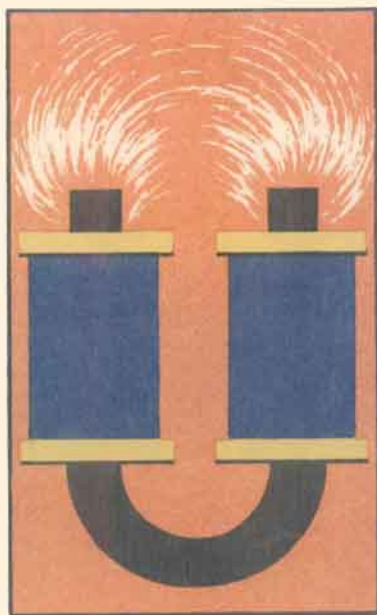
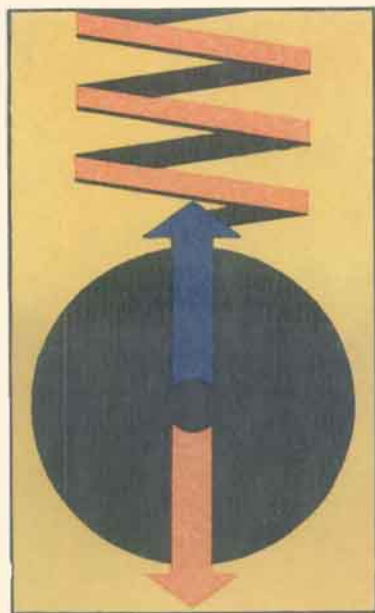


Datos iniciales sobre la estructura
de la materia · Movimiento
y fuerzas · Presión de los líquidos y gases ·
Trabajo y potencia · Fenómenos
térmicos · Electricidad

FÍSICA 1

A.V. Piórishkin N.A. Ródina



Editorial Mir Moscú

Unidades de longitud

1 metro (1 m)

1 kilómetro (1 km), $1 \text{ km} = 1000 \text{ m}$

1 decímetro (1 dm), $1 \text{ dm} = 0,1 \text{ m}$

1 centímetro (1 cm), $1 \text{ cm} = 0,01 \text{ m}$

1 milímetro (1 mm), $1 \text{ mm} = 0,001 \text{ m}$

Unidades de área

1 metro cuadrado (1 m^2)

1 kilómetro cuadrado (1 km^2),

$1 \text{ km}^2 = 1000000 \text{ m}^2$

1 hectárea (1 ha), $1 \text{ ha} = 10000 \text{ m}^2$

1 área (1 a), $1 \text{ a} = 100 \text{ m}^2$

1 decímetro cuadrado (1 dm^2), $1 \text{ dm}^2 = 0,01 \text{ m}^2$

1 centímetro cuadrado (1 cm^2),

$1 \text{ cm}^2 = 0,0001 \text{ m}^2$

1 milímetro cuadrado (1 mm^2),

$1 \text{ mm}^2 = 0,000001 \text{ m}^2$

Unidades de volumen

1 metro cúbico (1 m^3)

1 kilómetro cúbico (1 km^3),

$1 \text{ km}^3 = 1000000000 \text{ m}^3$

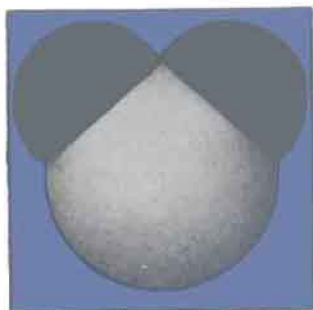
1 decímetro cúbico (1 dm^3), $1 \text{ dm}^3 = 0,001 \text{ m}^3$

1 centímetro cúbico (1 cm^3),

$1 \text{ cm}^3 = 0,000001 \text{ m}^3$

1 litro (1 l), $1 \text{ l} = 1 \text{ dm}^3$

1 mililitro (1 ml), $1 \text{ ml} = 0,001 \text{ l} = 1 \text{ cm}^3$



А.В.Перышкин
Н.А.Розина
"Физика"
Учебник для
6–7 классов
Москва
"Просвещение"

A.V.Piórishkin N.A.Ródina

FÍSICA 1

Traducido del ruso por el ingeniero
Antonio Ballesteros Elías

Editorial Mir Moscú



Impreso en la URSS.

На испанском языке

© издательство «Просвещение». 1982

© traducción al español, editorial MIR. 1986

Índice

PARTE PRIMERA

Introducción

1. La naturaleza y el hombre	11
2. De qué se ocupa la física	11
3. Cuerpo, sustancia, materia	13
4. Observaciones y experimentos	14
5. Magnitudes físicas. Medición de las magnitudes físicas	15
6. Física, técnica, naturaleza	16

Datos iniciales sobre la estructura de la materia

7. Estructura de la materia	22
8. Moléculas	24
9*. Difusión de los gases, líquidos y sólidos	26
10. Velocidad de movimiento de las moléculas y temperatura de los cuerpos	28
11. Atracción y repulsión mutua de las moléculas	28
12. Tres estados de la materia	30
13. Diferencias en la estructura molecular de los sólidos, líquidos y gases	32

Movimiento y fuerzas

14. Movimiento mecánico	33
15. Movimiento uniforme y variado	35
16. Velocidad del movimiento uniforme. Unidades de velocidad	36
17. Velocidad media del movimiento variado	38
18. Cálculo del recorrido y del tiempo de movimiento	39
19. Inercia	41
20. Inercia en la vida cotidiana y en la técnica	43
21. Interacción de los cuerpos	44
22. Masa de un cuerpo. Unidad de masa	46
23. Definición de la masa de los cuerpos en balanzas	48
24. Densidad de la sustancia	49
25. Cálculo de la masa y el volumen de un cuerpo según su densidad	51
26. Expresión de la densidad de la sustancia con ayuda	

de la masa de una molécula y el número de moléculas por unidad de volumen	52
27. Fuerza	54
28. Fenómeno de la gravitación. Fuerza de la gravedad	56
29*. Fuerza elástica. Peso de los cuerpos	57
30*. Unidades de fuerza. Relación entre la fuerza de la gravedad y la masa del cuerpo	59
31. Dinamómetro	61
32. La fuerza es una magnitud vectorial	62
33. Composición de dos fuerzas, dirigidas por una misma recta. Resultante de las fuerzas	64
34. Fuerza de rozamiento	66
35. Rozamiento en reposo	68
36. El rozamiento en la naturaleza y la técnica	69
37. Fuerzas de interacción de las moléculas. Fenómeno de humectación	72
38. Presión. Unidades de presión	74
39. La presión en la naturaleza y en la técnica	76
40. Presión del gas	79
Presión de los líquidos y gases (hidro y aerostática¹⁾)	81
41. Transmisión de la presión por los líquidos y gases. Ley de Pascal	81
42. Superficie libre de un líquido	84
43. Presión en los líquidos y gases	85
44*. Cálculo de la presión del líquido sobre el fondo y las paredes del recipiente	86
45. Vasos comunicantes	89
46. Peso del aire. Presión atmosférica	93
47. Existencia de la cubierta de aire de la Tierra	94
48*. Medición de la presión atmosférica. Experimento de Torricelli	96
49. Barómetro aneróide	99
50. Presión atmosférica a diferentes alturas	100
51. Manómetros	102
52. Bomba hidráulica de pistón	104
53*. Prensa hidráulica	105
54. Acción de un líquido y un gas sobre un cuerpo sumergido	108
55*. Fuerza de empuje (de Arquímedes). Principio de Arquímedes	110
56. Flotación de los cuerpos	112
57. Flotación de los barcos	115
58. Aeronáutica	117
Trabajo y potencia. Energía	119
59. Trabajo mecánico. Unidad de trabajo	119

60. Potencia. Unidades de potencia	121
61. Mecanismos simples	123
62. Palanca. Equilibrio de fuerzas en la palanca	125
63. Las palancas en la técnica, la vida cotidiana y la naturaleza	128
64. Aplicación a la polea de la ley de equilibrio de la palanca	131
65. Igualdad de trabajos al utilizar mecanismos simples. "Regla de oro" de la mecánica	133
66. Rendimiento de un mecanismo	135
67. Energía	137
68. Energía potencial y cinética	138
69*. Transformación de un tipo de energía mecánica en otro	141

PARTE SEGUNDA

Fenómenos térmicos

Transmisión de calor y trabajo

70. Movimiento térmico	144
71. Energía interna	144
72. Procedimientos para variar la energía interna de un cuerpo	147
73. Conductividad térmica	149
74. Convección	151
75. Ejemplos de la convección en la naturaleza y la técnica	153
76. Radiación	155
77. Ejemplos de transmisión de calor	157
78. Cantidad de calor. Unidades de cantidad de calor	158
79. Calor específico	161
80. Cálculo de la cantidad de calor, comunicada al cuerpo al calentarlo o que éste cede al enfriarse	162
81*. Energía del combustible. Poder calorífico del combustible	164
82. Principio de conservación y transformación de la energía en los procesos mecánicos y térmicos	165

Variación de los estados de agregación de la sustancia

83. Estados de agregación de la sustancia	167
84*. Fusión y solidificación de los cuerpos cristalinos	168
85. Gráfica de fusión y solidificación de cuerpos cristalinos	170
86. Fusión y solidificación sobre la base de la teoría de la estructura molecular de la materia	170
87. Calor específico de fusión	171
88. Desprendimiento de energía durante la solidificación de la sustancia	173

89. Evaporación y condensación	174
90*. Absorción de la energía durante la evaporación de un líquido y desprendimiento de la misma durante la condensación del vapor	176
91. Ebullición	177
92. Calor específico de vaporización y condensación	179
93. Ejemplos de cálculo de la cantidad de calor	180
Motores térmicos	182
94. Trabajo del gas y del vapor durante su expansión	182
95. Motores de combustión interna	183
96. Turbina de vapor	187
97. Rendimiento del motor térmico	189
Electricidad	
Estructura del átomo	190
98. Electrización de los cuerpos por contacto. Carga eléctrica	190
99. Dos géneros de cargas. Interacción de los cuerpos cargados	191
100. Electroscopio. Conductores y aisladores (no conductores) de la electricidad	192
101. Campo eléctrico	194
102. Divisibilidad de la carga eléctrica	195
103. Experimentos de Ioffe y Millikan. Electrón	196
104. Experimento de Rutherford. Modelo nuclear del átomo	198
105. Estructura de los átomos	201
106. Explicación de la electrización de los cuerpos	202
Intensidad de la corriente, tensión, resistencia	204
107. Corriente eléctrica	204
108. Fuentes de corriente	205
109. Circuito eléctrico y sus partes componentes	208
110. Corriente eléctrica en los metales	210
111. Corriente eléctrica en las disoluciones de los electrolitos	211
112. Efectos de la corriente eléctrica	213
113. Sentido de la corriente eléctrica	215
114. Intensidad de la corriente. Unidades de intensidad de la corriente	215
115. Amperímetro. Medición de la intensidad de la corriente	218
116. Tensión eléctrica	220
117. Unidades de tensión	221
118. Voltímetro. Medición de la tensión	222
119. Dependencia entre la intensidad de la corriente y la tensión	224
120. Resistencia eléctrica de los conductores. Unidades de resistencia	226

121. Ley de Ohm para un sector del circuito	227
122. Cálculo de la resistencia de un conductor. Resistividad	231
123. Ejemplos de cálculo de la resistencia, la intensidad de la corriente y la tensión de un conductor	233
124. Reóstatos y resistores	234
125. Circuito eléctrico en serie	236
126. Circuito eléctrico en paralelo	238
Potencia y trabajo de la corriente eléctrica	241
127. Potencia de la corriente eléctrica	241
128. Trabajo de la corriente eléctrica	243
129. Calentamiento de los conductores por la corriente eléctrica. Ley de Joule-Lenz	245
130. Bombillas de incandescencia. Aparatos calentadores eléctricos	246
131. Cortocircuito. Cortacircuitos	251
Fenómenos electromagnéticos	253
132. Campo magnético	253
133. Campo magnético de la corriente directa. Líneas magnéticas	254
134. Campo magnético de una bobina con corriente	256
135. Electroimanes y su aplicación	257
136. Imanes permanentes. Campo magnético de los imanes permanentes	260
137. Campo magnético de la Tierra	262
138. Teléfono	264
139. Electromotor	266
140. Fenómeno de la inducción electromagnética. Generadores de corriente eléctrica	269
141. Electrificación en la URSS	273
Trabajos de laboratorio	275
Resultados de los ejercicios	295
Material para la lectura adicional	296
1. Movimiento browniano	296
2. Ingravidez	297
3. Fuerza de la gravedad en otros planetas	298
4. Paradoja hidrostática. Experimento de Pascal	299
5. Presión sobre el fondo de los mares y océanos. Investigación de las profundidades de los mares	301
6. Máquinas e instrumentos neumáticos	302
7. Historia del descubrimiento de la presión atmosférica	304

8. Leyenda sobre Arquímedes	305
9. Energía del agua y el viento en movimiento. Motores hidráulicos y eólicos	307
10. Empleo de la energía solar en la Tierra	308
11. Cuerpos amorfos. Fusión de los cuerpos amorfos	309
12. Fundición de los metales	310
13. Refrigeradores	311
Problemas para repasar el material	312
Resultado de los problemas para repasar el material	324
Índice alfabético de nombres y materias	325

PARTE PRIMERA

Introducción

1. La naturaleza y el hombre

El aire, el agua, la tierra, las personas, los vegetales, los animales, el Sol, los planetas, el Universo, todo el mundo material que nos rodea recibe el nombre de Naturaleza.

La Naturaleza no fue creada por nadie, siempre ha existido y existirá. Está en constante variación o bien en movimiento: se mueven los planetas y las estrellas, los ríos cambian su curso, las plantas y los animales crecen y se desarrollan.

Gracias a la inteligencia y trabajo, el hombre introduce cambios en la naturaleza. Él ha construido ciudades y aldeas, fábricas, ha arado y sembrado los campos, ha inventado diversas máquinas. Las ciencias surgieron como resultado de que el hombre ha adquirido conocimientos de la naturaleza.

