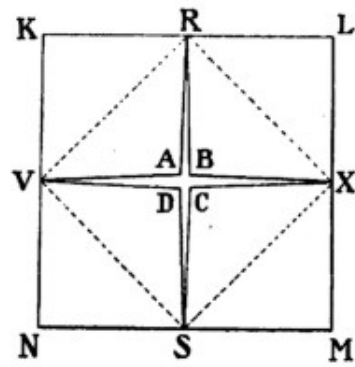


Fig. 803

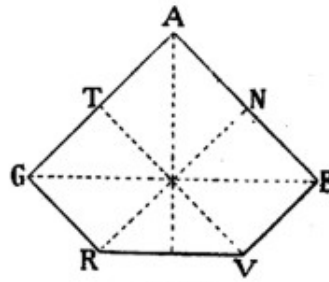


Fig. 805

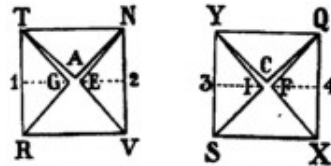


Fig. 806

Fig. 808

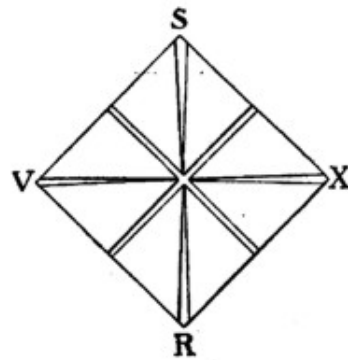


Fig. 804

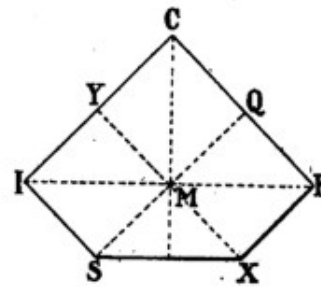
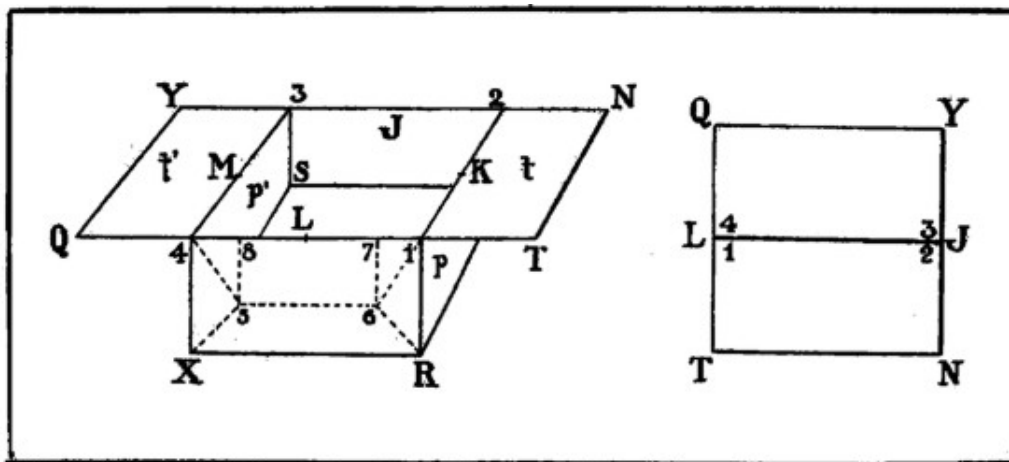


Fig. 807

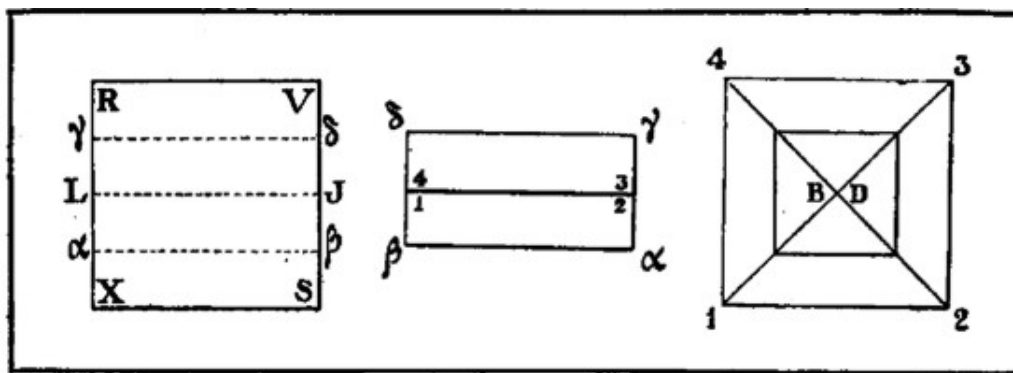
Figuras 803 al 808

948. *Espejo*. Pártese del cajón construido según el número anterior (fig. 809).



Figuras 809 y 810

Rebátese la tapa t sobre la pared p , por fuera, y la tapa t' sobre la pared y La pared 1-RX-4 se hunde hacia dentro por 5-6, al mismo tiempo que se inclinan hacia dentro las paredes p y p' , hasta que el lado R-i (que se habrá plegado hasta coincidir con L los puntos 1 y 4) venga a caer sobre XR. Se habrán formado los pliegues 4-5, X-5, 8-5, 1-6, R-6 y 7-6. Mientras se hunde la pared 1-RX-4 con la mano derecha, se hunde también la pared opuesta 2-VS-3 con la mano izquierda. Así queda aplastado el cajón en la forma representada en la figura 810.



Figuras 811, 812 y 813

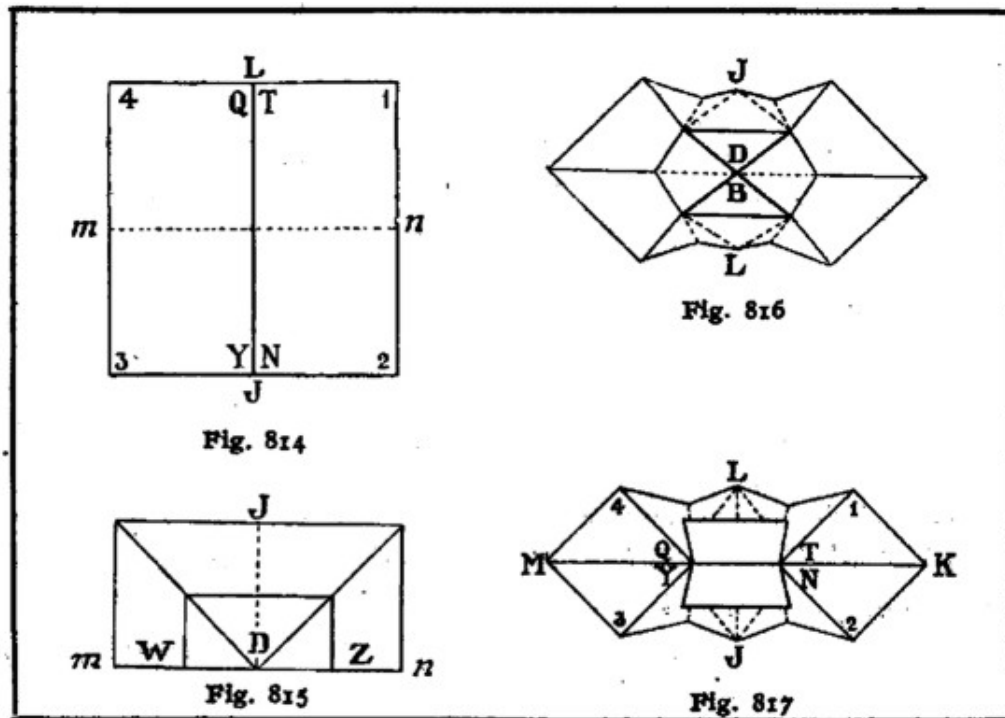
Vuélvase, con el fondo arriba (fig. 811). Dóblese X-S (y N-T) sobre LJ (nuevo pliegue: alfa beta); dóblese también RV (e YQ) sobre LJ (nuevo pliegue: γ S). Vuélvase otra vez (fig. 812). Ábranse los postigos 1-2 y 4-3, rebatiéndolos, alrededor de beta alfa y delta γ , sobre la mesa, y aparecerá el espejo (fig. 813).

949. La góndola. Es una de las más hermosas construcciones obtenidas con el cuadrado de papel.

Preparado el espejo del número anterior, vuélvase y dispóngase con la línea LJ vertical. Rebátase la mitad inferior sobre la superior, alrededor de m n (fig. 814). Así se obtendrá la figura 815. Volviéndola, se hallará la cara inferior igual a la superior.

Cogiéndola por ambas caras en W con el índice y el pulgar de la mano izquierda y en Z con el índice y el pulgar de la mano derecha, y tirando lentamente pero con

alguna fuerza, formará la góndola que se nos presentará vista por el fondo (fig. 816).



Figuras 814, 815, 816 y 817

La figura 817 la representa vista por arriba.

Para formar los respaldos de los asientos, se tirará de las puntas T-N y Q-Y hacia arriba.

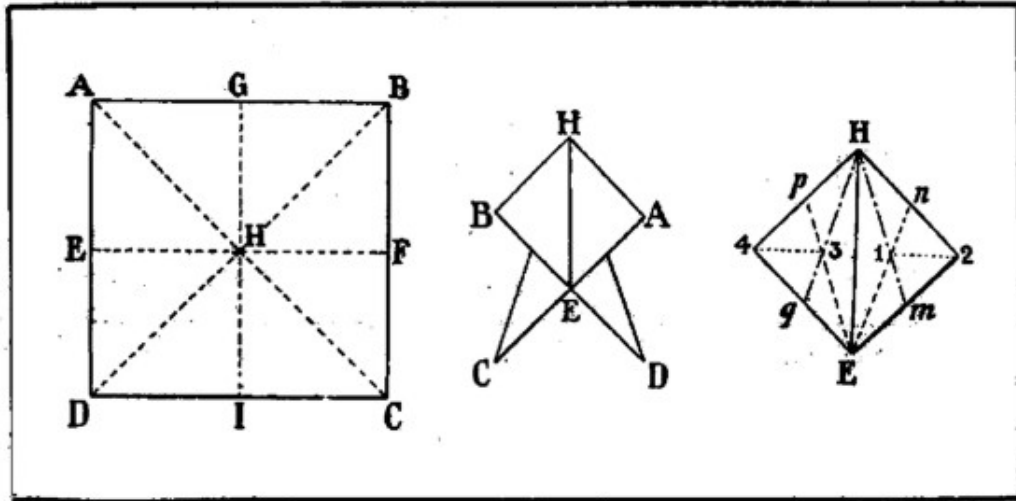
950. Fuella. Dóblese el cuadrado formando librito (913). Ábrase. Dóblese del mismo modo sobre los otros dos lados y ábrase.

Vuélvase. Dóblese según una diagonal; ábrase, dóblese según la otra diagonal y ábrase otra vez' (fig. 818).