Al estudiar los cambios que transcurren en la naturaleza, los científicos establecieron que todos ellos se producen de *forma regular*, es decir, que todo fenómeno tiene su causa. Por ejemplo, la causa de la caída de diversos objetos sobre la Tierra es la atracción de ellos por nuestro planeta; el cambio del día por la noche en la Tierra se explica por el movimiento de ésta alrededor de su eje (fig. 1); una de las causas por las que hay viento es el calentamiento irregular del aire.

El objetivo de las ciencias sobre la naturaleza consiste en descubrir, estudiar sus leyes y utilizarlas para satisfacer las necesidades de la humanidad.

Las ciencias sobre la naturaleza se desarrollan constantemente. Con creciente amplitud y profundidad conocemos los fenómenos de la naturaleza y hallamos a éstos mayores aplicaciones prácticas. La explicación científica de los fenómenos de la naturaleza da la posibilidad de luchar más exitosamente con los equívocos religiosos, con la creencia en un Dios no existente y con las ceremonias religiosas.

2. De qué se ocupa la física

La física es una de las ciencias sobre la naturaleza. La palabra física deriva de un vocablo griego "PHYSIS", lo que significa NATURALEZA.

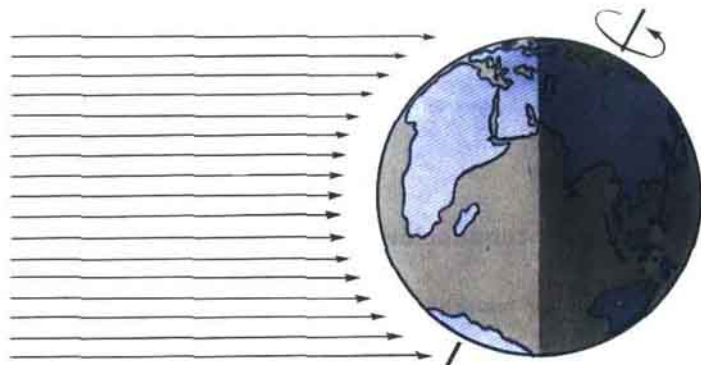


Fig. 1

En física estudiamos los fenómenos mecánicos, térmicos, eléctricos, luminosos. Todos ellos reciben el nombre de fenómenos físicos. La fusión del hielo, ebullición del agua, caída de una piedra y luminiscencia del filamento incandescente de una lámpara eléctrica, el relámpago, todos son diferentes fenómenos físicos.

Hay otras muchas ciencias que estudian la naturaleza, tales como astronomía, química, geografía, botánica, zoología. Todas estas ciencias utilizan las leyes de física. Por ejemplo, en geografía se aplican para explicar el clima, la corriente de los ríos, la creación de los vientos.

Con su ayuda se explica en zoología cómo transcurre el movimiento de los animales en la tierra y de los peces en el agua, cómo diferentes animales emiten y perciben los sonidos, cuál es la estructura de los órganos de la vista.

La física es una de las ciencias más antiguas. Los primeros físicos fueron los científicos griegos que vivieron centenares de años antes de nuestra era. Estos científicos fueron los primeros que intentaron explicar los fenómenos de la naturaleza que observaban.

El más eminente de los científicos de la antigüedad fue ARISTÓTELES (384-322 a. N.E.), que introdujo en las ciencias la palabra "física". En el idioma ruso esa palabra la introdujo M.V. LOMONÓSOV.

Todo lo descubierto y estudiado en física es el resultado del trabajo abnegado de muchos científicos de diferentes países y pueblos.

Muchos de los importantes descubrimientos, que han favorecido al fomento de la física, fueron hechos por los científicos: G. Galilei, I. Newton, M.V. Lomonósov, M. Faraday, D.I. Mendeléiev, Pedro y María Curie, E. Rutherford, A. Einstein, A.F. Ioffe, S.I. Vavilov, I.V. Kurchátov y otros.

Entre los más famosos científicos rusos ocupa en la ciencia particular lugar Mijail Vasilievich Lomonósov, el primer académico ruso. Mostrando gran laboriosidad M.V. Lomonósov alcanzó notables éxitos en diversas

ramas de las ciencias. El poeta ruso A.S. Pushkin escribió sobre M.V. Lomonósov: "Él creó la primera universidad rusa. O mejor dicho, él mismo fue la primera universidad rusa".

¿ ?

1. ¿Qué es la física?
2. ¿Qué estudia la física?
3. Citar ejemplos de fenómenos físicos.
4. ¿Por qué la física se considera como una de las ciencias fundamentales sobre la naturaleza?
5. ¿Quién introdujo la palabra "física" en la ciencia?

3.

Cuerpo, sustancia, materia

Además de las palabras corrientes, en física se emplean palabras especiales o bien TÉRMINOS, que designan las nociones físicas. Gradualmente, algunas de esas palabras han penetrado en nuestra lengua hablada, por ejemplo, tales como "electricidad", "energía", "cosmos". Así mismo, ciertas palabras de la lengua hablada se utilizan en física, pero en ocasiones ellas tienen otro contenido. Por ejemplo, en la vida cotidiana con el vocablo "cuerpo" se denomina el cuerpo del hombre o de un animal. En física reciben el nombre de cuerpo físico no sólo los indicados, sino también una casa, un tractor y la Luna, así como una partícula de polvo, es decir, todo objeto. Varios cuerpos físicos están representados en la fig. 2: un lápiz, un grifo, una gota de agua, un globo lleno de aire,

Todo cuerpo tiene forma y ocupa cierto volumen. En la fig. 3 se muestran cuerpos de diferente forma, pero de igual volumen—un trozo de arcilla plástica y un pequeño elefante hecho de un trozo igual de ese material, en la fig. 4 vemos cuerpos de diferente volumen, pero de igual forma—dos cucharas.

Aquello de lo que está constituido un cuerpo físico, recibe el nombre de sustancia. El hierro, el agua, la sal, el hidrógeno—todos ellos son sustancias. El agua es una sustancia, una gota de agua—un cuerpo físico, el aluminio es



Fig. 2



Fig. 3



Fig. 4

una sustancia, mientras que la cuchara de aluminio—un cuerpo físico.

La sustancia es una de las formas de la materia. En las ciencias, con la palabra "materia" se denomina todo aquello que existe objetivamente, o sea, fuera de nuestra conciencia.

¿ ?

1. ¿Qué se comprende en física por las palabras "cuerpo físico"?
2. ¿A qué se llama sustancia? Cita ejemplos de cuerpos físicos y sustancias.

4. Observaciones y experimentos

Cada uno sabe que en un local templado el hielo se funde, que el agua durante las heladas se congela, que el imán atrae hacia sí los objetos de hierro, etc.

¿De dónde han aparecido estos conocimientos? Muchos de ellos han sido adquiridos por el hombre de sus propias observaciones. Por ejemplo, cada uno de nosotros ha observado que los cuerpos que nada sujeta (libres) caen a la Tierra. Precisamente, gracias a las observaciones se han acumulado muchos de los conocimientos sobre la naturaleza.

Los científicos también adquieren sus conocimientos de las observaciones. Además, organizan experimentos especiales. Los experimentos científicos siempre se efectúan con premeditación, con determinado objetivo. Por ejemplo, el sabio italiano Galilei, con el fin de estudiar cómo transcurre la caída de los cuerpos, tiraba diferentes bolas desde la torre inclinada en la ciudad de Pisa (fig. 5), medía y comparaba el tiempo de su caída. Después de realizar tales experimentos, descubrió las leyes de caída de los cuerpos.

Las observaciones y los experimentos son las fuentes de los conocimientos físicos.

Para obtener conocimientos científicos del mundo que nos rodea, también hay que premeditar y explicar los resultados de los experimentos realizados, hallar la causa de los fenómenos observados.

Con el objeto de realizar los experimentos son necesarios diversos aparatos físicos. Algunos de ellos son muy sencillos y sirven para efectuar mediciones sencillas. Entre éstos podemos enumerar, por ejemplo, la regla de medir, la probeta graduada, que se utiliza para medir el volumen de los líquidos (fig. 6), la pesa colgada de un hilo que puede servir de plomada (fig. 7). Hay instrumentos físicos más complicados: amperímetros, voltímetros (fig. 8), cronómetros (fig. 9), termómetros (fig. 10) y otros.

Con el desarrollo de la física y de la técnica los aparatos se perfeccionaron y complicaron.

En la actualidad, gracias a los esfuerzos conjuntos de los científicos, ingenieros, peritos y obreros han sido creados aparatos complicadísimos, mediante los cuales los físicos contemporáneos estudian la estructura de la sustancia. Así, por ejemplo, en la ciudad de Dubna, en la provincia de Moscú, se han construido con ese objeto enormes aparatos, instalaciones de muy complicada estructura. Uno de ellos—el sincrofasotrón—tiene diámetro de unos 60 m; para la fabricación de los imanes que integran su estructura fueron empleadas 36 000 t de acero. En este sincrofasotrón trabajan los científicos de todos los países socialistas.



Fig. 5



Fig. 6



Fig. 7



Fig. 8



Fig. 9



Fig. 10

¿ ?

1. ¿Por qué vías obtenemos los conocimientos sobre los fenómenos de la naturaleza?
2. ¿En qué difieren las observaciones de los experimentos?
3. ¿Qué aparatos físicos conocéis?

5. Magnitudes físicas. Medición de las magnitudes físicas

Con el fin de adquirir los conocimientos más precisos de los fenómenos físicos, durante el experimento es preciso efectuar mediciones. Por ejemplo, para conocer cómo depende el volumen del agua de su temperatura, hay que medir estas magnitudes, al calentar el agua.

El volumen y la temperatura son ejemplos de magnitudes físicas.

La longitud, el área, el tiempo, la velocidad, la masa, la fuerza y otras, también son magnitudes físicas.

Éstas siempre pueden ser medidas. Medir cierta magnitud, quiere decir que ella ha de ser comparada con una magnitud homogénea, tomada como unidad de dicha magnitud. Así, por ejemplo, la medición de la longitud de una mesa, significa compararla con otra longitud adoptada como unidad de longitud, por ejemplo, con el metro. Como resultado de la medición de las magnitudes obtenemos un valor numérico, expresado en las unidades adoptadas.

Para cada magnitud física se han adoptado sus unidades. Por ejemplo, para medir el área se ha tomado la unidad de área (1 m^2), para medir el tiempo, la unidad de tiempo (1 s), para medir el volumen, la unidad de volumen (1 m^3).

Con objeto de simplificar, todos los países del mundo tienden a emplear iguales unidades de las magnitudes físicas.

¿ ?

1. ¿Que significa medir cierta magnitud?
2. ¿Qué unidades de longitud, área y volumen conocéis?
3. Citad ejemplos de magnitudes físicas.

6.

Física, técnica, naturaleza

La segunda mitad del siglo XX, es decir, nuestra época, recibe el nombre de época de la revolución científico-técnica (RCT). En lo que a ésta se refiere, es característica la aplicación extensa y rápida en la maquinaria, la industria y en la vida cotidiana del hombre, los descubrimientos científicos realizados en física, matemática, química, biología, geografía y en otras ciencias sobre la naturaleza y la sociedad.

La física es la base de la técnica moderna. Esto quiere decir que diferentes dispositivos técnicos están basados en la utilización de los fenómenos y leyes de la naturaleza, descubiertos y estudiados en física. Por ejemplo, los motores de combustión interna, que animan el movimiento de los automóviles, tractores, locomotoras, carros blindados, buques fluviales y marítimos, se crearon como resultado del estudio de múltiples fenómenos térmicos.

La electricidad era conocida muchos siglos antes de nuestra era, pero su aplicación práctica sólo empezó alrededor de la segunda mitad del siglo XIX, después que fueron descubiertos y estudiados muchos fenómenos físicos



Mijail Vasilievich Lomonosov (1711-1765)



Alexandr Stepánovich Popov (1859-1906)



Nicolái Egórovich Zhukovski (1847-1921)



Konstantin Eduárdovich Tsiolkovski
(1857-1935)

y leyes eléctricas. En la actualidad, el alumbrado eléctrico, los calentadores eléctricos, el telégrafo, la radio y la televisión han entrado sólidamente en nuestra vida cotidiana (véanse las láminas en colores VI-VII). En las fábricas, minas subterráneas y a cielo abierto, los electromotores accionan el movimiento de las máquinas herramientas y de diversos mecanismos. En los hornos eléctricos de las empresas siderúrgicas se producen aceros de alta calidad y muchos otros valiosos metales. La electricidad se utiliza en el transporte urbano y en los ferrocarriles. En la agricultura la electricidad también tiene gran importancia. El cinematógrafo y la televisión se basan en la teoría de los fenómenos luminosos y acústicos. Podemos aducir otros muchos ejemplos de aplicación de los conocimientos físicos en la técnica. A su vez, los logros de ésta, las perfectas máquinas y los instrumentos de medida de precisión son empleados por los científicos para realizar nuevos descubrimientos en física. Por ejemplo, los vuelos al cosmos y el estudio de los fenómenos que allí transcurren, se han hecho posibles después de la creación de potentes cohetes.

Las ciencias y la técnica están estrechamente ligadas entre sí. El desarrollo de las ciencias ocasiona el posterior fomento de la técnica, el posterior progreso de ésta favorece a nuevos alcances de las ciencias.

En la comprensión de muchos fenómenos de la naturaleza, tanto viva como inanimada, el significado de la física es enorme. Por ejemplo, la física explica la naturaleza de los relámpagos y los truenos, ayuda a comprender la estructura del Sol y las estrellas, el origen de los terremotos y los tornados. Los rayos X, descubiertos por los físicos, dan la posibilidad de investigar el esqueleto y los órganos internos del hombre y los animales. El estudio del ultrasonido por los físicos ayuda a comprender cómo se orientan en la oscuridad los murciélagos, el desplazamiento de los delfines y muchas otras cosas.

En el fomento tanto de la técnica, como de las ciencias, han jugado un



Igor Vasilevich Kurchátov (1903-1960) Serguéi Ivánovich Vavilov (1891-1951)

importante papel las obras de los científicos rusos y soviéticos.

Hoy día, la radio es el más importante medio de comunicación. Fue inventada por el científico ruso *Alexandr Popov*. El 7 de mayo de 1895 hizo una comunicación sobre la invención de un aparato, que sin cables, recibía señales eléctricas. Dicha fecha ha entrado sólidamente en la historia de la cultura mundial, como la de nacimiento de una de las más grandes invenciones, la radio, que en el presente la humanidad emplea tan ampliamente.

El sabio ruso *Nicolai Zhukovski* aplicó grandes esfuerzos para el desarrollo de la aviación. Lenin llamó al eminente científico "padre de la aviación rusa".

Con la ayuda de *N. Zhukovski* y de sus alumnos, en la Unión Soviética se comenzó la creación de una de las mejores aviaciones en el mundo. Por



Serguéi Pávlovich Koroliov (1907-1966) Yuri Aleksiéyevich Gagarin (1934-1968)



Torre de televisión de Ostánkino
(Moscú)



Camión "KamAZ"



Avión de pasajeros de retropropulsión

ejemplo, los aviones modernos de pasajeros vuelan a velocidades hasta de 900 km/h (250 m/s) y transportan hasta 350 pasajeros, mientras que los aviones de carga, hasta 40 t de mercancías por vuelo.

Los ingenieros rusos Pável Yáblochkov y Alexandr Lodiguin inventaron el alumbrado eléctrico. Las lámparas luminiscentes (de luz diurna) hallaron extensa aplicación después de que fueron perfeccionadas por Serguei Vavilov.

Konstantin Tsiolkovski fue el primero en estudiar las leyes del movimiento reactivo (de retropropulsión) y elaboró el proyecto de una aeronave—un cohete—para los vuelos de la Tierra a otros planetas del Sistema Solar. Las obras científicas de K. Tsiolkovski utilizáronse por los sabios e ingenieros al preparar los vuelos al cosmos.

Los magníficos logros de las ciencias y la técnica soviéticas son conocidos *en todo el mundo*. En nuestro país fue construida la primera central eléctrica en el mundo que funciona a cuenta de la energía atómica, se realizó el primer lanzamiento en la Tierra de un satélite artificial (spútnik) de nuestro



Tren eléctrico "ЭР-200" (desarrolla una velocidad de 200 km/h).



Recolecta del grano con la cosechadora "Kolos"

planeta y el primer cohete cósmico que se convirtió en un nuevo planeta del Sistema Solar. El primer cohete que alcanzó la Luna, era soviético. El primer cosmonauta -Yuri Gagarin- fue un ciudadano soviético.

En nuestros días, la conquista del espacio cósmico se desarrolla con rapidez. Son realizados los acoplamientos de los aparatos cósmicos, a bordo de éstos se organizan complicados experimentos científicos, ha crecido considerablemente la duración de los vuelos.

El científico soviético Serguei Koroliov hizo una gran aportación en la elaboración científica y técnica de los vuelos al cosmos.

Con el nombre de Igor Kurchátov está relacionado en la URSS el desarrollo de la enegética atómica.

I. Kurchátov encabezó en la Unión Soviética las investigaciones para el empleo de la energía nuclear. Como resultado de estos trabajos fue puesto en funcionamiento el primer reactor soviético de uranio-grafito (diciembre de 1946); en 1954, se construyó la primera central nuclear (en la ciudad de Óbninsk), con la que comenzó la utilización de la energía atómica para fines pacíficos.

¿ ?

1. ¿Qué importancia tiene la física para el desarrollo de la técnica? ¿Para el estudio de la naturaleza viva e inanimada? Ilustrad las respuestas con ejemplos.

Datos iniciales sobre la estructura de la materia

7.

Estructura de la materia

En física no sólo se observan y describen los fenómenos y propiedades de los cuerpos, sino que tienden a explicarlos. Por ejemplo, ¿cómo explicar por qué el agua vertida en un suelo liso fluye por él y no se queda en un mismo lugar? ¿Por qué es fácil comprimir un gas, mientras que un sólido y un líquido es muy difícil? ¿Por qué es más sencillo doblar o aplanar un trozo de acero cuando éste está caliente que cuando está frío?

A todas estas preguntas y a muchas otras hay respuestas, pero para responder es preciso conocer la estructura de la materia.

Los conocimientos sobre la estructura de la materia no sólo permiten explicar muchos fenómenos físicos. Ellos permiten prever cómo transcurrirá el fenómeno, qué es lo que se necesita para acelerarlo o frenarlo, es decir, nos ayudan a controlar los fenómenos.

Habiendo estudiado la estructura de los cuerpos, podremos explicar sus propiedades, así como crear nuevas sustancias con las propiedades necesarias al hombre: aleaciones duras y sólidas, materiales resistentes al calor. Por ejemplo, con ayuda de las ciencias se han creado tales materiales como los plásticos, el caucho artificial, el caprón y nylon. Todos estos materiales han encontrado extensa aplicación en la técnica, medicina, en la vida cotidiana.

Sobre la estructura de la materia permiten juzgar ciertos fenómenos y experimentos.

Si oprimimos una pelota con las manos, el volumen del aire que la rellena, disminuirá. Por medio de la compresión podemos también reducir el volumen de un trozo de caucho, de cera.

También varía el volumen de un cuerpo al calentarlo y enfriarlo. En la fig. 11 vemos un matraz de vidrio cuyo gollete está sumergido en agua. Durante el calentamiento del aire, éste expulsa el agua del gollete del matraz y las burbujas de aire comienzan a salir al exterior, es decir, el volumen del aire aumenta durante el calentamiento (fig. 11, a). Al enfriar el matraz, el agua entra en él, o sea, el volumen del aire que ha quedado en el interior ha disminuido (fig. 11, b).

Una bola de acero que pasa por un aro con libertad, después de ser calentada se dilata y se atranca en el mismo (fig. 12). Cuando la bola se enfría, su volumen se reduce y de nuevo pasa por el aro.

La dilatación de un líquido durante su calentamiento se puede observar en el experimento mostrado en la fig. 13, prestando atención al aumento de su nivel en el tubo.

Así, pues, los experimentos muestran que el volumen de un cuerpo puede variar: disminuir o aumentar. ¿Por qué sucede esto?

Semejante fenómeno puede ser explicado si suponemos que la materia consta de partículas aisladas, entre las que hay intervalos. Cuando las partículas se alejan unas de otras, el volumen del cuerpo aumenta. Cuando



(a)

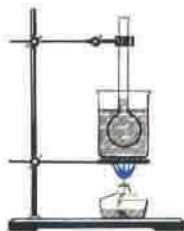


(b)

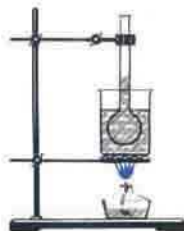
Fig. 11



Fig. 12



(a)



(b)

Fig. 13

as partículas se aproximan, el volumen se reduce. Semejantes suposiciones son denominadas HIPÓTESIS, cuya justeza se comprueba en los experimentos.

¿Por qué los objetos - el agua, el acero, la madera - nos parece que son enterizos? La cuestión radica en que las partículas de las que está compuesta a materia son tan pequeñas que no podemos verlas.

Una representación de las dimensiones de estas partículas, nos la proporciona el siguiente experimento (véase la lámina en colores I, arriba). Un pequeño granito de pintura se diluye en el agua que hay en un vaso. A continuación, un poco de agua colorada se echa en otro vaso, que después se llena de agua pura. En el segundo vaso la disolución está menos colorada que en el primero. Del segundo vaso se echa un poco de líquido a un tercer vaso y éste de nuevo se llena con agua pura. Estas operaciones se repiten varias veces, cerciorándonos de que la disolución cada vez se vuelve más clara.

Examinemos la última disolución. A pesar de ser muy débil, está colorada de forma uniforme, por consiguiente, en cada una de sus gotas hay partículas de pintura. Hay que tomar en consideración, que en el agua diluimos un granito pequeñísimo de pintura y sólo parte de él ha llegado a la última disolución. Quiere decir que el granito constaba de muchas partículas, cuyas dimensiones eran muy pequeñas.

Estas y otras muchas observaciones y experimentos, sobre los que hablaremos más adelante, muestran que todos los cuerpos constan de partículas muy pequeñas.

¿ ?

1. ¿Para qué hace falta conocer la estructura de la materia?
2. ¿Qué materiales conocéis de los que fueron creados por el hombre?
3. ¿Qué fenómenos muestran que la materia consta de partículas separadas por intervalos?
4. ¿Cómo varía el volumen de un cuerpo al disminuir o aumentar la distancia entre sus partículas?
5. ¿Cómo se puede mostrar que las partículas son muy pequeñas?

8. Moléculas

Desde antaño, las personas suponían que la materia está constituida por menudísimas partículas separadas; cerca de 2500 años atrás ya lo afirmaba el sabio griego DEMÓCRITO.

Pero si en la antigüedad los científicos sólo suponían que la materia consta de partículas aisladas, a principios del siglo XX la existencia de tales partículas fue demostrada por las ciencias.

Las partículas de las que constan muchas sustancias reciben el nombre de moléculas¹⁾.

La molécula de una sustancia es su partícula más pequeña.

La menor partícula de agua es la molécula de ésta, del azúcar, la molécula de esta sustancia, etc.

¿Cuáles son las dimensiones de las moléculas?

Como sabemos, un trozo de azúcar puede ser molido en muy pequeños granitos, el grano de trigo, en harina. Cuando el aceite se extiende sobre el agua forma una película cuyo grosor es 40 000 veces menor que el del cabello del hombre. Pero tanto en un grano de harina como en el espesor de la película de aceite hay no una, sino muchísimas moléculas. Esto significa que las dimensiones de las moléculas de dichas sustancias son aún menores que las de los granitos de harina y el grosor de la película. Podemos ofrecer la siguiente comparación: una molécula es tantas veces menor que una manzana de tamaño medio, cuantas veces ésta es menor que el globo terrestre.

Las moléculas de diversas sustancias se diferencian entre sí por sus dimensiones, pero todas ellas son muy pequeñas. Instrumentos modernos—los microscopios electrónicos—han permitido ver y fotografiar las más grandes de las moléculas (véase la lámina en colores II). Estas fotografías son una confirmación más de la existencia de las moléculas.

Como las moléculas son tan pequeñas, cada cuerpo contiene una enorme cantidad de ellas. En 1 cm³ de aire hay tal cantidad de moléculas que si pusieramos una misma cantidad de granitos de arena se formaría una montaña que cubriría una gran fábrica.

En la naturaleza, todos los cuerpos en algo difieren entre sí. No hay personas con iguales facés. Entre las hojas que crecen en un mismo árbol, no hay dos iguales por completo. Incluso en un montón de arena no hallaremos dos granitos idénticos. De acuerdo con un solo patrón, de las mismas

¹⁾ MOLÉCULA, palabra latina que significa "pequeña masa".



Fig. 14

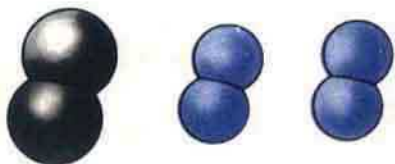


Fig. 15

dimensiones, en la fábrica de rodamientos se producen millones de bolas. Pero si medimos las bolas con mayor precisión de la empleada durante el maquinado, nos cercioraremos de que entre ellas no hay dos que sean iguales.

¿Se diferencian entre sí las moléculas de una misma materia?

Múltiples y complicados experimentos han mostrado que las moléculas de una misma materia son idénticas. Cada sustancia pura consta de moléculas iguales que le son inherentes sólo a ella. Este es un hecho asombroso. Por ejemplo, es imposible distinguir el agua obtenida de un zumo o de la leche, del agua producida por la destilación del agua del mar, ya que las moléculas de agua son iguales y no hay otra sustancia que conste de moléculas de este mismo tipo.

Aunque las moléculas son partículas muy pequeñas de la materia, éstas son también divisibles. Las partículas de las que están formadas las moléculas llevan el nombre de átomos.

Por ejemplo, la molécula de oxígeno consta de dos átomos iguales, mientras que la molécula de agua consta de tres átomos: uno de oxígeno y dos de hidrógeno. En la fig. 14 están representadas dos moléculas de agua. Semejante representación esquemática de las moléculas se ha adoptado en las ciencias, corresponde a sus propiedades, estudiadas en los experimentos físicos y recibe el nombre de MODELO de la molécula.

Al dividir dos moléculas de agua obtenemos cuatro átomos de hidrógeno y dos átomos de oxígeno. Cada dos átomos de hidrógeno se unen en una molécula de éste, en tanto que los átomos de oxígeno, en una molécula de oxígeno, como se muestra esquemáticamente en la fig. 15.

Los átomos tampoco son indivisibles, constan de partículas aún más pequeñas, llamadas elementales.

¿ ?

1. ¿Cómo se llaman las partículas de las cuales está constituida la materia?
2. ¿De qué observaciones se desprende que las dimensiones de las moléculas son muy pequeñas?
3. ¿Qué sabes de las dimensiones de las moléculas?
4. ¿Qué sabes de la composición de la molécula de agua?
5. ¿Qué experimento y razonamiento nos muestra que todas las moléculas de agua son iguales?

Ejercicio
1

Como sabemos, las gotas de una sustancia aceitosa se extienden por la superficie del agua formando una fina película. ¿Por qué cuando ésta adquiere un determinado grosor el aceite cesa de extenderse?

Tarea	Haced de arcilla plástica de color el modelo de dos moléculas de agua. A continuación, de éstas componer los modelos de moléculas de oxígeno e hidrógeno.
-------	---

9 * . Difusión de los gases, líquidos y sólidos¹⁾

Múltiples experimentos muestran que las moléculas de todos los cuerpos están en constante movimiento. Consideremos uno de ellos.

En un recipiente de vidrio se echa una disolución acuosa de caparrosa azul. Esta disolución es de color azul oscuro y es más pesada que el agua. Sobre la disolución, con sumas precauciones para que los líquidos no se mezclen, se vierte agua pura. Al principio del experimento vemos la nítida línea de separación entre el agua y la disolución de caparrosa azul.

Dejamos el recipiente inmóvil y continuamos observando la línea de separación entre los líquidos. Al pasar varios días descubriremos que la línea de separación se ha esfumado. Después de unas dos semanas, la línea que separaba un líquido de otro, desaparece y en el recipiente se forma un líquido homogéneo de color azul pálido (véase la lámina en colores I, abajo). Esto significa que los líquidos se han mezclado íntimamente.

El fenómeno, consistente en que las sustancias se mezclan de forma espontánea, recibe el nombre de difusión.