Tómese la hoja en la mano, y dejando doblarse los pliegues sin oponerse a su tendencia, únense los cuatro pliegues EH, GH, FH e IH de manera que queden aislados los cuatro triángulos alrededor del lado HE (o HG, o HF, o HI) común (fig. 819).

Colóquese sobre la mesa de manera que los triángulos C y D queden debajo y los A y B encima.

Dóblese AE sobre EH; dóblese también BE sobre EH.



Figuras 818, 819 y 820

Vuélvase; dóblese CE sobre EH; dóblese DE sobre EH.

En el cuadrado obtenido (fig. 820), dóblese el lado m sobre EH; ábrase. Dóblese p sobre HE; ábrase. Fórmese el pliegue 1-2

Dóblense a la vez n y ni sobre EH, manteniendo levantada la punta triangular 2. En el mismo cuadrado dóblense, de igual manera, y q, sobre HE, manteniéndose levantada la punta triangular 4. Vuélvase, y verifíquense las mismas operaciones con el cuadrado posterior.

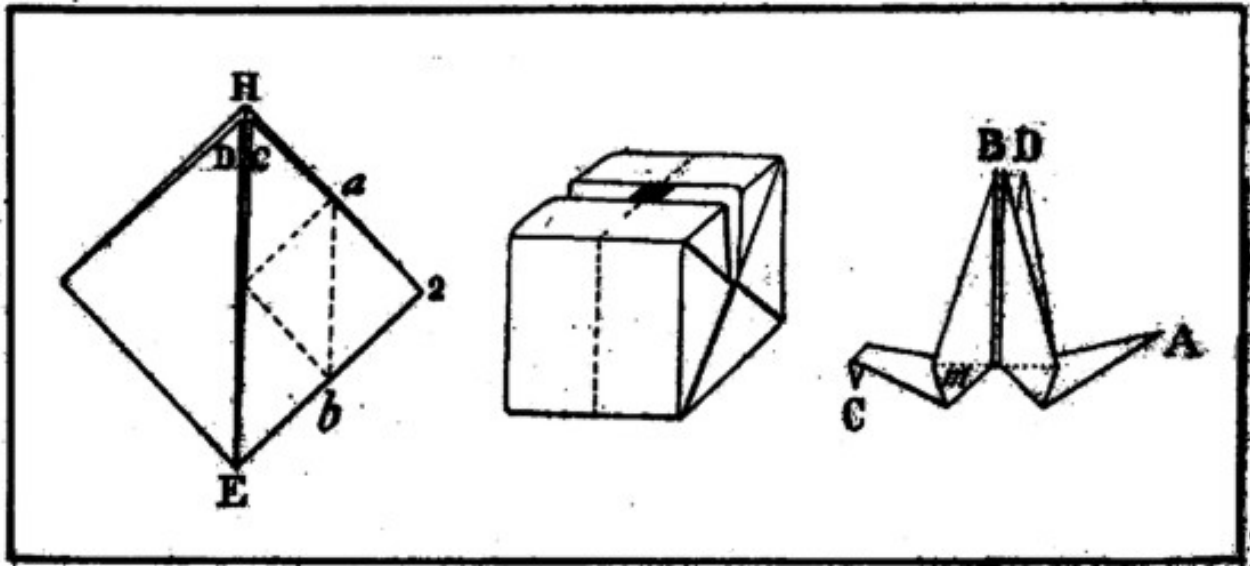
Asiendo con una mano las puntas 2 y 4 y con la otra las formadas en el cuadrado posterior, y tirando de ellas alternativamente en uno y otro sentido, el aire penetrará y saldrá del interior del fuellecito por el orificio que se mantiene abierto en E.

951. Pelota. Dóblese el cuadrado de papel como si se tratara de construir el fuelle del número anterior, hasta llegar al cuadrado (figura 821).

Dóblese 2 hasta el centro. Levántese un poco el triángulo 2 ab y aplástese para abrir el lado 2a e introducir en él la punta C. Hágase lo mismo con el vértice 4 y la punta D.

Vuélvase, y verifíquense las mismas operaciones en el cuadrado posterior.

Sóplese por E y se hinchará la pelota. Si no se sopla con exceso se formará un cubo (fig. 822).



Figuras 821, 822 y 823

952. *Cigüeña voladora* (fig. 823). Dóblase el cuadrado aplicando un lado al opuesto. Desdóblase y repítase lo mismo con los otros dos lados. Desdóblase de nuevo. Vuélvese. Dóblase según una diagonal. Desdóblase y se dobla según la otra diagonal. Desdóblase y vuélvese.

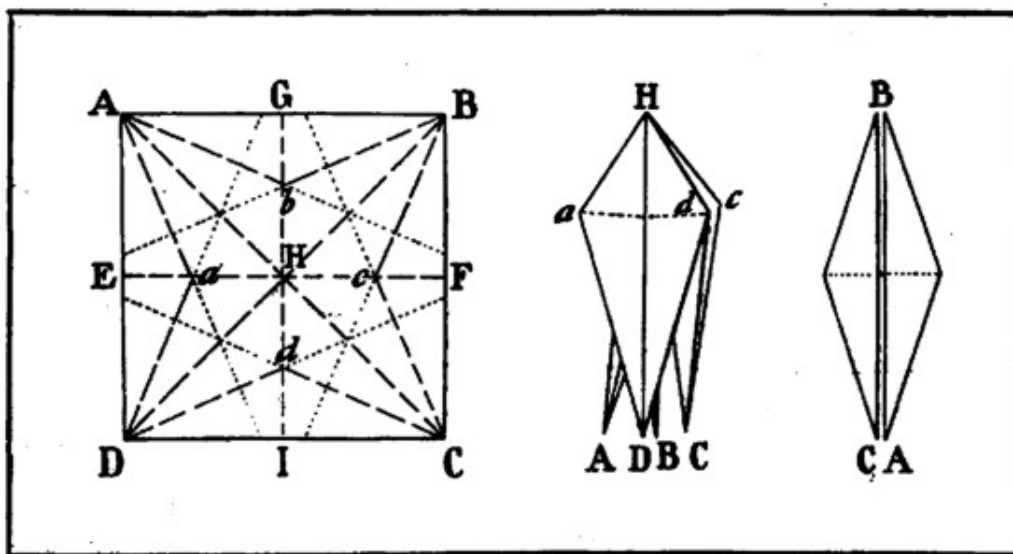


Figura 824, 825 y 826

Dóblase aplicando el lado AD a la diagonal DB y recalcando sólo la porción de pliegue Da. Ábrese. Dóblase el mismo lado AD sobre la diagonal AC, recalcando sólo la porción de pliegue Aa. Desdóblase. Repítase lo mismo con cada uno de los lados restantes, doblándolo sobre las dos diagonales adyacentes (fig. 824).

Levántase el papel y al mismo tiempo que se repite la dobladura de los lados sobre las diagonales, alrededor de las porciones de pliegue remarcadas, se juntan las rectas HA, HB, HC y HD, formando un eje a cuyo alrededor quedan cuatro puntas libres (fig. 825).

Aplíquese a la mesa, con la cara DaHd hacia arriba. Dóblese alrededor de ad el triángulo Dad.

Vuélvase y dóblese de igual modo el triángulo Bcb de la cara BcHb (fig. 826); en esta figura, los dos vértices en B (B y D) no debieran haberse dibujado libres como C y A sino unidos o superpuestos.

Tómese en la mano izquierda. Levántese la punta A invirtiendo el sentido de la dobladura de su arista interior, como si se quisiera introducir entre B y D (fig. 823), pero déjese inclinada, marcando los pliegues correspondientes. Hágase lo mismo con la punta C, y dóblese un poco su extremo para formar el pico de la cigüeña representado en la misma figura 823.

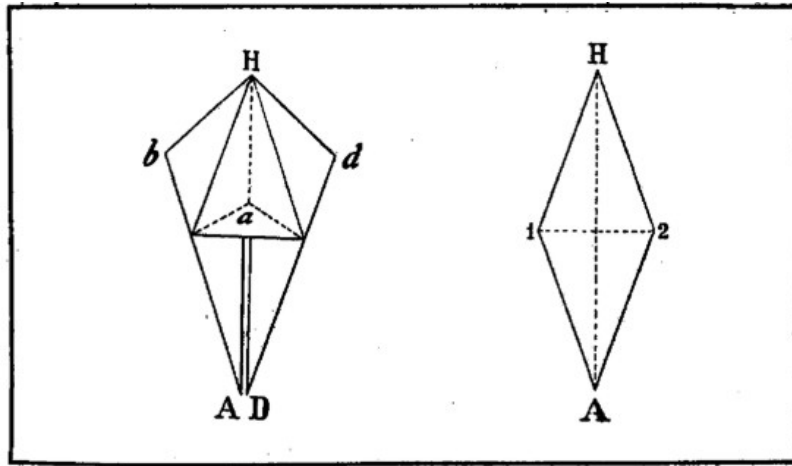
Sujetando la figura por m con el índice y el pulgar de la mano izquierda, y tirando de la cola con la mano derecha, el pajarraco moverá las alas.

953. La rana. Dóblese el papel, como en la preparación de la cigüeña, hasta obtener la figura 825. Colóquese sobre la mesa; levántese un triángulo, alrededor de la base HA (o HB, o HC, o HD), elevando el vértice a, y ahuéquese y aplástese para darle la forma representada en la figura 827 (entre A y D se ha de ver la punta B o la C).

Hágase lo mismo con los otros tres triángulos.

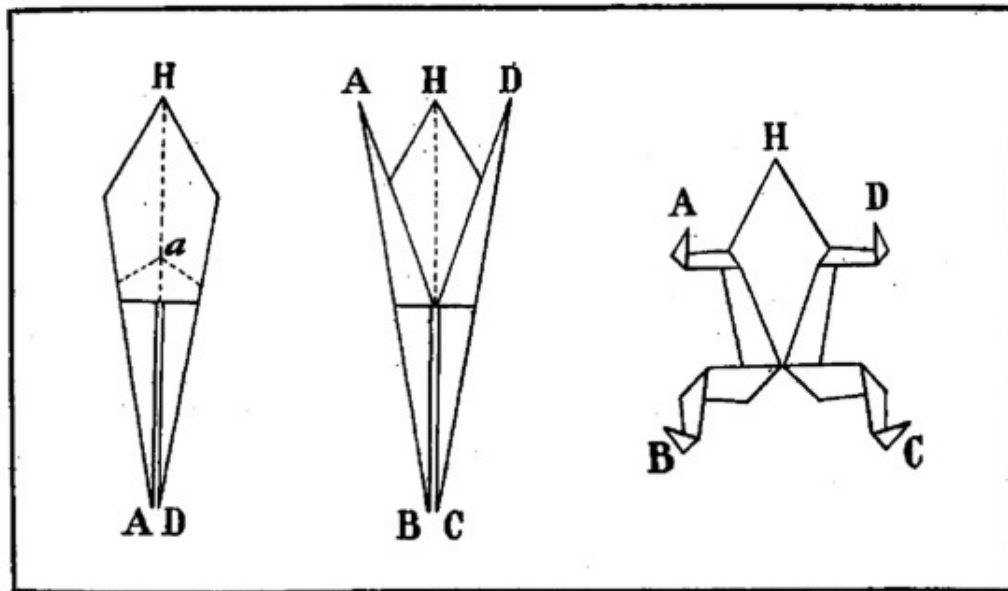
Póngase plana la figura sobre la mesa de modo que se vea uno de los rombos enteros (por ejemplo, el H1A2, figura 828), y dóblense los lados A1 y A2 sobre la diagonal AH. Hágase lo mismo en los otros tres rombos (fig. 829).

Dóblense las patas A y D hacia arriba (fig. 830). Retuézense las cuatro patas (fig. 831).



Figuras 827 y 828

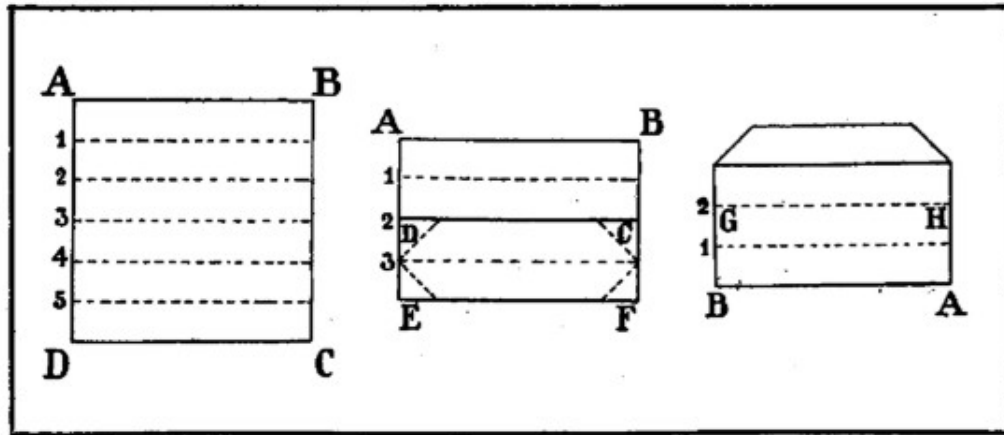
Apóyese el animalucho por las cuatro patas sobre la mesa.



Figuras 829, 830 y 831

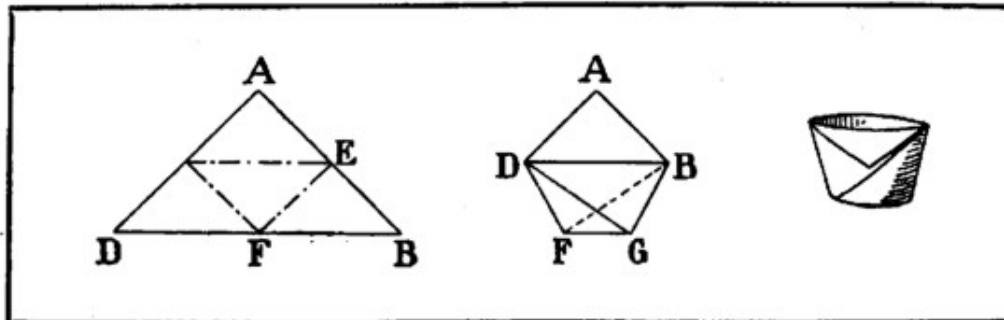
954. Cajita larga. Es un objeto que puede prestar utilidad para establecer compartimientos dentro de una caja de cartón. Pliéguese el cuadrado dividiéndolo en seis tiras iguales.

Extiéndase sobre la mesa con los pliegues horizontales (fig. 832). Dóblese el borde inferior sobre el pliegue 2 (fig. 833). Dóblese el vértice D sobre el pliegue 3. Hágase lo mismo con los vértices C, E y F. Gírese hasta colocar EF en la parte superior. Dóblese el lado CD sobre el lado EF (fig. 834).



Figuras 832, 833 y 834

Dóblese AB sobre 4. Dóblense los cuatro vértices (A, B, G, H) sobre 1. Dóblese AB sobre GH. Abrase la caja, plegando los cantos.



Figuras 835, 836 y 837

955. El vaso. Dóblese el cuadrado por una diagonal (figura 835). Dóblese el triángulo obtenido, de manera que B vaya a caer sobre DA y la porción BE sea paralela a DF; vuélvase el papel, y dóblese de la misma manera la punta D (fig. 836), Uno de los triangulitos libres superiores (DAB) rebátase hacia delante y el otro rebátase hacia atrás y quedará construido un utilísimo vaso de papel (figura 837),

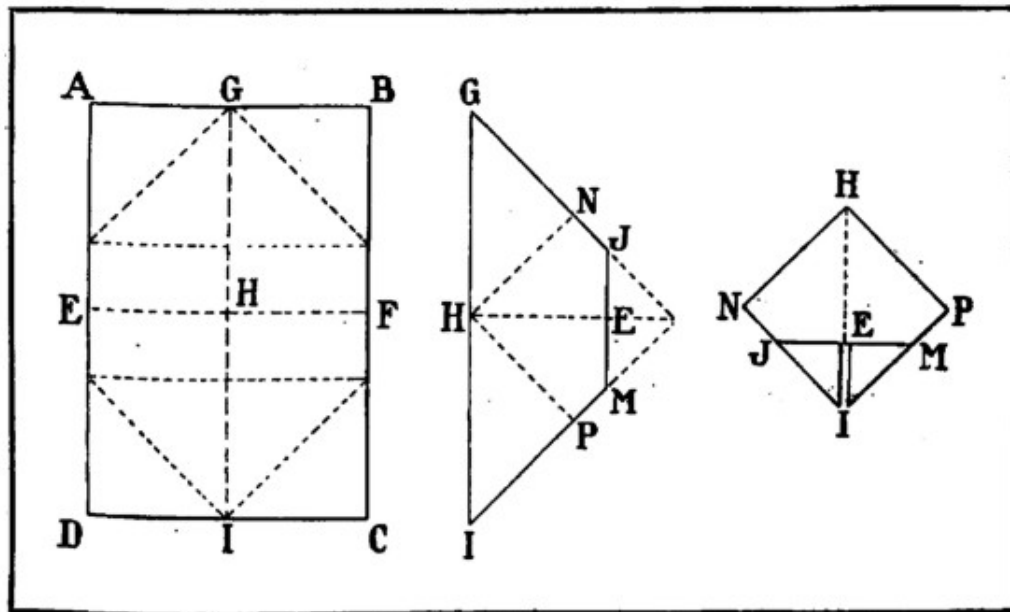
que puede prepararse al pie del manantial, y presenta las ventajas de no ser frágil y de que se tira en acabándolo de usar.

Con rectángulos de papel...

956. No ha quedado agotado en los números anteriores el tema de los objetos que pueden construirse con un cuadrado de papel diversamente plegado. Descripciones más extensas y detalladas figuran en obras especiales.

Multiplicase todavía, hasta lo innumerable, la variedad de formas que se pueden obtener, tomando figuras fundamentales distintas del cuadrado, por ejemplo rectángulos más o menos alargados.

Para no prolongar demasiado este asunto, no someteremos los rectángulos a tantas torturas como hemos hecho sufrir al cuadrado. Vamos a limitarnos a describir la construcción de un par de juguetes sencillos, partiendo de un rectángulo grande de papel fuerte.



Figuras 838, 839 y 840

957. Pistola. Se ha de partir de un rectángulo cuya base y altura estén en la proporción de 2 : 3 (por ejemplo, 4 cm y 36 cm). Dóblese un lado corto sobre el otro lado corto; desdóblese. Dóblese un lado largo sobre el otro lado largo; desdóblese. Dóblese GA sobre GI, y GB sobre GI.

Dóblense también ID e IC sobre IG (fig. 838).

Dóblese JM sobre LK (fig. 839).

Dóblese I sobre G (alrededor de HE); desdóblese.

Dóblese HI sobre HE (pliegue HP).

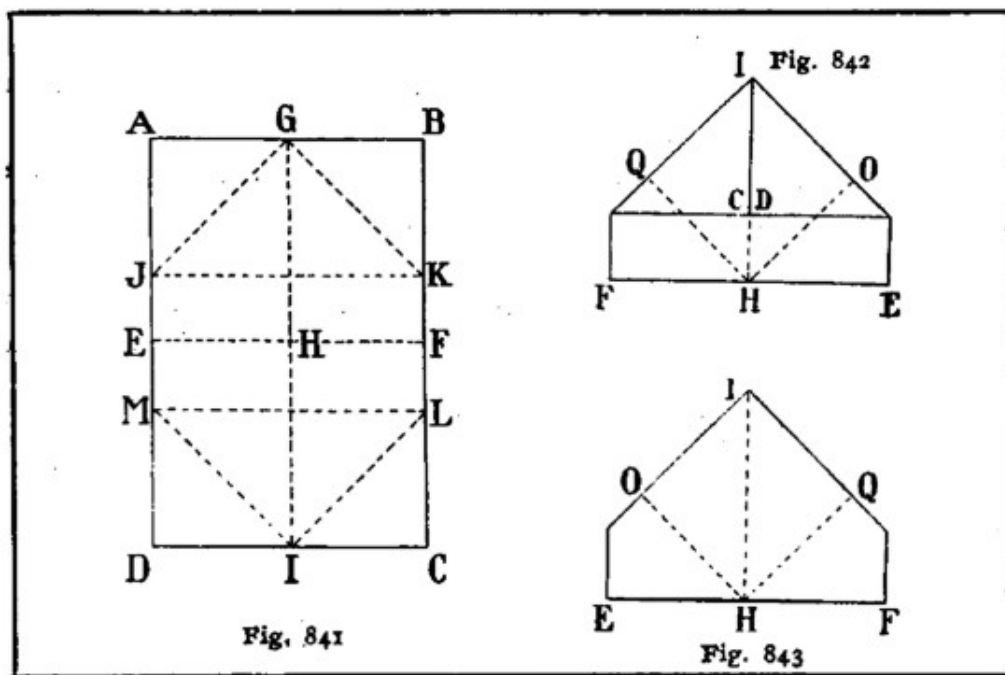
Dóblese HG sobre HE (pliegue HN).

Vuélvase (fig. 840).

Dóblese N sobre P alrededor de HE.

Tómese por el vértice 1 y sacúdase con enérgico impulso en la dirección del ángulo recto NP.

El ángulo entrante HE, convirtiéndose en saliente, produce un fuerte chasquido.



Figuras 841, 842 y 843

958. Pistola de dos cañones. El rectángulo, de las mismas dimensiones que para la pistola sencilla, se dobla de la misma manera por los puntos medios de sus lados y se desdobra después. Dóblanse también (fig. 841) AG, BG, DI y CI sobre GI. Vuélvese.