Este fenómeno se explica del modo siguiente (fig. 16). A causa de su movimiento, primero intercambian sus lugares moléculas aisladas de agua y de caparrosa azul, situadas cerca de la línea de separación de los líquidos. Dicha línea se hace más vaga, ya que las moléculas de caparrosa azul penetran a la capa inferior del agua y, viceversa, las moléculas de agua entran en la capa superior de la disolución de caparrosa azul. A continuación, parte de estas moléculas cambian sus lugares con las que se encuentran en las siguientes capas. La línea de separación de los líquidos se vuelve aún más vaga. Como *las moléculas están en constante movimiento desordenado*, el proceso descrito conduce a que todo el líquido se transforma en homogéneo.

En los gases, la difusión transcurre a mayor velocidad que en los líquidos. Si en una habitación se introduce una sustancia olorosa, por ejemplo naftalina, al cabo de poco tiempo su olor se sentirá por todo el local. Esto quiere decir que por todo lugar hay moléculas de naftalina, que se produjo la difusión. Las moléculas de naftalina, chocando con las de aire y moviéndose caóticamente en todas direcciones, se esparcen por la habitación.

En los sólidos también se produce la difusión, pero muy lentamente. En uno de los experimentos, plaquitas pulidas de plomo y oro fueron puestas una sobre otra y presionadas con una carga. A la temperatura ambiente (unos 20°C) durante 5 años el oro y el plomo se adhirieron, penetrando el uno en el otro a una profundidad de 1 mm. Fue obtenida una fina capa de una

¹⁾ Con un asterisco se marcan los párrafos para los que al final del manual se ofrece material para la lectura adicional.

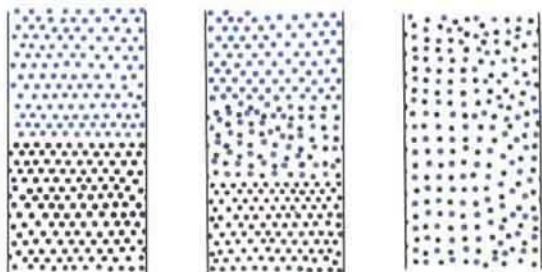


Fig. 16

aleación de oro con plomo.

En la vida del hombre y de los animales, la difusión tiene gran importancia. Por ejemplo, gracias a la difusión el oxígeno del medio ambiente penetra al interior del organismo del hombre por su piel. Las sustancias alimenticias pasan del intestino de los animales a la sangre por difusión.

También se produce la difusión durante la soldadura de piezas metálicas.

¿ ?

1. ¿Qué es la difusión? Describid un experimento en el que se observa la difusión de líquidos.
2. ¿Cómo se explica la difusión desde el punto de vista de la estructura molecular de la materia?
3. ¿Durante qué procesos y cómo transcurre la difusión en el organismo del hombre y los animales?

Ejercicios

2

1. ¿En qué fenómeno se funda la sazón de los pepinos, la col y otros productos alimenticios?
2. Las aguas de los ríos, lagos y otros embalses siempre contienen moléculas de los gases que figuran en la composición del aire. ¿Gracias a qué fenómeno estas moléculas penetran en el agua? ¿Por qué llegan hasta el fondo del embalse? Describid cómo transcurre, en este caso, el mezclado del aire con el agua.

Tareas

1. Echad en un vaso agua fría y colocad en el fondo de éste un pedacito de permanganato. Sin agitar el agua, determinar al cabo de qué tiempo las moléculas de permanganato alcanzarán la capa superior del agua. Explicad el fenómeno observado.
2. Echad en dos vasos la misma cantidad de agua. Colocad uno de ellos en un lugar templado; el segundo, en uno frío (en la nevera, tras la ventana, etc.). Pasado cierto tiempo, en el fondo de cada vaso se pone un trocito de la mina de un lápiz tinta (o un granito de permanganato). Colocad los vasos en sus lugares anteriores. Marcad por la mañana y por la tarde la posición del límite que separa las aguas colorada y pura en los dos vasos. Sobre la base del experimento realizado haced la correspondiente conclusión.
3. Leed al final del manual el parágrafo 1: "Movimiento browniano".

10. Velocidad de movimiento de las moléculas y temperatura de los cuerpos

Tales fenómenos como, por ejemplo, el calentamiento y enfriamiento del aire, la fusión del hielo, la fundición de los metales, la ebullición del agua, reciben el nombre de *fenómenos térmicos*.

Como sabemos, al calentar el agua fría, ésta primero se pone templada y después, caliente. Una estufa (o el radiador de la calefacción) se enfría paulatinamente, en tanto que el aire en la habitación se calienta.

Con las palabras "frío", "templado", "caliente" denominamos el estado térmico de los cuerpos. Una de las magnitudes que caracterizan dicho estado es la temperatura.

La temperatura del agua caliente es más alta que la del agua fría. En invierno, la temperatura del aire en la calle es más baja que en verano.

Como sabemos, la temperatura de los cuerpos se mide con TERMÓMETROS. La unidad de temperatura es el GRADO.

Si observamos la difusión de líquidos ubicados en dos recipientes, de los cuales uno estaba al principio del experimento en un lugar frío y el otro, en un sitio templado, podemos advertir que *a una temperatura más alta, la difusión transcurre con mayor rapidez*. Esto quiere decir que la velocidad de movimiento de las moléculas y la temperatura del cuerpo están ligadas entre sí.

Mientras mayor sea la velocidad de movimiento de las moléculas del cuerpo, más alta será su temperatura.

El agua templada consta de las mismas moléculas que la fría. La diferencia consiste en que las moléculas de agua templada se mueven más rápidamente que las del agua fría.

¿ ?

1. ¿Qué fenómenos térmicos conocéis?
2. ¿Cómo transcurre la difusión, siendo la temperatura más baja y más alta?
3. ¿Cómo está ligada la temperatura del cuerpo con la velocidad con que se mueven sus moléculas?
4. ¿En qué difieren los movimientos de las moléculas en agua fría y en agua caliente?

Ejercicios

3

1. ¿Por qué el azúcar y la sal se diluyen con mayor rapidez en el agua caliente que en la fría?
2. ¿En qué salazón se salarán más rápidamente los pepinos, caliente o frío? ¿Por qué?

11. Atracción y repulsión mutua de las moléculas

Vemos que los sólidos y líquidos no se disgregan en moléculas aisladas, a pesar de que éstas se encuentran separadas por intervalos y están en constante movimiento caótico.

Los cuerpos no sólo no se disgregan en moléculas aisladas, sino que es difícil estirar o romper un sólido. ¿Cómo explicar que las moléculas en los cuerpos no sólo se mantienen unas junto a otras, pero que, además, en algunos casos, resulte muy difícil aumentar los intervalos entre ellas? El

fenómeno radica en que entre las moléculas existe la atracción mutua. Cada una de ellas atrae a las moléculas inmediatas, mientras que ella misma es atraída por las otras moléculas.

Sin embargo, si rompemos un trozo de tiza en dos partes y de nuevo las unimos, ellas no se adherirán de nuevo entre sí. ¿Por qué?

La atracción de las moléculas sólo es notable cuando éstas se encuentran muy cerca unas respecto de otras. Incluso a distancias algo mayores que el tamaño de las propias moléculas, la atracción mutua entre ellas se debilita de forma considerable. Una pequeñísima fisura entre las partículas de tiza (menor que 0,000001 cm) es suficiente para que la atracción entre las moléculas disminuya notoriamente. Pero, por ejemplo, trozos de masilla o arcilla plástica se adhieren con facilidad. Esto se produce a causa de que pueden ser acercados a distancias con las que actúa la atracción de las moléculas.

También se adhieren y no se separan dos trozos de plomo unidos entre sí por cortes recién hechos (fig. 17), incluso al aplicar hacia ellos una carga comparativamente grande.

Los trozos de un cristal roto no se adhieren entre sí. Pero si calentamos los bordes de los fragmentos hasta que comiencen a fundirse, ellos pueden ser unidos con solidez. En este principio se funda la soldadura de los metales, así como la soldadura indirecta y la pegadura.

Así, pues, entre las moléculas existe la atracción mutua, que se observa de modo notorio a distancias menores que las propias moléculas.

Surge la pregunta: entonces, ¿por qué hay intervalos entre las moléculas? Al parecer, éstas deberían atraerse entre sí y "adherirse". Esto no sucede a causa de que al acercarse demasiado, las moléculas se repelen. El hecho que existe la repulsión se advierte al observar muchos fenómenos. Por ejemplo, los cuerpos comprimidos se enderezan porque durante la compresión las moléculas se acercan demasiado y ellas se repelen.



Fig. 17

¿ ?

1. ¿Por qué los sólidos y los líquidos no se disgregan espontáneamente en moléculas aisladas?
2. ¿Bajo qué condiciones se observa la atracción entre las moléculas?
3. ¿Por qué trozos de tiza no se unen al apretarlos, mientras que dos trozos de masilla o de plomo se adhieren?
4. ¿Qué fenómenos nos indican que las moléculas no sólo se atraen, sino que también se repelen?

12.

Tres estados de la materia

En invierno, el agua en la superficie de los lagos y rios se congela, pasa al estado sólido, convirtiéndose en hielo. Debajo del hielo, el agua sigue siendo líquida (fig. 18). Aquí vemos al mismo tiempo dos estados del agua: sólido (el hielo) y líquido (el agua). El agua puede hallarse en un tercer estado, gaseoso; el vapor de agua invisible se encuentra en el aire que nos rodea.

En el depósito de un termómetro podemos ver el mercurio líquido. Sobre la superficie de dicho metal están sus vapores, que son de por sí el estado gaseoso del mercurio. A una temperatura de -39°C el mercurio se solidifica, es decir, pasa al estado sólido.

En los ejemplos del agua y el mercurio vemos que, en la naturaleza, la materia puede encontrarse en tres estados: en forma de sólido, líquido y gas. En diferentes estados las propiedades de los cuerpos son distintas.

A condiciones corrientes, el *sólido* es difícil de comprimir o alargar, además, conserva su volumen. Con objeto de variar la forma de un sólido, por ejemplo, para doblarlo o romperlo, hay que aplicar un esfuerzo.

La conservación del volumen y la forma es la propiedad de los sólidos.

El *líquido* cambia fácilmente su forma y toma la del recipiente en que se vierte. En condiciones corrientes sólo pequeñas gotitas de líquido tienen su propia forma—la de una esfera. Por ejemplo, semejantes gotas esféricas de agua se pueden ver durante la precipitación del rocío (fig. 19).

Cuando se fabrican vasijas de cristal fundido (fig. 20), se hace uso de la propiedad de los líquidos de variar con facilidad su forma.

La forma del líquido es fácil de cambiar, pero su volumen varía con dificultad. Ha llegado a nuestras manos la descripción de un experimento histórico durante el cual intentaron comprimir el agua de la forma siguiente: el agua fue echada en una bola de plomo, soldando ésta después para que durante la compresión aquélla no se vertiera. A continuación, golpearon sobre la bola con un pesado martillo con el fin de comprimirla y que, a su vez, la bola comprimiera el agua. ¿Qué resultó? El agua no se comprimió, sino que comenzó a fluir a través de las paredes de la bola.

Por consiguiente, los líquidos conservan su volumen, pero cambian con facilidad su forma.

Muchos de los *gases* son transparentes e incoloros, por lo que no los vemos. Por ejemplo, no vemos el aire. Pero cuando nos desplazamos con



Fig. 18



Fig. 19



Fig. 20

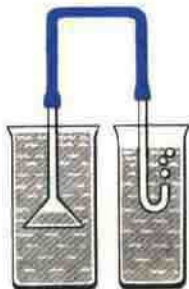


Fig. 21

rapidez en un automóvil, en un tren o bien cuando hace viento, advertimos la presencia del aire a nuestro alrededor.

Sumerjamos un vaso con el fondo hacia arriba en el agua. Ésta no entrará en el vaso, ya que él está lleno de aire. Si sumergimos en el agua un embudo, unido con un tubo de cristal mediante una manga de caucho (fig. 21), el aire saldrá del embudo por el tubo. Estos dos experimentos muestran que el gas ocupa cierto volumen. El volumen de un gas es fácil de cambiar, aquí reside la fundamental diferencia entre un líquido y un gas. Éste puede ser fuertemente comprimido. Incluso con las manos podemos comprimir con facilidad el aire en una pelota, de forma que su volumen disminuya de modo notorio. La compresibilidad de los gases es miles de veces mayor que la de los líquidos.

Los gases poseen una singular propiedad más, de la que carecen los sólidos y líquidos, a saber: *ocupan por completo el volumen en que se encuentran*. Por lo tanto, ellos no tienen su propia forma, toman la del local o vasija en el que se hallan: habitación, bombona, botella.

Así, pues, los gases no tienen volumen constante y forma propia, rellenan completamente todo el volumen que ocupan.

- ¿ ?
1. ¿Cuál es la sustancia que con frecuencia podemos ver en los tres estados: sólido, líquido y gaseoso?
 2. Enumerad las propiedades comunes de los sólidos.
 3. ¿Qué líquidos conocéis? Enumerad las propiedades comunes de los líquidos.
 4. ¿Cuáles son las propiedades comunes de los gases?

- Ejercicios
- 4
1. Un cuerpo conserva su volumen pero cambia con facilidad su forma. ¿En qué estado se encuentra la materia que compone este cuerpo?
 2. El cuerpo conserva su volumen y forma. ¿En qué estado se encuentra la materia que compone este cuerpo?
 3. Aducid ejemplos de empleo en la técnica de las propiedades de los sólidos y los líquidos.

13.