Dóblase I sobre G, alrededor de EF (fig. 842).

Dóblase EH sobre IH.

Dóblase HF sobre IH.

Desdóblanse los tres últimos dobleces (1, 2 y 3).

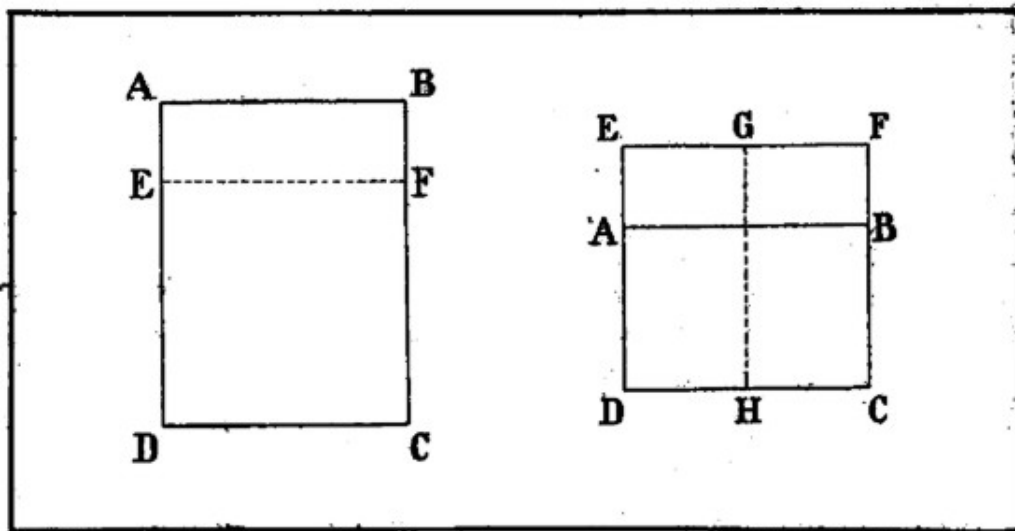
Vuélvese.

Dóblase I sobre G (fig. 843).

Levántase un poco para separarlo de G y húndese entre 1 y G el pliegue FH, invirtiendo así el sentido de los pliegues HO y HQ (y los dos correspondientes en la hoja de abajo) antes marcados.

El cuadrado obtenido I OH Q dóblase por la diagonal I H.

Tomándola por I, esta pistola se maneja lo mismo que la sencilla.



Figuras 844 y 845

Tijeretazos

959. Con un solo corte, convertir en cruz un rectángulo de papel. La hoja de papel (fig. 844) se doblará primero por BB (figura 845), luego por AG y por BG (fig. 846), y por fin, por GH (figura 847), y entonces se dará un corte en MN; desdoblado el papel se obtendrá la cruz pedida.

960. Tomando un papel cuadrado, doblándolo de manera parecida (entonces A B pasará por el centro) y dando el corte único MN según una curva, se obtendrá una cruz de brazos iguales de forma más elegante que la anterior.

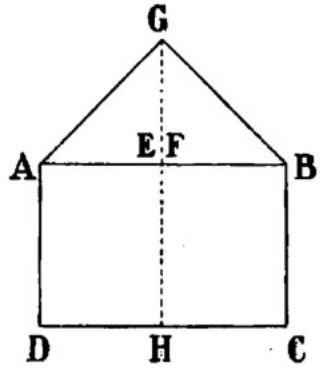


Fig. 846

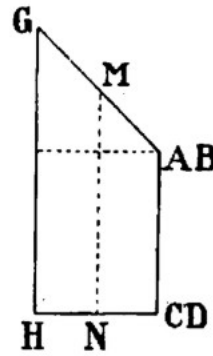
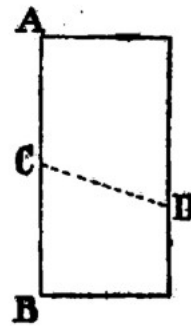
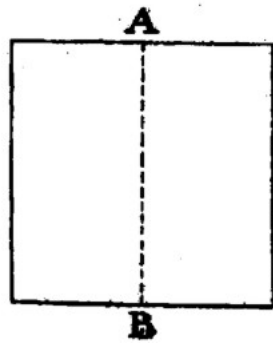


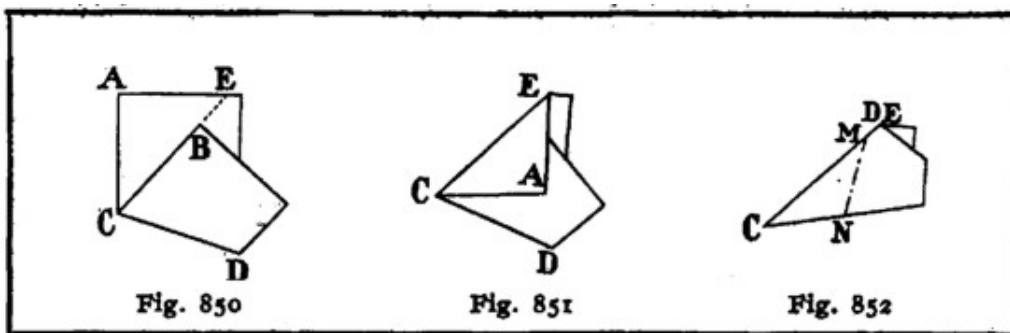
Fig. 847

Figuras 846 y 847



Figuras 848 y 849

961. Con un solo corte, convertir un pliego de papel en estrella de cinco puntas. La hoja de papel se doblará primero por A B (figura 848), luego por CD (fig. 849) de manera que el ángulo A C B (figura 850) sea igual a la mitad del ángulo BCD.



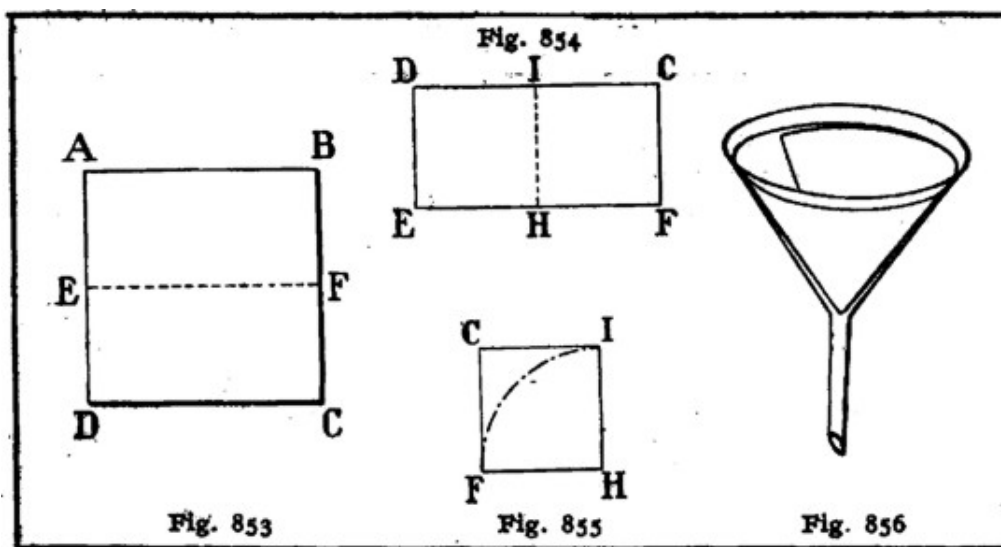
Figuras 850, 851 y 852

Dóblase ACE alrededor de CB (fig. 851) y CDF alrededor de CA (fig. 852). Se da el corte según MN. (Véase también libro I, cap. 2.)

Filtros de papel

962. El papel de filtro (papel puro, sin carga y sin cola) se encuentra en el comercio en forma redonda, circular, o en pliegos. Describiremos la preparación de los filtros partiendo de esta última forma, pues la misma descripción se aplica naturalmente a las hojas redondas.

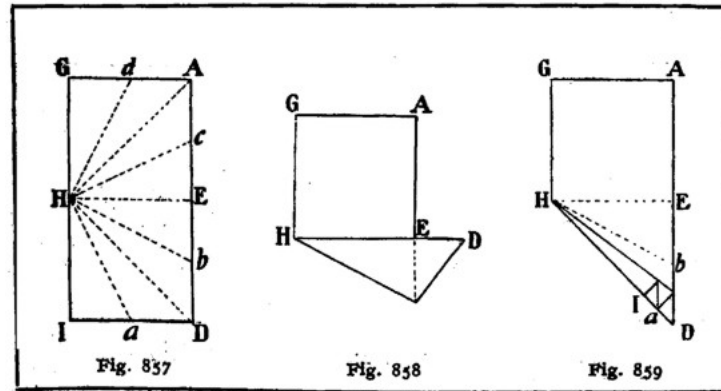
La preparación de un filtro viene a ser un ejercicio más de dobladura de un cuadrado de papel. No obstante, debe advertirse que al plegar un filtro nunca se ha de apoyar el papel en la mesa, de la que podría recoger partículas de polvo y otras impurezas, sino que se debe mantener al aire, con las manos recién lavadas. Hecha esta advertencia, con objeto de facilitar la explicación, hablaremos como si se pudiera apoyar el papel en la mesa.



Figuras 853, 854, 855 y 856

963. Filtro sin pliegues. Cuádrase la hoja de papel de filtro (912) y se dobla como pañuelo (914). Ábrese separando una hoja (por ejemplo, la D) a un lado y las otras tres hojas A, B y C al otro lado. Pero antes de abrir, conviene recortar, con las tijeras, desde G hasta E (o sea de F hasta I) en forma de arco o de círculo con centro en H (figs. 853, 854 y 855)

Estos filtros se usan sólo en los laboratorios, aplicados a embudos de paredes inclinadas 60° (fig. 856). El tamaño del filtro siempre debe ser menor que el del embudo.



Figuras 857, 858 y 859

964. Filtro con pliegues. Cuadrado el papel, dóblase como pañuelo. Desdóblase para dejarlo doblado como libro (fig. 857).

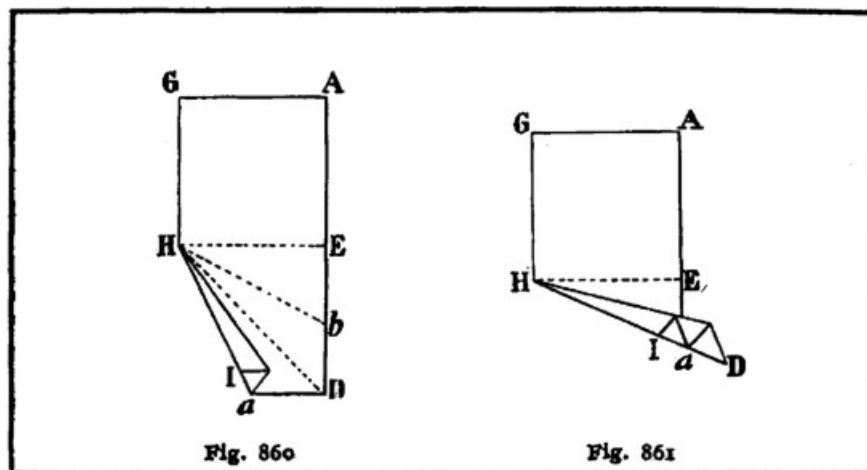
1. Dóblase HI sobre HE; desdóblase.

Dóblase HI sobre HD; se forma un pliegue en Ha; dóblase Ha alrededor de HD: así Ha viene a caer en Hb; dóblase HD sobre HE alrededor de Hb (fig. 858).

Dóblase el cuadrado HGAE de la misma manera que el HIDE.

Desdóblanse todos los pliegues, hasta regenerar la figura 857.

2. Dóblase otra vez HI sobre HD; dóblase ahora HI sobre Ha (fig. 859).

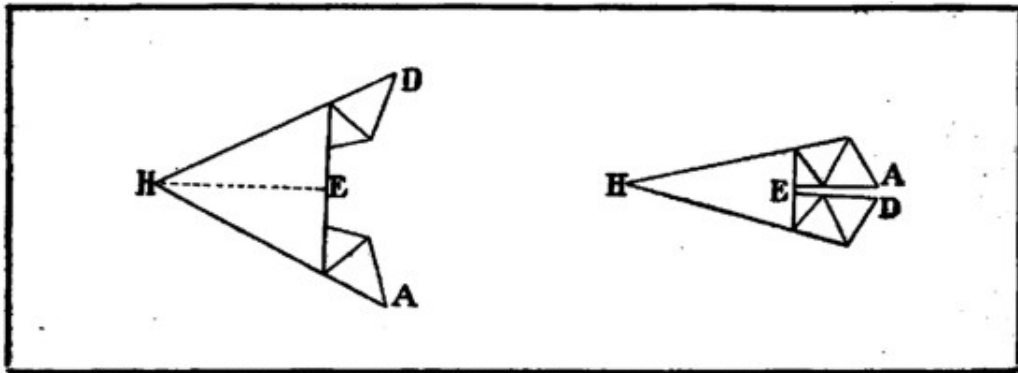


Figuras 860 y 861

Dóblase Ha (con HI) sobre Hb; dóblase ahora HI (con Ha) sobre HD (fig. 860).

Dóblase HD (con Ha y HI) sobre HE; dóblase ahora HI (con Ha y Hd) sobre Hb (fig. 861).

Dóblase el cuadrado HGAE de la misma manera que el HIDE.



Figuras 862 y 863

3. Vuélvese (fig. 862). Dóblase HD sobre HE. Dóblase HA sobre HE. Vuélvese.

Dóblase la porción inferior sobre la superior alrededor de HE (fig. 863).

Con las tijeras, se da un corte transversal por E.

Abriendo se hallará un filtro doblado en ziszás, con la excepción de dos facetas (una inmediata a HG y otra inmediata a HI) cuyos dos pliegues son de igual sentido. Dóblanse estas facetas por mitad, para que también en ellas se continúe la línea de ziszás.

Estos filtros filtran más rápidamente que los filtros sin pliegues. Pueden usarse con toda clase de embudos. Respecto al tamaño, también las paredes del embudo deben sobresalir de los bordes del filtro.

CAPÍTULO 3

En el campo

Trompos sencillos

965. Con media bellota y una delgada astilla se puede formar un excelente trompo para hacerlo danzar sobre la mesa o dentro de un plato.



Figura 864

También con nueces y una astilla se construyen buenos trompos.

Una rodaja de patata, de queso o de castaña atravesada por un palillo formará un trompo sobre el cual se podrán adaptar papeles diversamente recortados o pintados, para proceder a ensayos referentes a composición de colores (485). Hasta un tapón o un carrete atravesados por una astilla pueden servir de peonzas (fig. 864).

Casca-avellanas improvisado

966. Ábrese sobre una rama verde, flexible, una muesca limitada por dos cortes transversales y uno longitudinal. La distancia de los dos cortes transversales ha de ser aproximadamente igual al diámetro de una avellana.

Colocada en la muesca la avellana que ha de romperse, se dobla la rama en el sentido de acercar los bordes de los dos cortes transversales (fig. 865).

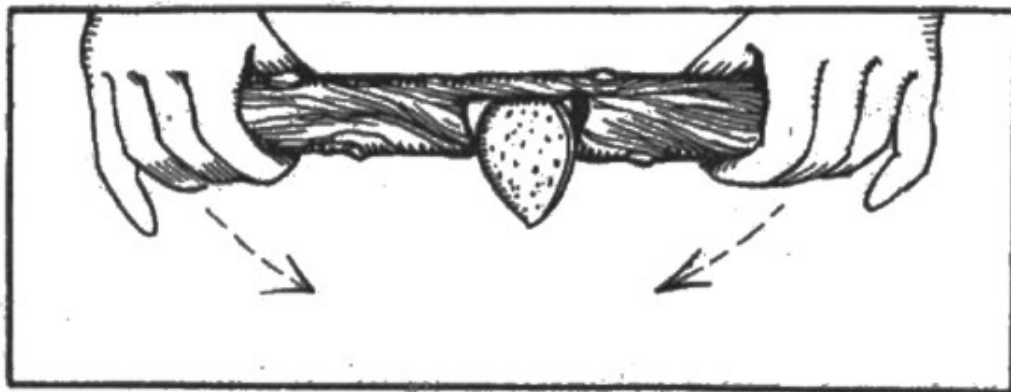


Figura 865

Conservación de las flores

967. La costumbre de conservar las flores poniendo en agua sus tallos tiene su fundamento racional en la ósmosis que se verifica a través de las paredes de las células vegetales.

Cuando las células vegetales, sacos microscópicos, están llenas de agua, se mantienen lisas, turgentes; las arrugas y la flaccidez aparecen cuando las células comienzan a estar vacías. Pues bien: los pétalos en un ambiente que no esté completamente húmedo pierden por evaporación el agua de sus células y por lo tanto éstas se vuelven flácidas y la flor se marchita.

Pero si a través de las paredes de las mismas células reciben éstas por ósmosis tanta agua como pierdan por evaporación o más, su turgencia se conservará o aumentará y las flores se mantendrán lozanas.

De lo dicho en el número anterior se deducen las condiciones más favorables para la conservación de las flores:

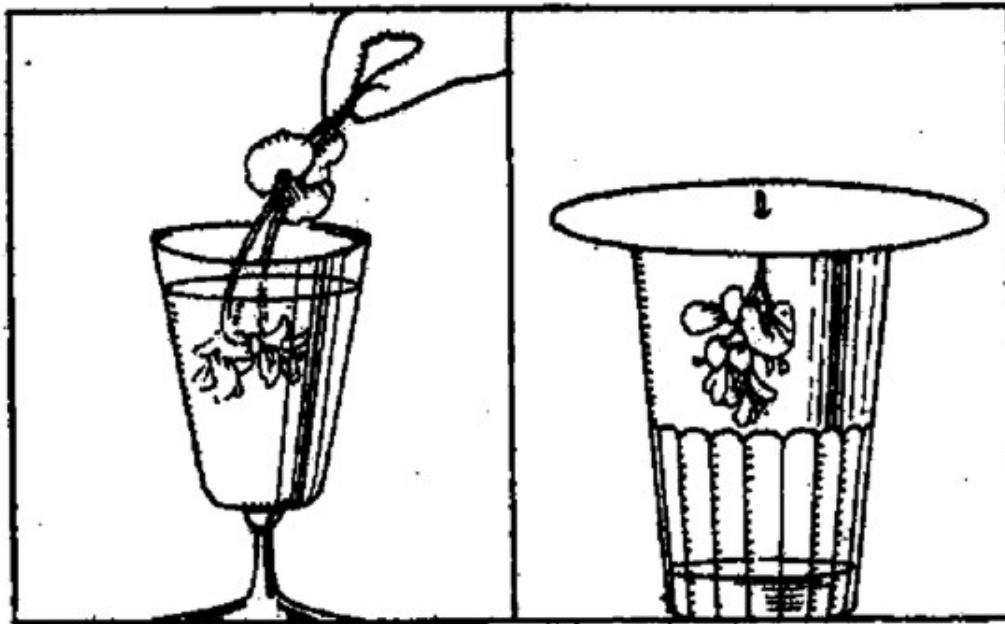
1. Ambiente húmedo y frío, para impedir o dificultar la evaporación. Por esto en otoño e invierno las flores cortadas se mantienen lozanas durante muchos días.
2. Sumergir en el agua los tallos para establecer la ósmosis.
3. Facilitar la penetración de agua en los tallos, cortándolos en bisel y renovando el corte en cuanto la flor empiece a marchitarse.
4. Renovación del agua en que estén sumergidos los tallos, para eliminar las impurezas producidas por la exósmosis.
5. Emplear agua lo más pura posible. Sin embargo, se ha observado que con la adición de un poco de sal amoníaco (cloruro amónico) al agua, se conservan las flores mejor.

En el ya citado Recetario doméstico de Ghersi y Castoldi podrán verse diversos procedimientos para obtener estos efectos.

Cambios del color de las flores

969. Diversos líquidos y gases alteran el color de las flores. En el número 763 hemos visto, por ejemplo, cómo son las flores decoloradas por el gas sulfuroso.

Unas violetas decoloradas por ese gas adquirirán en seguida un color rojo bañándolas en agua acidulada con unas gotas de ácido sulfúrico (fig. 866).



Figuras 866 y 867

Expuestas las mismas violetas a los vapores de amoníaco se volverán intensamente verdes. Para conseguir este resultado se verterá un poco de amoníaco en un vaso, y se tapará éste con un cartón o cartulina del que cuelgue, dentro del vaso, el ramo de flores, como representa la figura 867.

970. El amoníaco, ya en forma de gas, ya disuelto en el agua, como se halla en el comercio, cambia muy diversamente los distintos colores florales.

Pero es más eficaz la acción del amoníaco si se mezcla con éter ordinario (éter sulfúrico) en la proporción de nueve partes de éter por una de amoníaco, en volumen.

Sumergidas en este éter amoniacal las flores de color púrpura o rosa toman un matiz verde vivísimo. Las flores blancas se vuelven amarillas o anaranjadas. Algunas flores rojas se vuelven azules. Las que presentan corola policroma, sufren los más sorprendentes cambios. No mencionamos especies determinadas, para no

quitar al experimento su aliciente mayor: el carácter de pregunta hecha a la Naturaleza, ignorando la respuesta que necesariamente habrá de darnos.

También se pueden salpicar con el éter amoniacal las flores de color uniforme para obtener bellísimos y caprichosos efectos.