Diferencias en la estructura molecular de los sólidos, líquidos y gases

El hielo, el agua y el vapor de ésta son tres estados de una misma sustancia, el agua. Por lo tanto, las moléculas de hielo, agua y vapor de agua no se diferencian entre sí. Así que *estos tres estados difieren no por las moléculas, sino que por la disposición de éstas y cómo ellas se mueven. ¿Cómo se disponen y mueven las moléculas de un gas, de un líquido y de un sólido?*

Un gas puede ser comprimido de forma que su volumen disminuya varias veces. Por lo tanto, *las distancias entre las moléculas de los gases son mucho mayores que las dimensiones de las propias moléculas. Por término medio, las distancias entre las moléculas de los gases son decenas de veces mayores que las dimensiones de éstas. A semejantes distancias las moléculas se atraen entre sí muy débilmente. Por esta razón, los gases no tienen forma propia y volumen constante. Por ejemplo, no se puede llenar de gas la mitad de una botella o de un vaso, ya que las moléculas, moviéndose en todas las direcciones y casi sin atraerse entre sí, llenarán con rapidez todo el recipiente.*

Las propiedades de los líquidos se explican por el hecho de que los intervalos entre sus moléculas son muy pequeños: el empaquetamiento de las moléculas de un líquido es tan denso que la distancia entre cada dos moléculas es menor que la propia molécula. A semejantes distancias la atracción entre las moléculas ya es considerable. Por esta causa, *las moléculas de los líquidos no se separan a grandes distancias, por lo que a condiciones corrientes los líquidos conservan su volumen. Sin embargo, la atracción de las moléculas de los líquidos no es aún suficiente para que éstos conserven su forma. Este hecho explica el que los líquidos toman la forma del recipiente y que es fácil pulverizarlos y trasvasarlos a otro recipiente.*

Cuando comprimimos un líquido, acercamos hasta tal punto sus moléculas que ellas comienzan a repelerse. He aquí, por qué es tan difícil comprimir un líquido.

En condiciones corrientes, los sólidos conservan tanto su volumen, como su forma, lo que se explica porque la atracción entre sus partículas es todavía mayor que en los líquidos.

Algunos de los sólidos, por ejemplo, los copos de nieve, tiene forma correcta y bella. Las partículas (moléculas o átomos) de la mayoría de los sólidos, tales como el hielo, la sal, la naftalina, los metales, están dispuestas en determinado orden. Semejantes sólidos reciben el nombre de cristalinos. Aunque las partículas de dichos cuerpos están en movimiento, *cada una de ellas se mueve alrededor de un punto fijo, de modo semejante al péndulo de un reloj, es decir, oscila. La partícula no puede desplazarse lejos de dicho punto, por lo que el sólido conserva su forma.*

En la parte media de la lámina en colores I se muestra la disposición de las moléculas de una misma sustancia, el agua, en diversos estados: *a*—sólido (hielo), *b*—líquido (agua), *c*—gaseoso (vapor de agua). En la lámina II, la disposición de las partículas en un cristal de oro.

Uno de los fundadores de la teoría de la estructura molecular de la materia fue el gran científico ruso M. Lomonósov. He aquí cómo se

representaba M. Lomonósov la estructura de los gases: "Las partículas de gas chocan con sus vecinas con reciprocidad caótica, botan las unas de las otras y de nuevo chocan con otras partículas, las más cercanas, otra vez botan, de forma que tienden a dispersarse por todos los lados, repulsándose continuamente, con golpes mutuos muy frecuentes".

Basándose en sus representaciones sobre las moléculas, Lomonósov explicó muchos fenómenos.

¿ ?

1. ¿Se distinguen entre sí las moléculas de hielo, agua y vapor de ésta?
2. ¿Cómo están dispuestas las moléculas de los gases?
3. ¿Por qué los gases llenan todo el volumen en que se encuentran?
4. ¿Cómo explicar la poca compresibilidad de los líquidos? ¿Por qué éstos no conservan su forma?
5. ¿Por qué los sólidos cristalinos conservan su forma y volumen?
6. ¿Cuál de los científicos rusos se considera fundador de la teoría de la estructura de la materia?

Movimiento y fuerza

14.

Movimiento mecánico

Con el fin de juzgar si un cuerpo se mueve o no, hay que examinar si varía su posición respecto de los cuerpos que lo rodean. Si, por ejemplo, la posición de un automóvil varía con relación a las casas y los árboles, suele decirse que el automóvil se mueve tocante a dichos cuerpos. El agua en el río se mueve respecto de las orillas, el tren, en lo que atañe a la vía férrea.

Se llama movimiento mecánico a todo cambio de posición de un cuerpo con relación a otros.

Estudiemos algunos tipos y leyes de este movimiento.

Una persona que va en un tren se mueve con relación a la vía férrea, pero está en reposo en lo que atañe al vagón del tren. Por esta razón, cuando hablamos del movimiento de un cuerpo indicamos, obligatoriamente, respecto a qué cuerpos se produce dicho movimiento.

El movimiento de una persona, un automóvil, avión (fig. 22), cohete, una barca, el vuelo de un pájaro, el flujo del agua, del aire (viento), con relación a la Tierra, son ejemplos de movimiento mecánico. El movimiento de una



Fig. 22

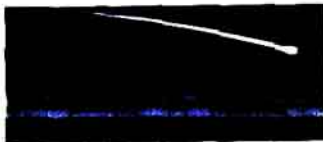


Fig. 23



Fig. 25



Fig. 24

molécula aislada también es mecánico.

Cuando un cuerpo se desplaza de un punto a otro, él describe cierta línea que recibe el nombre de trayectoria de movimiento del cuerpo. Por ejemplo, la huella luminosa que ocasiona en el cielo nocturno un meteorito que cae a la Tierra es una trayectoria visible (fig. 23).

La trayectoria de movimiento de la molécula de un cuerpo, es una línea quebrada (fig. 24).

La longitud de la trayectoria, por la que se desplaza un cuerpo durante cierto intervalo de tiempo, recibe el nombre de recorrido en el transcurso de ese lapso.

En la fig. 25, con una línea de trazos, se muestra la trayectoria de un esquiador que baja por la vertiente de una montaña. La longitud de la trayectoria OA es el recorrido que ha pasado el esquiador al bajar de la montaña.

El recorrido es una magnitud física. Para su medición se usa la medida de longitud, el metro (m).

En la práctica, son también empleadas unidades 10, 100, 1000, etc., veces mayores (múltiplos) o menores (submúltiplos) que el metro, es decir, el kilómetro (km), centímetro (cm).

$$1 \text{ km} = 1000 \text{ m}, \quad 1 \text{ cm} = 0,01 \text{ m}.$$

¿ ?

1. ¿Qué se denomina movimiento mecánico?
2. ¿Por qué es necesario indicar con relación a qué cuerpos se mueve el cuerpo examinado?
3. ¿Qué es la trayectoria de movimiento?
4. ¿Qué se llama recorrido en cierto intervalo de tiempo?

Ejercicios

1. Indicar con relación a qué cuerpos el pasajero de un tren en movimiento se encuentra en reposo y respecto de cuáles, se mueve.
2. ¿Por qué no se puede indicar la dirección de movimiento de una barca cuando ésta se desplaza habiendo niebla o no se ven las orillas del río?
3. ¿Qué línea representa la trayectoria de movimiento de la aguja horaria de un reloj?

Tarea

Medid la longitud de su paso y utilizando esta unidad de medida determinad qué recorrido realiza de la escuela a casa. Anotad el tiempo en movimiento.

15. Movimiento uniforme y variado

Decimos que el movimiento de un cuerpo cualesquiera es uniforme, si en intervalos iguales de tiempo recorre distancias iguales, por ejemplo, un automóvil que cada hora recorre 60 km; cada media hora, 30 km; cada cuarto de hora, 15 km; etc., hasta los minutos, segundos, fracciones de segundo.

En la fig. 26 está representado un carrito en el que se ha fijado un cuentagotas. De éste, dentro de iguales intervalos de tiempo, caen gotas. Las distancias entre las huellas creadas en el papel por las gotas, durante el movimiento del carrito, son iguales. Esto significa que en iguales intervalos de tiempo el carrito recorre una misma distancia.

Hagamos girar el grifo del cuentagotas para que las gotas caigan con mayor frecuencia y repitamos el experimento. En este caso, las huellas de las gotas, también se encontrarán a iguales distancias, lo que quiere decir que a intervalos menores de tiempo el carrito asimismo recorre tramos iguales, o sea, que su movimiento es uniforme.

El movimiento de la Tierra alrededor de su eje, el de las agujas de un reloj, son próximos al uniforme. Una molécula de gas en el intervalo entre dos choques también está en movimiento uniforme.

Mas la mayoría de los movimientos no son uniformes. Por ejemplo, un tren que parte de la estación, en intervalos iguales de tiempo, recorre distancias en crecimiento. Y viceversa, al llegar a la estación, en intervalos iguales de tiempo, recorre distancias en disminución. Cuando un patinador toma parte en competiciones, pasa iguales recorridos en diferentes intervalos de tiempo. El desplazamiento del tren y del patinador son ejemplos de movimiento variado.

En el experimento que nos ofrece la fig. 27 también podemos observar el movimiento variado del carrito. Por las huellas que dejan las gotas, dentro de intervalos de tiempo iguales, vemos que el movimiento del carrito no es uniforme. Las gotas caen a intervalos iguales de tiempo, en tanto que las distancias entre las huellas de ellas, durante el movimiento del carrito, no son iguales.

¿. ?

1. ¿Qué movimiento se llama uniforme?
2. Aducid ejemplos de movimientos próximos a los uniformes.
3. ¿En qué experimento podemos observar el movimiento uniforme?

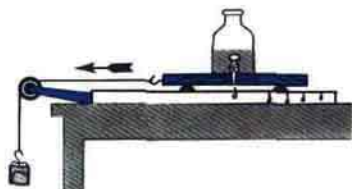


Fig. 26

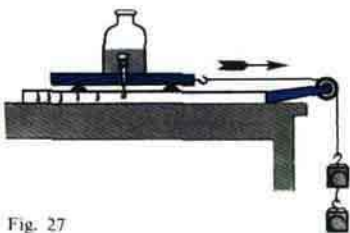


Fig. 27

4. Aducid un ejemplo de movimiento variado.
 5. ¿Qué movimiento se denomina variado?

16. Velocidad del movimiento uniforme. Unidades de velocidad

Un automóvil que en movimiento uniforme va por una carretera, adelanta a una persona que se desplaza uniformemente. ¿En qué se distinguen los dos movimientos uniformes del transeúnte y el automóvil? En que el automóvil se mueve con mayor rapidez que el transeúnte. Un avión se desplaza más rápidamente que un automóvil, a su vez un satélite artificial de la Tierra es más veloz que un avión. Esto significa, que en el transcurso de un mismo intervalo de tiempo el automóvil recorre una distancia mayor que el transeúnte y el avión, mayor que el automóvil.

Los movimientos del transeúnte, del automóvil y del avión se distinguen por su velocidad.

La velocidad de un cuerpo en movimiento uniforme indica la distancia que recorre el cuerpo por la unidad de tiempo. Por ejemplo, si cada hora una cosechadora autopropulsada recorre 9 km, un avión vuela 600 km, decimos que la velocidad de la primera es de 9 km por hora, la del segundo, 600 km por hora.

Aquel cuerpo que por la unidad de tiempo recorre mayor distancia, se mueve a velocidad más elevada.

Para determinar la velocidad de un cuerpo en movimiento uniforme, hay que dividir la distancia (espacio) recorrida durante cierto intervalo de tiempo por dicho intervalo:

$$\text{velocidad} = \frac{\text{recorrido}}{\text{tiempo}}$$

Designemos todas las magnitudes con letras: s —el recorrido pasado, t —el intervalo de tiempo durante el que se recorre la distancia, v —la velocidad; obtenemos:

$$v = \frac{s}{t}$$

Tomamos por unidad de velocidad, la de semejante movimiento uniforme durante el cual el cuerpo en movimiento en 1 s recorre una distancia igual a 1 m.

Esta unidad se escribe así: 1 m/s.

En el experimento descrito en el § 15, el carrito recorrió en 3 s una distancia de 0,45 m. Después de determinar el recorrido hecho en 1 s, hallamos la velocidad del carrito:

$$\frac{0,45 \text{ m}}{3 \text{ s}} = 0,15 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

En la práctica, también se emplean otras unidades de velocidad:



Fig. 28

$$1 \frac{\text{km}}{\text{h}}, \quad 1 \frac{\text{km}}{\text{s}}, \quad 1 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

EJEMPLO: El avión Tu-154 cubre la distancia de Moscú a Tashkent, igual a 2736 km, en 3,8 h. Determinar la velocidad del avión, suponiendo que su movimiento era uniforme.

En física, la anotación y solución de un problema se realiza así:

Datos	Solución:	
$s = 2736 \text{ km}$	$v = \frac{s}{t}$	$v = \frac{2736 \text{ km}}{3,8 \text{ h}} = 720 \frac{\text{km}}{\text{h}}$
$t = 3,8 \text{ h}$		
$v = ?$		

Expresemos la velocidad obtenida en metros por segundo. Con este fin, convertimos los kilómetros en metros y las horas en segundos: $720 \text{ km} = 720\,000 \text{ m}$, $1 \text{ h} = 3600 \text{ s}$.

Entonces

$$v = 720 \frac{\text{km}}{\text{h}} = \frac{720\,000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = 200 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

De esta forma, el valor numérico de la velocidad, como el de otra cualquiera magnitud física (longitud, volumen, etc.) depende de la unidad de medición elegida.

En las figuras, la velocidad de un cuerpo se representa con flechas (fig. 28), ya que esta magnitud, además del valor numérico, tiene dirección.

¿ ?

1. ¿En qué difieren entre sí los movimientos uniformes de un peatón, automóvil, avión?
2. ¿Qué muestra la velocidad del movimiento uniforme?
3. ¿Cómo se determina la velocidad de movimiento, conociendo el recorrido y el tiempo?
4. ¿Cómo expresar la velocidad obtenida en km/h, m/s?

5. ¿Con qué, además del valor numérico, se caracteriza la velocidad de un cuerpo?

- Ejercicios
6
1. Una balsa, que navega por un río, en 20 min recorrió 900 m. Determinad la velocidad de movimiento de la balsa (en m/s).
 2. Un ciclista en movimiento uniforme recorrió 9 km en 30 min. Determinad la velocidad del ciclista (en m/s).
 3. La velocidad de una locomotora Diesel BJI-23 (VL-23) es de 90 km/h. Expresad esta velocidad en m/s.
 4. En la fotografía (pág. 20) está representada una potente locomotora eléctrica moderna. Comparad su velocidad con la de BJI-23.

17.

Velocidad media del movimiento variado

Con el movimiento variado el cuerpo recorre diferentes distancias en iguales intervalos de tiempo. La velocidad de semejante movimiento no es constante.

No obstante, hablamos de cierta velocidad de un tren o de un automóvil, a pesar de que sabemos que en las paradas su velocidad es cero, a continuación aumenta y antes de la siguiente parada, disminuye. ¿Qué velocidad sobreentendemos cuando, por ejemplo, decimos que la velocidad del tren es de 60 km/h?