971. Nuevos cambios pueden sufrir las flores cuyo color haya sido modificado por el éter amoniacal: bastará, por ejemplo, someterlas a la acción de un gas de propiedades ácidas, puesto que el amoníaco las tiene básicas. El gas ácido que más a mano se tiene es el ácido clorhídrico.

En el fondo del vaso de la figura 867 pondremos ácido clorhídrico del comercio, cuyos vapores pronto formarán un ambiente ácido. Sometiendo a la acción de este ambiente las flores cuyo color haya alterado el amoníaco, algunas recobrarán el color primitivo y otras adquirirán un tercer color.

Pero todas las flores, sometidas a esta segunda acción química, quedan completamente marchitas.

972. Al ambiente de ácido clorhídrico pueden someterse también las flores sin haber sufrido la acción del éter amoniacal. Mas entonces la acción del gas ha de prolongarse algunas horas para que la transformación del color sea perceptible.

En este caso las flores no se marchitan tanto como en el anterior.

973. Los cambios del color de las flores, descritos en los anteriores párrafos, débense a transformaciones químicas de la propia substancia colorante de los pétalos. No así otros, como el que vamos a describir, más relacionados con la prestidigitación que con la ciencia.

Con cristalitos de rojo de anilina espolvoreése una rosa blanca, y luego sacúdase la flor para que no se perciba el polvillo en sus pétalos. Mojándola entonces con alcohol, o mejor, rociándola con agua de Colonia, por medio de un pulverizador de tocador, las mínimas y no advertidas partículas de la substancia colorante que habían quedado retenidas en los pétalos se disolverán en el líquido alcohólico y mancharán de rojo la blancura de la rosa (fig. 868).

Y si queremos atender al lado científico de ese experimento, podemos decir que con él se demuestra el elevadísimo poder colorante de los colores de anilina.

El mismo experimento se puede realizar sobre una hoja de papel blanco, a falta de flores.

974. El ácido nítrico muy diluido en agua sirve también para cambiar muchos matices florales. Para usarlo, se sumergen en él por un instante los pétalos, se sostienen en el aire hasta que el cambio aparezca, y se lavan, agitándolos en el agua, para eliminar el exceso de ácido.

Ese líquido ácido vuelve amarillas a las flores blancas, anaranjadas a las rojas, rojo-purpurinas a las moradas, rojo-carmesí a las azules y verdosas a las amarillas.

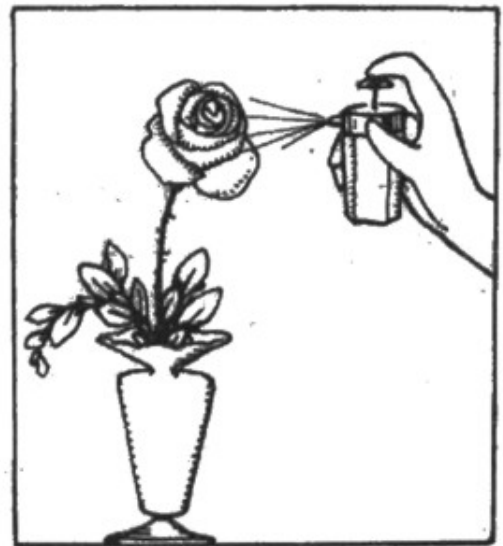


Figura 868

975. Sobre muchas flores produce manchas de diversos colores la ceniza de tabaco, por la reacción alcalina que posee: las manchas son verdes en general sobre los pétalos azules, azules sobre los pétalos purpúreos, amarillas sobre los blancos. Espolvoreando una flor con aquella ceniza se obtienen sorprendentes efectos.

976. Pueden teñirse las flores frescas introduciendo sus tallos en verdaderos baños de tintura, formados por soluciones acuosas de colores de anilina. Un poco de alcohol aumentará la solubilidad del colorante, si éste no se disuelve bastante en el agua. La concentración de la solución dependerá en cada caso del tinte que se quiera comunicar a los pétalos.

El nuevo color empieza a aparecer en el borde exterior de los pétalos y va invadiendo lentamente toda la superficie.

Por este procedimiento, puede teñirse la flor en vivo sobre la misma planta, regándola con las soluciones colorantes antedichas, después de haber cortado algunas raíces para que por las secciones se establezca intensamente la absorción.

Hemos de advertir que no todos los colores de anilina sirven para teñir por absorción las flores. Duchaussoy, profesor de Química en Amiens, descubrió en 1909 que sólo son aplicables los colores ácidos o para lana y que deben excluirse los colorantes básicos.

Huevos de gallina grabados

977. Es una operación muy sencilla grabar en la cáscara de un huevo dibujos o inscripciones. Basta señalar con cera o sebo los trazos y abandonar el huevo en un baño ácido, de vinagre o ácido clorhídrico muy diluidos en agua. Al cabo de algún tiempo, que si el ácido está muy diluido podrá llegar hasta dos o tres horas, se retira el huevo del baño, se lava con agua y se elimina con bencina la capa de grasa.

Frutas decoradas por el sol

978. *Nil sub sole novum.* La placa fotográfica, el papel fotográfico, con sus superficies sensibles a la luz, parecen algo enteramente artificial o artificioso, sin precedentes en el mundo antes de los trabajos de Daguerre. Y no obstante, la piel de los frutos es asimismo sensible a la luz, y los rayos del sol crean en ella esas hermosas coloraciones, encanto para los ojos y tentación para los dientes.

Recortando en papel una figura cualquiera y pegándola, con cola resistente a la humedad, sobre la cara más expuesta al sol, de un fruto ya casi enteramente desarrollado, pero todavía verde, después, al llegar a la madurez, despegando el papel se hallará reproducida en la superficie del fruto la misma figura, por no haber actuado los rayos de sol en la porción cubierta por el papel.

Así se pueden obtener y se obtienen frutas con siluetas, monogramas, estrellas, etc.

Hojas convertidas en blondas

979. La finísima red de nervaduras de una hoja de roble, castaño o nogal, una vez eliminado el parénquima o tejido blando de la misma hoja, forma un encaje tan delicado, que parece salido de las hábiles manos de las encajeras de Arbós o de Arenys.

Para eliminar el parénquima, basta apoyar la hoja por el envés sobre un almohadón y golpearla reiteradamente por el anverso con un cepillo algo fuerte.

Pegando sobre la hoja una figura recortada en papel, la porción cubierta por ella quedará resguardada del efecto disgregante del cepillo, y al separar después el papel, sobre el encaje aparecerá reproducida la misma figura (fig. 869).

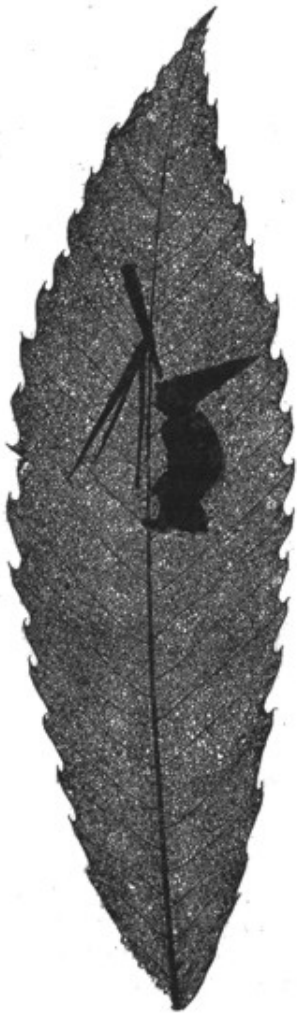


Figura 868

Pueden emplearse lo mismo hojas verdes que hojas secas, y su conservación entre las páginas de un libro es en todo caso indefinida.

El collar de avellanas

980. Royendo o limando ligeramente los extremos de las avellanas se descubren los orificios de entrada de unos tubitos capilares que atraviesan la cáscara en toda su longitud.

Fácilmente se logra pasar cabellos de mujer por esos tubos, y aun ensartar varias avellanas en un mismo cabello.

Así se preparan collares de dos y de tres cabellos, que no sabemos si están de moda, como adorno femenino, en alguna tribu salvaje, o lo estarán, algún día, en alguna nación civilizada.

Maceta viva

981. La mitad superior de una remolacha o de una zanahoria, sostenida más o menos artísticamente, constituye una buena maceta para un bulbo de jacinto, o para otros bulbos, más vulgares, de ajo o de cebolla.

La mitad elegida de la remolacha se purga de raicillas y hojas; en la cara plana se abre una cavidad, que ensanchándose un poco hacia el interior, tenga una boca de diámetro algo menor que el bulbo de jacinto. Con éste se cierra la cavidad, previamente llena de agua, y todos los días, levantando un poco el bulbo, se añade líquido. Al cabo del tiempo normal, el bulbo echará el brote y las hojas, y llegará a

florecer. Es notable que al mismo tiempo, por abajo, también echa hojas la maceta, es decir, la zanahoria o remolacha (fig. 870).

Un roble en una copa

982. Con un trípode de alambre dispuesto patas arriba se sostendrá una bellota de roble entera y madura en el centro de una copa, en la que se verterá agua hasta que llegue a lamer la bellota, pero no más. Todos los días se repondrá el agua espontáneamente evaporada.

Al cabo de algún tiempo la bellota echará las raíces descendentes; en seguida se abrirán los cotiledones y surgirá con sus hojuelas el tallo de un roble, cuyo desarrollo podrá prolongarse durante algunos meses en las mismas condiciones.

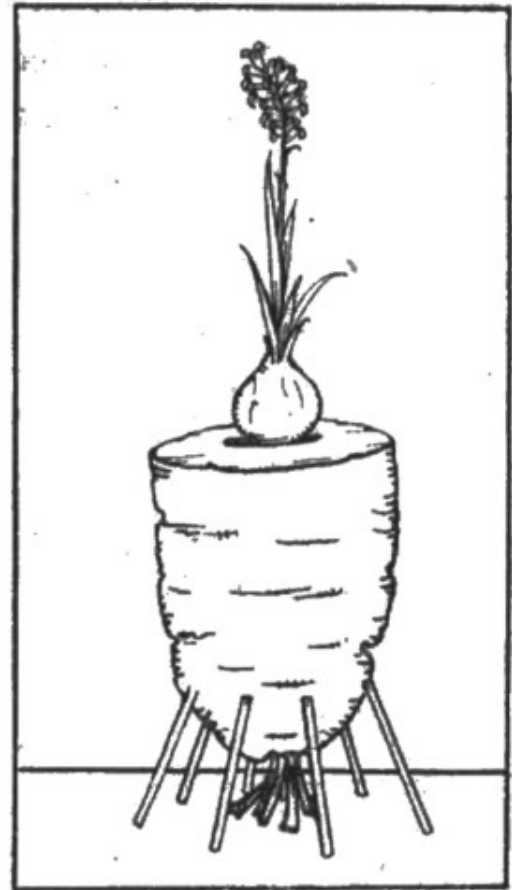
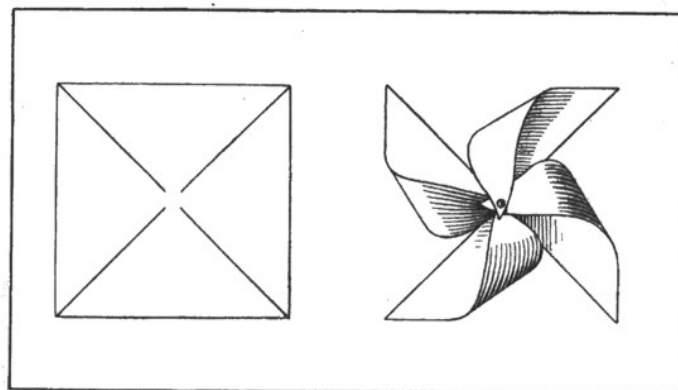


Figura 870

Molinos de viento

983. Se corta un cuadrado de papel según las diagonales, sin llegar al centro. Cuatro puntas, alternadas, de las ocho obtenidas, se vuelven hacia el centro y se atraviesan las cuatro y el centro con un alfiler, que se clava en un palo o en una caña (figs. 871 y 872).



Figuras 871 y 872

La hélice obtenida, puesta de cara al viento, girará con gran velocidad, y girará también, a falta de viento, paseándola rápidamente por el aire.

984. Superponiendo dos cuadrados de papel recortados como se ha dicho y de manera que siendo el centro común, los lados del uno estén inclinados 45° con respecto a los del otro, y atravesando con el alfiler ocho puntas alternadas, de las dieciséis obtenidas, resultará un molino de ocho aspas. Si los dos cuadrados de papel son de distinto color, las aspas presentarán los dos colores alternados.

Con molinos así preparados con diversos pares de colores, puede estudiarse la combinación de los colores por persistencia de las imágenes en la retina (485).

Globos de papel

985. Recórtanse en papel de seda unas doce o quince tiras de la forma y dimensiones marcadas en la figura 873 y se pegan por sus bordes de modo que vengan a formar el globo abierto por debajo.

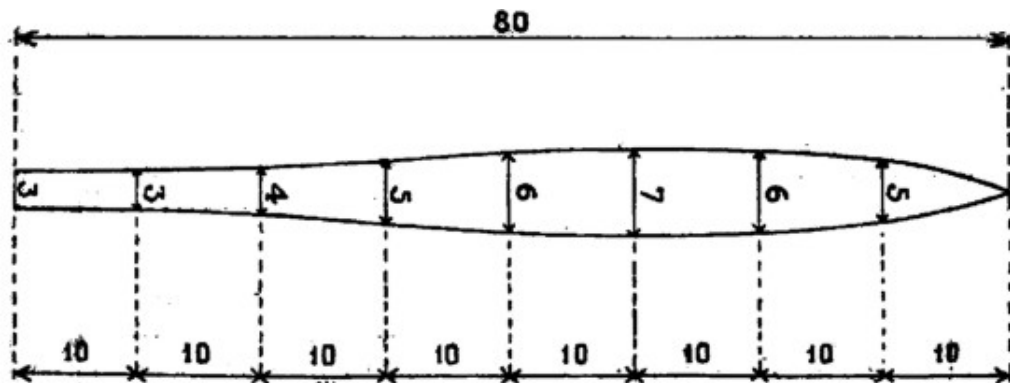


Figura 873

A la abertura inferior se une un cilindro del mismo papel, reforzado por dos aros de alambre delgado; de estos dos aros, el superior lleva dos alambres diametrales en cruz, con objeto de sostener un pedazo de algodón en rama impregnado de alcohol. Para elevar el globo, una vez suspendido el pedazo de algodón, seco, de la cruz de alambre, se abanica el aeróstato por la abertura inferior con objeto de henchirlo, y cuando esto se haya conseguido, se moja el algodón con alcohol y se le pega fuego.

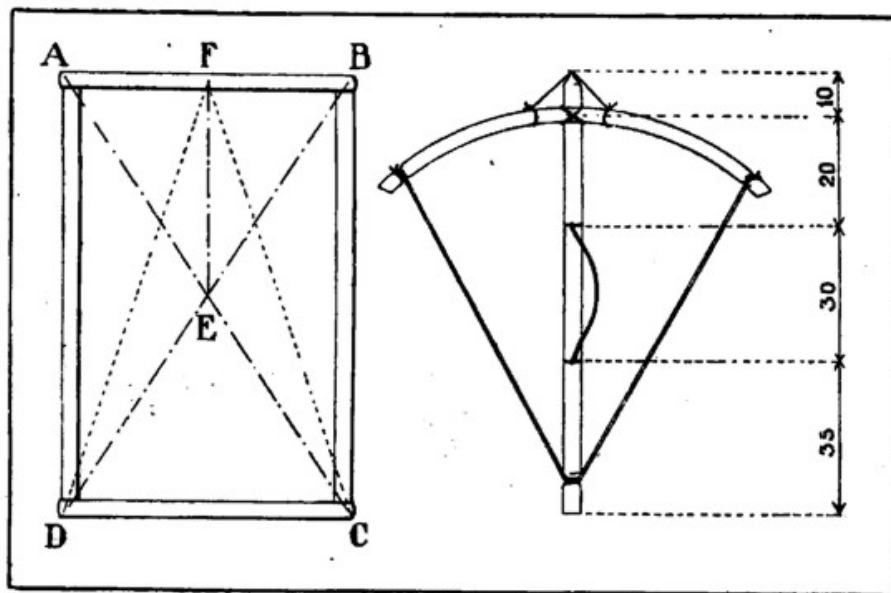
Así se calienta y se dilata el aire interior; el globo, que hasta este momento se ha sostenido por el aro de alambre inferior, y aun por su cúspide (en la cual conviene pegar, al construir el globo, una tirita saliente de papel) se puede soltar en cuanto se manifieste su tendencia a ascender.

El papel de seda ordinario tiene el inconveniente de ser demasiado inflamable. Constrúyense globos casi incombustibles con papel de seda que se ha impregnado, con una brocha, de la siguiente solución, a la temperatura de 500, y dejado secar al aire (Buchheister Ottersbach, obra citada):

Sulfato amónico	50	gramos
Acido bórico	30	"
Bórax	20	"
Agua	1000	"

La cometa

986. Con medias cañas o delgados listones -de madera se construye el armazón de una cometa rectangular, formado por los cuatro lados y las dos diagonales, y cuyas dimensiones (base y altura) estén aproximadamente en la proporción de 2 a 3.



Figuras 874 y 875

Al punto E (fig. 874) se ata un cordel de longitud igual a EF, y a los vértices A y B se atan cordeles de longitud igual a A B. Únanse los tres cordeles por su extremo libre, y al mismo punto de unión se ata el extremo del ovillo que se irá desarrollando a medida que la corneta vaya elevándose en el aire.

A los puntos C y D se atarán cordeles de longitud igual a CF, y cuyos extremos, unidos entre sí, serán el punto de partida de la cola formada por un largo cordel al que de trecho en trecho se habrán atado pedazos de papel y en su extremo libre un pedazo más grande o un trapo. La longitud y peso más conveniente de la cola se determinan por tanteo, no siendo difícil en un momento, mientras se ensaya el vuelo, suprimir o agregar porciones de cola.

Se obtiene un vuelo más seguro uniendo los vértices A y B por un bramante bien tenso, de manera que se encorve un poco el listón superior, presentando su convexidad en la cara anterior.

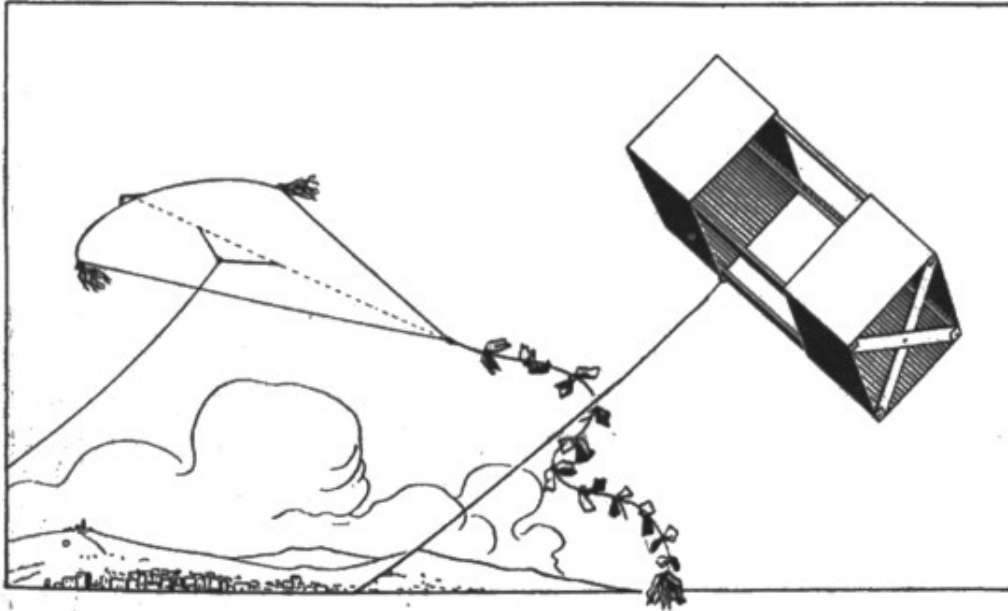
987. Dos cañas o mimbres sólidamente unidos en cruz bastan para formar el armazón de otra corneta muy fácil de construir. Una de las cañas se tomará de t metro de longitud, y la segunda, de 80 a 90 centímetros, se clavará a la distancia de 10 centímetros, del extremo de la primera. Sobre esta misma, en orificios practicados a distancias de 35 y 65 centímetros del extremo se atarán los cabos de un trozo de cordel de unos 40 centímetros de longitud; con otros trozos de cordel, se unirán los extremos de la varilla transversal a la parte inferior de la varilla larga, procurando que la tensión de estos cordeles ponga asimismo en tensión, doblándola como un arco, la varilla transversal.

El armazón así formado se cubre de papel pegado con engrudo y se provee de una cola de retazos de papel atados de trecho en trecho a un cordel de unos seis metros de longitud.

La figura 875 indica las proporciones del armazón y la 876 el modo de volar la corneta terminada.