Al hablar de la velocidad del movimiento variado nos referimos a la velocidad media en el sector dado del recorrido o bien en el intervalo prefijado de tiempo de movimiento. Para calcular dicha velocidad, el recorrido (la distancia) se divide por el tiempo de movimiento, es decir, se hace lo mismo que al calcular la velocidad del movimiento uniforme.

EXAMINEMOS UN EJEMPLO. La distancia entre Moscú y Novosibirsk es de 3200 km. En movimiento variado, el tren cubre dicha distancia en 64 h. Supongamos que esta distancia fue recorrida por el tren en esas mismas 64 h, pero en movimiento uniforme.

Entonces, la velocidad de dicho movimiento uniforme será:

$$v = \frac{s}{t}, \quad v = \frac{3200 \text{ km}}{64 \text{ h}} = 50 \frac{\text{km}}{\text{h}}.$$

Esta es la velocidad media del movimiento variado del tren

$$\text{velocidad media} = \frac{\text{recorrido}}{\text{tiempo}} \quad \text{o bien} \quad v_{\text{med}} = \frac{s}{t}.$$

- ¿ ?
1. ¿A qué velocidad nos referimos al hablar de la velocidad de movimiento de un tren, automóvil?
 2. ¿Cómo se determina la velocidad media del movimiento variado?

- Ejercicio
7
1. El patinador en hielo E. Grishin estableció en 1963 el récord mundial en la distancia de 500 m. Recorrió dicha distancia en 39,5 s. Determinad la velocidad media de patinaje de E. Grishin. En 1975 en esta misma distancia estableció un récord mundial el patinador soviético en hielo E. Kulikov, que la cubrió en 37,0 s. Comparad las velocidades medias de patinaje de E. Kulikov y E. Grishin.

2. Un esquiador, bajando por la vertiente de una montaña, recorre 50 m en 6 s. Después de bajar de la montaña, hasta su parada total, cubre 30 m más en 15 s. Hallad la velocidad media del esquiador durante el tiempo de movimiento por la vertiente de la montaña y en el transcurso de todo el tiempo de movimiento.

18. Cálculo del recorrido y del tiempo de movimiento

Conociendo la velocidad de movimiento uniforme de un cuerpo, podemos calcular el recorrido cubierto por él durante un intervalo determinado de tiempo. Sea, por ejemplo, que un tren en movimiento uniforme se desplaza a una velocidad de 20 m/s. Esto quiere decir que cada segundo él recorre 20 m. Entonces, en 5 s, el tren recorrerá una distancia 5 veces mayor que en 1 s, es decir, $20 \text{ m/s} \cdot 5 \text{ s} = 100 \text{ m}$, mientras que en 10 s, 10 veces mayor, o sea, $20 \text{ m/s} \cdot 10 \text{ s} = 200 \text{ m}$, etc.

Para determinar el recorrido cubierto en movimiento uniforme, hay que multiplicar la velocidad del cuerpo por el tiempo de movimiento:

$$s = vt.$$

Conociendo el recorrido y la velocidad del movimiento uniforme de un cuerpo, es posible determinar el tiempo de dicho movimiento.

Determinemos en qué intervalo de tiempo un peatón, cuya velocidad de movimiento es de 1,5 m/s, recorre una distancia igual a 3 km, es decir, 3000 m.

De la fórmula, $s = vt$ se desprende, que

$$t = \frac{s}{v}.$$

Poniendo en esta fórmula el valor numérico del recorrido y la velocidad, determinamos el tiempo: $t = 3000 \text{ m} / 1,5 \text{ m/s} = 2000 \text{ s}$.

La velocidad media del movimiento variado se calcula en la suposición de que el movimiento es uniforme. Por esto, cuando es preciso determinar el recorrido partiendo de la velocidad media, puede hacerse uso de la regla, establecida para el movimiento uniforme. De este modo, el recorrido cubierto por un cuerpo en movimiento variado, es igual al producto de la velocidad media por el tiempo de movimiento,

$$s = v_{\text{med}} t.$$

El tiempo necesario para recorrer en movimiento variado cierta distancia, es igual al cociente de la división de dicho recorrido por la velocidad media.

¿?

1. ¿Cómo se determina la distancia recorrida por un cuerpo en movimiento uniforme, si conocemos la velocidad y el tiempo de movimiento? ¿Cómo se calcula el tiempo del movimiento uniforme, conociendo el recorrido y la velocidad del cuerpo?

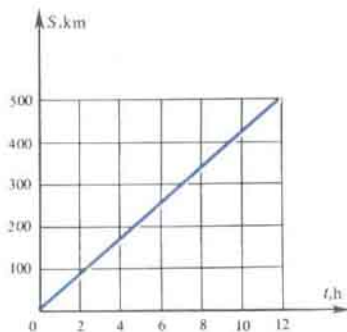


Fig. 29

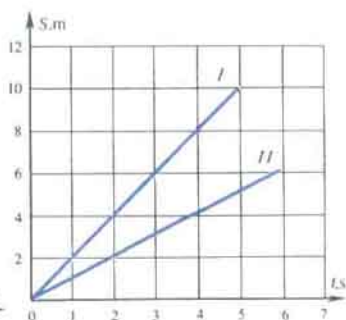


Fig. 30

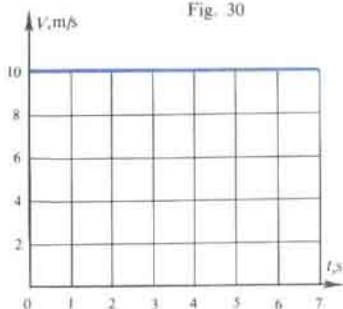


Fig. 31

2. Contestad a esas mismas preguntas para el caso de movimiento variado.

Ejercicios
8

- En la tabla I hallad la velocidad de un peatón, patinador en hielo, de un tren y determinad (de modo oral) las distancias recorridas por estos cuerpos durante 10 s.
- Un avión vuela a una velocidad de 750 km/h. ¿Qué distancia cubrirá en 6 h de vuelo?
- ¿Cuánto tiempo será necesario para que un tren y un avión recorran una distancia de 4000 m? (Las velocidades de estos cuerpos se indican en la tabla I).
- En la fig. 29 se muestra la gráfica del recorrido con movimiento uniforme. En la gráfica: O_s es el eje de las distancias recorridas; O_t , el eje del tiempo. En esta gráfica determinad la distancia cubierta en 10 h y la velocidad de movimiento.
- En la fig. 30 están representadas las gráficas de las distancias de dos movimientos uniformes I y II. De acuerdo con las gráficas, determinad en cual de los movimientos la velocidad es mayor. Fundamentad la solución.
- La fig. 31 nos ofrece la gráfica de la velocidad de un movimiento uniforme. ¿A qué es igual la velocidad de movimiento del cuerpo? Determinad la distancia recorrida durante 5 s.

VELOCIDAD DE MOVIMIENTO DE ALGUNOS CUERPOS, DEL SONIDO, DE LAS ONDAS RADIO-ELÉCTRICAS Y DE LA LUZ, M/S

Caracol	0,0014	Bala de fusil (al salir del cañón)	715
Transeúnte	1,2-1,8	Luna alrededor de la Tierra	1000
Paloma postal	17-19	Molécula de hidrógeno (a 0°C)	1693
Patinador en hielo	hasta 12,5	Molécula de hidrógeno (a 20°C)	1755
Tren (media)	20	Satélite artificial de la Tierra	8000
Avestruz	22	Tierra alrededor del Sol	30 000
Auto turismo (media)	30	Luz y ondas radioeléctricas	300 000 000
Avión turbohélice (media)	200		
Sonido en el aire (a 0°C)	332		

19. Inercia

Nuestra experiencia cotidiana muestra que *la velocidad de un cuerpo sólo puede variar cuando otro cuerpo actúa sobre él.*

Por ejemplo, un balón que está en el suelo, sólo comienza a moverse cuando con él choca otro balón o bien cuando se le golpea con el pie. Pero si sobre el balón no actúan otros cuerpos, por sí solo él no variará la velocidad, no comenzará a moverse con relación a la Tierra.

La disminución de la velocidad de movimiento y la parada del cuerpo no se producen de forma espontánea, sino que se provocan por la acción de otros cuerpos sobre el primero. La velocidad de una bala disminuye al pasar ésta por una tabla, o sea, por la acción de ésta sobre la bala. Un balón que rueda se para a causa del rozamiento contra la tierra.

La dirección de la velocidad también varía a cuenta de la acción de cierto cuerpo. Al lanzar un balón, éste cambia la dirección de su movimiento



Fig. 32

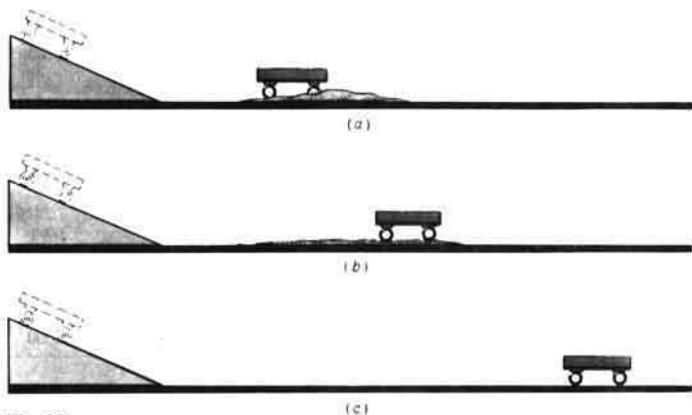


Fig. 33

al chocar contra la pared o la mano. Una persona que va corriendo tiene que agarrarse al poste (fig. 32) para dar la vuelta a su alrededor.

Examinemos el siguiente experimento. Sobre una mesa ponemos una tabla inclinada. A una pequeña distancia del extremo de la tabla echamos sobre la mesa un montón de arena. Sobre la tabla inclinada ponemos un carrito. Después de bajar por la tabla, éste llega a la arena y se para con rapidez al tropezar con el obstáculo (fig. 33, a). Nivelemos un tanto la arena y dejemos que el carrito baje de nuevo por la tabla desde la misma distancia. Ahora, antes de pararse, el carrito recorrerá una distancia mayor por la mesa (fig. 33, b). Si de ésta retiramos por completo la arena, el carrito cubrirá hasta su parada una distancia aún mayor (fig. 33, c). Por consiguiente, mientras menos obstáculos encuentre el carrito en su camino, mayor tiempo se conservará el movimiento, más próximo será éste al uniforme.

¿Cómo se moverá un cuerpo si retiramos todos los obstáculos en su recorrido? A esta pregunta respondió el famoso sabio italiano GALILEO GALILEI: *si sobre un cuerpo no actúan otros cuerpos, el primero estará en reposo o bien en movimiento rectilíneo y uniforme*. En ambos casos la velocidad del cuerpo no varía.

El fenómeno de conservación de la velocidad de un cuerpo, cuando otros cuerpos no actúan sobre él, recibe el nombre de inercia.

Gracias a la inercia se mueve la bala que sale del cañón de una escopeta, ya que la acción de los gases de pólvora cesó después de su salida. Por inercia se mueve un automóvil después de desconectar el motor, el puck después de que sobre él golpea el stick. También es un ejemplo de movimiento por inercia, el que realiza una molécula de gas. Entre un choque y otro, las moléculas de éste se mueven por inercia de modo rectilíneo y uniforme.

¿?

1. Aduzca ejemplos que muestren que la velocidad de movimiento del cuerpo varía sólo bajo la acción de otro cuerpo.

Galileo Galilei (1564–1542)–físico y astrónomo italiano. Galileo descubrió las leyes de caída de los cuerpos y la oscilación del péndulo, fue el primero que indicó la existencia del fenómeno de la inercia. Galileo inventó el termoscopio, o sea, instrumento para medir la temperatura, por primera vez utilizó el telescopio para investigaciones astronómicas, descubrió los satélites de Júpiter, las manchas solares y las fases de Venus.



2. Describid el experimento que muestra cómo varía el movimiento de un cuerpo al reducir la acción de los obstáculos.
3. ¿Qué provoca la variación de la dirección de movimiento?
4. ¿Cómo se movería un cuerpo si no hubiera ningún obstáculo a su movimiento?
5. ¿A qué llamamos inercia?

20. Inercia en la vida cotidiana y en la técnica

Con las manifestaciones de la inercia de los cuerpos tropezamos en la vida cotidiana. Un hombre que corre no puede pararse de golpe, a causa de la inercia correrá cierta distancia, disminuyendo paulatinamente la velocidad. Cuando un autobús o vagón arranca después de estar parado, los pies del pasajero también se ponen en movimiento, ya que entre ellos y el suelo hay rozamiento. En lo que atañe al cuerpo del pasajero, éste queda en reposo. Por esta causa, el cuerpo se inclina en la dirección opuesta al movimiento (fig. 34, *a*). A la inversa, durante una parada brusca el pasajero, continuando el movimiento, se inclina hacia adelante (fig. 34, *b*).

Si desconectamos el motor de un automóvil, sin hacer uso del freno, el automóvil no se parará de inmediato. La distancia cubierta hasta la parada total es llamada *recorrido de rodadura libre*. Por ejemplo, el automóvil



Fig. 34

Fig. 35



Fig. 36

“Moskvich” que a una velocidad de 50 km/h se mueve por una carretera asfaltada, después de desconectar el motor recorre, hasta pararse, una distancia de 355 m, esto será el recorrido de rodadura libre. Incluso si se frenan las ruedas del automóvil y cesa su rotación, a pesar de todo, el vehículo continuará el movimiento deslizándose por el pavimento.

Es muy peligroso cruzar la calle delante de los medios de transporte en movimiento, ya que ellos no pueden pararse de inmediato durante el frenado.

¿?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aducid ejemplos de manifestaciones de la inercia en la vida cotidiana y en la técnica. 2. ¿Por qué un tren, automóvil, motociclo no pueden pararse de inmediato al desconectar el motor?
Ejercicios 9	<ol style="list-style-type: none"> 1. En la fig. 35 se muestra un procedimiento para enmangar el martillo en el cabo. Explicadlo. 2. ¿Por qué a veces se cae una persona que tropieza con algo o resbala? ¿En qué dirección cae? 3. En la fig. 36 se muestra cómo se puede colocar en la posición necesaria el hierro de un cepillo. ¿Por qué al golpear el hierro éste entra en el cepillo, mientras que al golpear contra la caja, sale de él? 4. ¿Hacia dónde se desvían los pasajeros con relación al autobús al girar éste a la derecha? ¿o la izquierda? ¿Por qué?