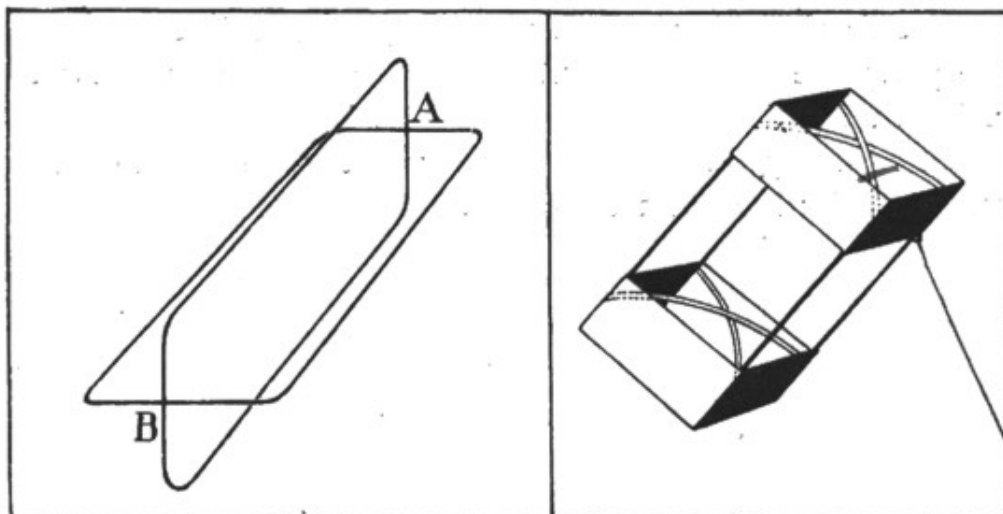
Las antiguas cometas catalanas de tela o papel tienen forma de hexágono alargado, con los lados superior e inferior más cortos. El armazón consiste simplemente en tres cañas, dos largas, iguales, y una corta, que se aplican diagonalmente al hexágono de tela o papel, penetrando las muescas de sus extremos en los ojales de

los vértices. El hilo termina en tres ramales unidos respectivamente a los dos vértices superiores y al centro; el rabo está suspendido de los dos vértices inferiores.



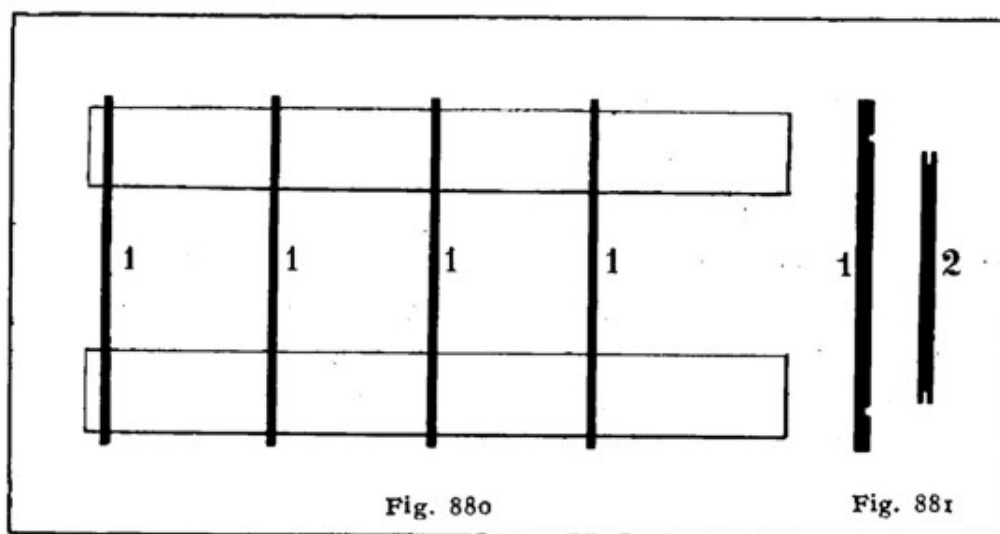
Figuras 876 y 877

Son muy notables y pueden alcanzar alturas de algunos centenares de metros, cuando son de grandes dimensiones, las cometas llamadas americanas o de Hargrave (fig. 877).



Figuras 878 y 879

El armazón de la corneta americana puede formarse con dos alambres de hierro o de latón, de 3 a 4 milímetros de diámetro y 1,50 metros de longitud, doblados de manera que formen un rectángulo con base de 20 ó 25 centímetros y altura de 50 ó 60 centímetros. Los dos rectángulos se unen en la forma representada en la figura 878, soldando o atando los puntos A y B. Alrededor de este armazón se pegan dos bandas de papel o de tela, de 20 centímetros de anchura, como está representado en las figuras 877 y 879.



Figuras 880 y 881

990. El armazón puede estar formado también por cuatro varillas ligeras de unos 80 centímetros de longitud y cuatro de 40 centímetros (fig. 881, 1 y 2). Las primeras se unen paralelamente a la distancia de 35 centímetros mediante dos tiras de papel fuerte de unos 20 centímetros de ancho pegadas a sus extremos (fig. 880), y se da al conjunto la forma prismática. Las varillas de 40 centímetros se unen dos a dos en cruz, para retener abierto el prisma. Separando las dos cruces, el prisma, formado por las cuatro varillas largas y el papel, se aplasta, y puede transportarse con comodidad. Para facilitar la separación de las cruces y afirmarlas bien al montar el aparato, las varillas cortas llevan en sus extremos unas muescas como las de las cañas que se ponen en las jaulas de los canarios, y otras muescas parecidas hay cerca de los extremos de las varillas largas.

Los travesaños en cruz pueden usarse también por separado, tomándolos de longitud un poco mayor y haciéndolos penetrar doblados en el prisma, de manera que se sostengan por su tensión (fig. 879)

991. Para el vuelo de las cometas ordinarias conviene disponer de unos 200 metros de cordel. Para las cometas americanas conviene disponer de mucho más; pero siempre con objeto de facilitar su desarrollo, se devanará el cordel sobre un palo en la forma representada en la figura 882.

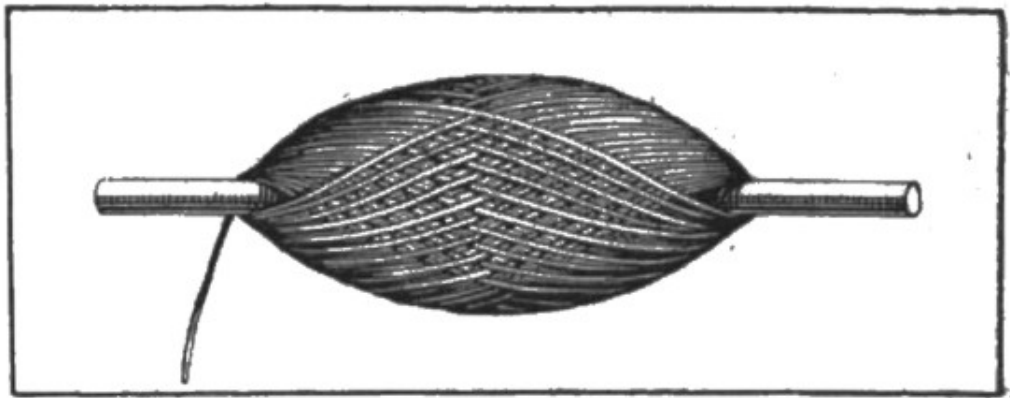


Figura 882

Bibliografía

<i>Abraham</i>	Recueil d'expériences élémentaires de Physique.
<i>Ahrens</i>	Altes und Neues aus der Unterhaltungsmathematik.
<i>Ahrens</i>	Mathematische Unterhaltungen und Spiele.
<i>Bachet-Labosne</i>	Problèmes plaisants et délectables qui se font par les nombres.
<i>Beisswanger</i>	Physikalisches Experimentierbuch für Knaben.
<i>Boys</i>	Bulles de savon (traducción francesa de Guillaume).
<i>Brugués</i>	Química popular.
<i>Buchheister-Ottersbach</i>	Recetario de droguería (traducción española de Alvarado, Estalella y Moreno).
<i>Casson</i>	Axiomas de los negocios (traducción española de Martínez Amador).
<i>Commelerán</i>	Técnica del Dibujo.
<i>Darzens</i>	Initiation chimique.
<i>Delaunay</i>	Cours élémentaire d'Astronomie.
<i>Desbry-Lauret</i>	Les expériences amusantes.
<i>Dominik</i>	Amüsante Wissenschaft.
<i>Eisenmenger</i>	Physique: son Rôle et ses Phénomènes dans la Vie quotidienne.
<i>Escrache</i>	Elementos de Física.
<i>Estalella</i>	Compendio' de Química.
<i>Estalella</i>	Curso de Química.
<i>Estalella</i>	La simplificación del material escolar de Física y Química.
<i>Estalella</i>	Prácticas de Física.
<i>Fontseré</i>	Ciencias físicas y naturales.
<i>Fontseré</i>	Geometría elemental.
<i>F. T. D.</i>	Tratado práctico de Perspectiva.
<i>Gheri</i>	700 giochi.
<i>Gheri Castoldi</i>	Recetario doméstico (traducción española de Novellas).
<i>Gierke-Davidsohn</i>	Allerlei Papierarbeiten.
<i>Graetz</i>	Das Licht und die Farben.
<i>Graetz</i>	La electricidad y sus aplicaciones (traducción española de Terradas).
<i>Guillemin</i>	El mundo físico (traducción española de Aranda).
<i>Heraud</i>	Jeux et récréations scientifiques.
<i>Hernández Pacheco</i>	Prácticas elementales de Historia Natural.
<i>Herpin</i>	Recreaciones químicas (traducción española de un Profesor de Química).
<i>Kern</i>	Selbst ist der Mann.
<i>Kleiber-Estalella</i>	Compendio de Física y Química.

<i>Kleiber-Karsten</i>	Tratado popular de Física (traducción española de Estalella).
<i>Kolumbus-Eier.</i>	
<i>Lassar Cohn</i>	La Chimie; son Rale dans la Vie quotidienne (traducción francesa de Sauvalle).
<i>Lozano</i>	Física.
<i>Lozano</i>	Tratado de Acústica.
<i>Mascareñas</i>	Elementos de Química general y descriptiva.
<i>Moser</i>	Wissenschaftliche Allotria .
<i>Mouldars</i>	Grande encyclopédie des jeux et des divertissements.
<i>Muffone</i>	La Fotografía (traducción española de Domenge).
<i>Neuburger</i>	Ergotzliches Experimentierbuch.
<i>Nothdurft</i>	Chemisches Experimentierbuch.
<i>Ostwald</i>	Elementos de Química (traducción española de Bargalló).
<i>Pfeiffer</i>	Das Buch der Probleme, Kuntstücke und Gesellschaftscherze.
<i>Rebenstorff</i>	Physikalisches Experimentierbuch.
<i>Sassi</i>	ABC de la Fotografía (traducción española de J. de D. S. H.).
<i>Sassi</i>	Recetario fotográfico (traducción española de J. de D. S. H.).
<i>Savigny</i>	Les amusements de la Science.
<i>Scheid..</i>	Chemisches Experimentierbuch
<i>Schuster.</i>	Lustige Rechenkunst.
<i>Tissandier</i>	Las recreaciones científicas (traducción española de Paret).
<i>Tom-Tit</i>	La Science amusante.
<i>Trippard</i>	Elementos de Matemáticas (traducción española de Mantero).
<i>Vergnaud</i>	Magie naturelle et amusante.
<i>Weute</i>	Die Kultur der Kulturlosen.