21. Interacción de los cuerpos

Examinemos otra vez los fenómenos, a causa de los que un cuerpo varía su velocidad, por ejemplo, comienza a moverse.

En la fig. 37, *a* está representado un carrito al que se ha fijado una plaquita elástica, doblada y atada con un hilo. Con relación a la mesa el carrito está en reposo. ¿Se pondrá en movimiento si la plaquita se endereza? Para hallar la respuesta a esta pregunta, cortamos el hilo. La plaquita se endereza bruscamente, pero el carrito queda en su lugar (fig. 37, *b*).

Ahora, coloquemos por el otro lado de la plaquita doblada otro carrito igual (fig. 38, *a*). Después de quemar el hilo, los carritos se ponen en movimiento y se separan en diferentes direcciones (fig. 38, *b*). Como era de esperar (§ 19), para variar la velocidad del carrito fue necesario un segundo cuerpo, otro carrito.

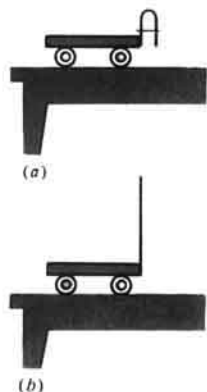


Fig. 37



Fig. 38

Además, hemos visto que el segundo carrito también se puso en movimiento, los dos se movieron con relación a la mesa, los dos actuaron entre sí. Por lo tanto, la acción de un cuerpo sobre otro no puede ser unilateral. Los dos cuerpos actúan entre sí, ellos están en interacción. Por ejemplo, antes del disparo, la bala está en reposo en lo que atañe al fusil. Durante la interacción, al producirse el disparo, la bala y el fusil se mueven en distintas direcciones, es decir, se observa el fenómeno llamado repercusión. Si un hombre, sentado en una barca, empuja otra barca con la mano, observaremos la interacción y la barca con el hombre también se pone en movimiento (fig. 39). Cuando una persona salta de una barca a la orilla, la barca se mueve en dirección opuesta a la del salto (fig. 40).

Así, pues, las velocidades de los cuerpos sólo pueden variar durante la interacción de éstos.



Fig. 39

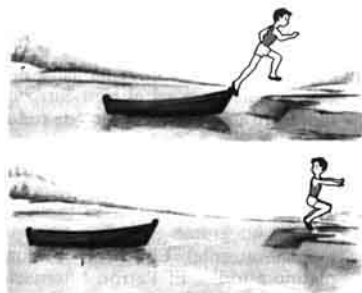


Fig. 40

¿ ?

1. Describid experimentos que muestren que, sólo durante la interacción, los cuerpos se ponen en movimiento.
2. Aducid ejemplos que muestren que durante la interacción varían las velocidades de los dos cuerpos.
3. Describid el fenómeno de la interacción en el ejemplo del disparo de una escopeta.

22. Masa de un cuerpo. Unidad de masa

Las velocidades con las que los cuerpos, que al principio permanecían en reposo, se moverán después de la interacción, pueden bien diferenciarse considerablemente entre sí (la velocidad de la bala y la del fusil) o ser casi iguales (la velocidad del hombre y de una pequeña barca). ¿Cómo se puede explicar este fenómeno?

Examinemos una vez más cómo transcurre la interacción de los carritos, pero para el experimento, hagamos uso de diferentes carritos (fig. 41). Después de quemar el hilo, los carritos se separan a diferentes velocidades. Esto sucede porque los carritos tienen distintas masas. El carrito que después de la interacción se mueve a menor velocidad es el que tiene mayor masa. Las velocidades de los cuerpos, después de su interacción, pueden ser medidas. De acuerdo con dichas velocidades se comparan las masas de los cuerpos en interacción. Por ejemplo, las velocidades de los carritos antes de la interacción eran iguales a cero, después de ella, la velocidad de uno de los carritos era 20 cm/s, la del otro, 40 cm/s. Como la velocidad del segundo carrito es 2 veces mayor que la del primero, su masa será 2 veces menor que la del primer carrito.

Si después de la interacción de los carritos sus velocidades son iguales, esto significa que sus masas también lo son. Semejante caso fue observado por nosotros en el experimento con carritos iguales (fig. 38).

Cuando un hombre salta de la barca a la orilla, se produce la interacción del hombre y la barca. Ésta adquiere una velocidad dirigida en sentido opuesto al salto del hombre (fig. 40). Si la masa de la barca es mayor que la del hombre, su velocidad será menor que la del hombre que salta. Cuando las masas de la barca y el hombre son iguales, después de la interacción, sus velocidades serán iguales.

Al considerar las interacciones de los cuerpos, nos hemos familiarizado con una magnitud física llamada masa del cuerpo. El concepto de masa irá comprendiéndose en el transcurso del posterior estudio de la física. Por el momento hay que recordar que todo cuerpo, ya sea una persona, o bien una mesa, la Tierra, una gota de agua, tiene masa y que a partir de las velocidades que los cuerpos en reposo adquirieron durante la interacción, podemos comparar sus masas.

Por unidad de masa se toma el kilogramo, se anota, 1 kg.

El kilogramo es la masa del patrón (un modelo fabricado minuciosamente). El patrón fue fundido de una aleación de dos metales: platino e iridio. El Patrón Internacional del kilogramo (fig. 42) se conserva en Francia, en la ciudad de Sevres, en los alrededores de Paris. De este patrón, con alta precisión, se fabrican copias para otros países.



Fig. 41



Fig. 42

En la práctica, también se hace uso de unidades de masa mayores y menores que el kilogramo: la tonelada (t), el gramo (g), el miligramo (mg):

$$1 \text{ t} = 1000 \text{ kg}; 1 \text{ g} = 0,001 \text{ kg}; 1 \text{ mg} = 0,000001 \text{ kg}.$$

La física contemporánea dispone de procedimientos perfectos de medición, que permiten con gran precisión determinar las dimensiones y las masas de las más diminutas partículas de la materia, las moléculas. Hoy día, han sido determinadas las masas de todas las sustancias. La menor masa le corresponde a la molécula de hidrógeno. Su masa es igual a $0,0000000000000000000000033 \text{ g}$ o bien $33/10^{25} \text{ g}$. Si con la punta de un lápiz bien afilado se pone un punto en un papel, la masa de grafito que queda en él será millones de veces mayor que la masa de esa molécula.

La masa de la molécula de mercurio es 100 veces, la de oxígeno 16 veces, la de agua 9 veces mayor que la correspondiente a la molécula de hidrógeno.

¿ ?

1. Describid el experimento de la interacción de dos carrillos diferentes.
2. ¿Cuál de dichos carrillos tiene mayor masa?
3. Aducid un ejemplo del que se vea cómo se comparan las masas de los cuerpos, partiendo de las velocidades adquiridas por ellos.
4. ¿Qué se ha adoptado en calidad de unidad de masa?
5. ¿Qué otras unidades de masa conocéis?

Ejercicios
10

1. ¿Por qué, cuando una persona salta de una pequeña barca, ésta se desplaza hacia atrás, casi a la misma velocidad con la que la persona salta?
2. Al disparar un fusil hay que apretarlo bien contra el hombro. ¿Por qué en tal caso disminuye la velocidad de repercusión?
3. Al fabricar cartuchos de caza, se toma en consideración la masa de la escopeta: para las escopetas ligeras, la carga de perdigones es menor que para las pesadas. Explicad por qué.
4. Una persona saltó de una barca inmóvil a una velocidad de 5 m/s , a causa de lo cual la barca se desplazó en dirección contraria a una velocidad de $0,5 \text{ m/s}$. ¿Cuántas veces la masa de la barca es mayor que la del hombre?

23. Definición de la masa de los cuerpos en balanzas

Ahora ya sabemos que, comparando las velocidades adquiridas por los cuerpos que estaban en reposo, a causa de su interacción, es posible determinar cuántas veces la masa de uno de los cuerpos es mayor que la del otro. Por este procedimiento podemos también medir la masa del cuerpo, si es conocida la masa del otro cuerpo en interacción.

Pero existe otro procedimiento más sencillo para determinar la masa del cuerpo, mediante una balanza.

La balanza escolar (fig. 43) consta de un balancín que puede girar libremente alrededor de un punto, situado en el centro de la barra. En los extremos del balancín se suspenden los platillos.

En el § 21 establecimos que las masas de los carritos, de los que hicimos uso para el experimento (fig. 38), eran iguales, ya que durante la interacción, ellos adquirieron iguales velocidades. Pongamos dichos carritos en los platillos de la balanza. Ésta se encontrará en equilibrio. Esto significa que en caso de equilibrio de la balanza, las masas de los cuerpos ubicados en sus platillos son iguales entre sí.

En este hecho se basa la definición de las masas de los cuerpos por medio de una balanza. En uno de sus platillos se coloca el cuerpo cuya masa ha de ser definida, en el otro, pesas cuyas masas son conocidas y están marcadas en ellas. Las pesas se eligen con el fin de establecer el equilibrio. Se calcula la masa total de las pesas que equilibraron el cuerpo. La masa del cuerpo será igual a la de las pesas.

Para el pesaje se hace uso de un juego especial de pesas de diferente masa. En la fig. 44 está representado semejante juego para la balanza



Fig. 43



Fig. 44

escolar. En él hay 9 pesas de masa igual a 100, 50, 20, 20, 10, 5, 2, 2 y 1 g. Con su ayuda se puede elegir cualquier masa de 1 a 210 g. Las pesas (contrapesos) cuya masa es menor que el gramo, se fabrican en forma de plaquitas de aluminio de una masa de 500, 200, 200, 100, 50, 20, 20 y 10 mg.

Con ayuda de grandes balanzas especiales (o básculas) pueden ser también determinadas grandes masas, por ejemplo, la del automóvil "Volga", igual a 1885 kg (con la carga completa), así como pequeñas masas, tales como la de un mosquito, igual a 1 mg.

-
- ¿ ?
1. ¿Cuál es la condición de equilibrio de una balanza?
 2. ¿Cómo se determina la masa de un cuerpo mediante una balanza y un juego de pesas?
 3. ¿Qué es un juego de pesas (contrapesos) para una balanza escolar?

Ejercicios
11 ¿Cómo, sin recurrir a una balanza, se puede mostrar que las masas de dos bolas de billar son iguales? ¿Cómo se comprueba esto mediante una balanza?

24. Densidad de la sustancia

Los cuerpos de igual masa, fabricados de diversas sustancias, ocupan diferentes volúmenes. Si tomamos dos cilindros de igual masa, uno de ellos hecho de plomo y el otro de aluminio (fig. 45, a), podremos ver que el volumen del segundo será casi cuatro veces mayor que el ocupado por el primero. Un cubo de hierro de 1 t de masa ocupa un volumen de $0,13 \text{ m}^3$, mientras que 1 t de hielo, un volumen de $1,1 \text{ m}^3$, o sea, casi 9 veces mayor (fig. 45, b).

Estos ejemplos nos muestran que la masa de 1 m^3 de diversas sustancias es diferente.

Las sustancias se diferencian entre sí por sus densidades.

La densidad muestra a qué es igual la masa de 1 m^3 de sustancia. Por ejemplo, la masa de 1 m^3 de hierro, es igual a 7800 kg. Por consiguiente, la densidad del hierro constituye 7800 kg por 1 m^3 .

CONSIDEREMOS UN EJEMPLO. Dos m^3 de hielo tienen una masa de 1800 kg. Determinemos la densidad del hielo.

Dos m^3 de hielo tienen una masa de 1800 kg, la masa de 1 m^3 de hielo será 2 veces menor, es decir, $1800 \text{ kg} : 2 = 900 \text{ kg}$. Es decir, la densidad del hielo constituye 900 kg por 1 m^3 .

De este ejemplo se deduce que, conociendo la masa y el volumen, podemos calcular la densidad.

Para determinar la densidad de la materia hay que dividir su masa por su volumen:

$$\text{densidad} = \frac{\text{masa}}{\text{volumen}}$$

Designemos las magnitudes con letras: $\rho^{1)}$ —la densidad de la sustancia,

¹⁾ ρ es una letra del alfabeto griego, que se lee "rho".

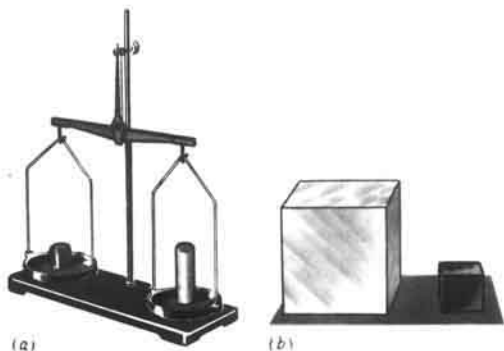


Fig. 45

m —la masa del cuerpo, V —su volumen. Entonces, la regla para calcular la densidad de la sustancia puede ser escrita como la fórmula:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

La unidad de densidad de la sustancia es 1 kg/m^3 .

Por lo tanto, la densidad del hierro es 7800 kg/m^3 , la del hielo, 900 kg/m^3 .

La densidad de la sustancia también se expresa en gramos por centímetro cúbico (g/cm^3 , fig. 46). Por ejemplo, calculemos la densidad del hierro igual a 7800 kg/m^3 en estas unidades. Con este fin, convertimos los kilogramos en gramos y los metros cúbicos en centímetros cúbicos: $7800 \text{ kg} = 7\,800\,000 \text{ g}$; $1 \text{ m}^3 = 1\,000\,000 \text{ cm}^3$.

Dividiendo la masa por el volumen, hallamos la densidad del hierro:

$$\rho = \frac{7\,800\,000 \text{ g}}{1\,000\,000 \text{ cm}^3} = 7,8 \text{ g/cm}^3.$$

La densidad de una misma sustancia en estado sólido, líquido y gaseoso es diferente. Por ejemplo, la densidad del hielo es igual a 900 kg/m^3 ; la del agua, 1000 kg/m^3 ; la del vapor de agua, $0,590 \text{ kg/m}^3$.

¿ ?

1. ¿Qué muestra la densidad de la sustancia?
2. Escribid a qué es igual la densidad del hierro. ¿Qué significa el número anotado?
3. ¿Cómo se calcula la densidad de la sustancia?
4. ¿Cómo se expresa la densidad en g/cm^3 , si fue dada en kg/m^3 ?

Ejercicios
12

1. La densidad del metal raro osmio es igual a $22\,500 \text{ kg/m}^3$. ¿Qué significa este número?
2. Tres cubos hechos de mármol, hielo y latón, tienen el mismo volumen. ¿Cuál de ellos tiene la mayor masa, cuál la menor?
3. ¿Cuál de dos cuerpos, cada uno de 2 kg de masa, tiene mayor volumen—el de porcelana o el de hierro? ¿Por qué?

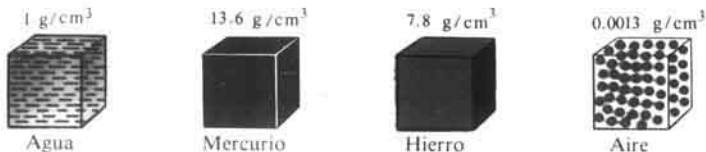


Fig. 46

4. La madera más ligera es la de balsa. Una masa de 100 cm^3 de ella es igual a 12 g . Calculad la densidad de esta madera en g/cm^3 y kg/m^3 .

Tarea Tomad un trozo de jabón que tenga forma de paralelepípedo rectangular, en el que esté marcada su masa. Determinad la densidad del jabón.

25. Cálculo de la masa y el volumen de un cuerpo según su densidad

Es muy importante conocer la densidad para fines prácticos.

Cuando un ingeniero crea una máquina, de antemano puede calcular la masa de la futura máquina a partir de la densidad y el volumen de los materiales que han de emplearse para su fabricación. Antes de construir una casa, es posible calcular su masa y, por lo tanto, determinar la cantidad de materiales de construcción necesarios.

Supongamos que hay que determinar la masa de la gasolina que contiene un vagón cisterna de 50 m^3 de volumen. Hallemos en la tabla la densidad de la gasolina. Ésta es igual a 710 kg/m^3 . Por lo tanto, la masa de 1 m^3 de gasolina es igual a 710 kg . La masa de 50 m^3 de gasolina es 50 veces mayor que la de 1 m^3 , es decir, es $710 \text{ kg} \cdot 50 = 35\,500 \text{ kg} = 35,5 \text{ t}$.

Así, pues, para calcular la masa del cuerpo sabiendo su densidad y volumen hay que multiplicar la densidad por el volumen:

$$\text{masa} = \text{densidad} \times \text{volumen} \quad \text{o bien} \quad m = \rho V.$$

Si conocemos la masa del cuerpo y la densidad de la sustancia de la que éste está hecho, podemos determinar su volumen. Semejante procedimiento de cálculo del volumen es el más cómodo cuando, por ejemplo, el cuerpo tiene forma irregular, por lo que su volumen no puede ser determinado mediante una regla.

CONSIDEREMOS UN EJEMPLO. La masa de un bloque de granito es de $6,5 \text{ t}$, la densidad de éste 2600 kg/m^3 . ¿Cuál es el volumen del bloque?

Sabemos que $m = \rho V$. En el presente caso, en dicha fórmula la incógnita es el volumen, que es fácil de hallar:

$$V = \frac{m}{\rho}, \quad V = \frac{6500 \text{ kg}}{2600 \text{ kg/m}^3} = 2,5 \text{ m}^3.$$

- ¿ ?
1. ¿Cómo se calcula la masa de un cuerpo haciendo uso de su densidad y volumen?
 2. ¿Cómo se determina el volumen de un cuerpo si conocemos su densidad y masa?

- Ejercicios
13
1. Determinad la masa de 10 l de agua, gasolina, mercurio.
 2. ¿Cuál es la masa de 100 cm³ de plomo?
¿Tendrán 100 cm³ de granalla de plomo esta misma masa? ¿Por qué?
 3. Determinad la masa de queroseno que cabe en una botella de cinco litros.

26. Expresión de la densidad de la sustancia con ayuda de la masa de una molécula y el número de moléculas por unidad de volumen

Ya que todas las sustancias constan de moléculas, la masa de todo cuerpo es la suma de las masas de todas las moléculas, de modo similar a cómo, por ejemplo, la masa de un paquete de guisantes es la suma de las masas de todos los guisantes ubicados en el paquete. La masa de los guisantes es fácil de conocer, hay que pesar el paquete con ellos. Pero si todos los guisantes fueran iguales, su masa total podría ser determinada multiplicando la masa de uno de los guisantes por el número de ellos en el paquete.

Las moléculas de una sustancia pura son iguales y, por ello, verbigracia, la masa de una gota de agua es igual al producto de la masa de una molécula de agua por la cantidad de aquéllas en la gota.

La densidad de la sustancia nos muestra a qué es igual la masa de 1 m³

Tabla 2

DENSIDAD DE ALGUNOS SÓLIDOS

Sólido	$\rho, \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	$\rho, \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$	Sólido	$\rho, \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	$\rho, \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$
Osmio	22 500	22,5	Granito	2600	2,6
Iridio	22 400	22,4	Vidrio	2500	2,5
Platino	21 500	21,5	Porcelana	2300	2,3
Oro	19 300	19,3	Hormigón	2200	2,2
Plomo	11 300	11,3	Ladrillo	1600-1400	1,6-1,4
Plata	10 500	10,5	Vidrio orgánico	1200	1,2
Cobre	8 900	8,9	Caprón	1100	1,1
Latón	8 500	8,5	Polietileno	940	0,90
Aceero, hierro	7 800	7,8	Parafina	900	0,9
Estaño	7 300	7,3	Hielo	900	0,9
Zinc	7 100	7,1	Roble seco	800	0,8
Hierro colado	7 000	7,0	Pino seco	440	0,4
Aluminio	2 700	2,7	Corcho	240	0,2
Mármol	2 700	2,7	Plástico esponjoso	200-600	0,2-0,6

Tabla 3

DENSIDAD DE ALGUNOS LIQUIDOS

Líquido	$\rho, \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	$\rho, \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$	Líquido	$\rho, \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	$\rho, \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$
Mercurio	13 600	13,60	Petróleo	800	0,80
Ácido sulfúrico	1800	1,80	Acetona	790	0,79
Agua de mar	1030	1,03	Éter	710	0,71
Agua pura	1000	1,00	Gasolina	710	0,71
Miel	1350	1,35	Estaño líquido (a $t = 400^\circ\text{C}$)	6800	6,80
Aceite para máquinas	900	0,90	Aire líquido (a $t = -194^\circ\text{C}$)	960	0,96
Queroseno	800	0,80			
Alcohol	800	0,80			

Tabla 4

DENSIDADES DE ALGUNOS GASES

Gas	$\rho, \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	$\rho, \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$	Gas	$\rho, \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	$\rho, \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$
Cloro	3,210	0,00321	Nitrógeno	1,250	0,00125
Bióxido carbónico (IV)			Monóxido car- bónico (II)	1,250	0,00125
(gas carbónico)	1,980	0,00198	Vapor de agua (a 100°C)	0,590	0,00059
Oxígeno	1,430	0,00143	Hidrógeno	0,090	0,00009
Aire (a 0°C)	1,290	0,00129			

de dicha sustancia. Por ejemplo, la densidad del oxígeno gaseoso es $1,43 \text{ kg/m}^3$. Ese número puede ser hallado, multiplicando la masa de una molécula de oxígeno por el número de moléculas contenidas en 1 m^3 de su volumen.

La densidad de la sustancia es igual al producto de la masa de una molécula de esta sustancia por el número de moléculas en la unidad de volumen.

Claro está, que en la práctica la densidad de la sustancia no se calcula así, sino que de acuerdo con un procedimiento más sencillo, según la masa del cuerpo y su volumen. Pero, conociendo la densidad de la sustancia y la masa de una molécula, es posible determinar el número de moléculas en 1 m^3 de la sustancia, cosa que de otro modo no se puede calcular. Para hallar el número de moléculas en 1 m^3 , hay que dividir la densidad de la sustancia por la masa de una molécula. Esta masa se determina por vía experimental.

Por ejemplo, de este modo ha sido calculado que 1 m^3 de agua pura contiene $3,34 \cdot 10^{28}$ moléculas, mientras que 1 m^3 de oxígeno, $2,7 \cdot 10^{25}$. Estos

números son tan gigantescos que es imposible contar directamente las moléculas. ¡Incluso si cada segundo dejáramos salir de 1 m^3 de oxígeno 1 millón de moléculas, para que salieran todas serían necesarios 900 mil millones de años!

En las tablas 2-4 se indican las densidades de ciertos sólidos, líquidos y gases. Al examinarlas, advertiréis la gran diferencia entre las densidades de los gases y las de los sólidos y líquidos.

La densidad del oxígeno (gas) es $1,43 \text{ kg/m}^3$. De este gas, enfriándolo y comprimiéndolo fuertemente, se obtiene oxígeno líquido, cuya densidad es 1140 kg/m^3 . Tanto el oxígeno líquido, como el gaseoso, consta de iguales moléculas, de las de oxígeno. ¿Por qué entonces sus densidades difieren tanto, en casi 1000 veces? Recordemos (véase el § 13) que en los gases las moléculas se encuentran a mayores distancias entre sí que en los líquidos. Por esta causa, el número de moléculas en 1 m^3 de gas es menor que en 1 m^3 de líquido.

¿ ?

1. ¿Cómo se expresa la densidad de la sustancia mediante la masa de una molécula y el número de moléculas en 1 m^3 ?
2. ¿Por qué las densidades de los gases son menores que las de los líquidos y sólidos?
3. ¿Qué se debe conocer para determinar el número de moléculas en 1 m^3 de sustancia?

Ejercicios

14

1. La densidad del agua a 100°C es igual a 950 kg/m^3 , mientras que la máxima densidad del vapor de agua, a esa misma temperatura, es $0,590 \text{ kg/m}^3$. ¿Cómo explicar la diferencia entre las densidades del agua y del vapor de ésta?
2. La densidad del hidrógeno gaseoso es igual a $0,09 \text{ kg/m}^3$, mientras que del hidrógeno sólido, 80 kg/m^3 . Indicad la causa de esta diferencia.
3. ¿Por qué el gas comprimido tiene mayor densidad que el no comprimido?
4. Comprobar si en efecto 1 m^3 de agua contiene $3,34 \cdot 10^{28}$ moléculas. La masa de una molécula de agua es igual a $2,99/10^{26} \text{ kg}$.

27.

Fuerza

Los fenómenos de inercia y de interacción de los cuerpos, que estudiamos en los §§ 19, 21, muestran que la variación de la velocidad de movimiento de cualquier cuerpo sólo es posible cuando sobre éste actúan otros cuerpos. Confirmemos esta deducción con nuevos ejemplos.

Empujando la vagoneta, ésta se pone en movimiento (fig. 47). En semejante caso, la velocidad de la vagoneta cambia a causa de la acción de las manos del hombre.

Un trozo de hierro, ubicado sobre un corcho echado al agua, se pone en movimiento atraído por un imán (fig. 48). En este caso, el imán es el cuerpo que varía la velocidad del trozo de hierro y del corcho.

Al apretar con la mano sobre la bola (fig. 49, a) el muelle se comprime, es decir, su extremo se pone en movimiento. Al alargarse, el muelle comprimido anima el movimiento de la bola (fig. 49, b). Primeramente, el cuerpo actuante



Fig. 47



Fig. 48



(a)



(b)

Fig. 49



Fig. 50



Fig. 51

fue la mano del hombre, pues puso en movimiento la bola y el extremo del muelle. A continuación, el muelle se convirtió en cuerpo motriz, pues puso en movimiento la bola.

Con la mano o con una raqueta podemos parar una pelota en vuelo o cambiar la dirección de su movimiento.

En todos los ejemplos aducidos, a cuenta de la acción de otro cuerpo, el cuerpo considerado se ponía en movimiento, se paraba o variaba la dirección de su movimiento. Con otras palabras, en todos los ejemplos *la velocidad del cuerpo variaba a causa de que sobre él actuaban otros cuerpos.*

Con frecuencia, en física no se indica qué cuerpo y cómo actúa sobre el cuerpo dado, sino que dicen que sobre él actúa una fuerza o está aplicada una fuerza. La causa de la variación de la velocidad es la fuerza.

Al actuar una fuerza puede variar la velocidad no sólo de todo el cuerpo, sino que de sus partes por separado. Esto ocurre, por ejemplo, cuando golpeamos con una raqueta contra una pelota. A causa del desplazamiento desigual de algunas de sus partes, la pelota se comprime, *se deforma* (cambia su forma) (fig. 50). La deformación de una tabla sobre la que se sienta una persona (fig. 51), surge porque la parte central de la tabla se desplaza a mayor distancia que la de sus extremos.

Con el fin de variar de igual modo la velocidad de movimiento de diferentes cuerpos, son necesarias distintas fuerzas. Poner en movimiento un automóvil es más difícil que una motocicleta. Con otras palabras, para animar el movimiento de un automóvil, hace falta una fuerza mayor que para hacer lo mismo con la motocicleta. Es decir, el valor numérico de la fuerza puede ser menor o mayor. La fuerza es una magnitud física. Lo mismo que la velocidad, tiene dirección.

¿ ?

1. ¿Cómo se manifiesta la acción de un cuerpo sobre otro?
2. Aducid ejemplos que muestren que la velocidad de un cuerpo varía

- a causa de que otro cuerpo actúa sobre el primero.
3. ¿Qué es la fuerza?
 4. ¿Por qué varía la forma del cuerpo bajo la acción de una fuerza?

28. Fenómeno de la gravitación. Fuerza de la gravedad

Veamos cómo vuela una pelota lanzada en dirección horizontal (fig. 52). La pelota no vuela de modo rectilíneo y uniforme, su trayectoria es una curva. Un satélite artificial, lanzado desde la Tierra, tampoco vuela a lo largo de una recta, sino que se mueve alrededor de nuestro planeta (fig. 53). Esto significa que sobre dichos cuerpos actúa una fuerza, a saber, la fuerza de atracción hacia la Tierra. Gracias a esa fuerza, los cuerpos, elevados sobre la Tierra y después soltados, descienden (fig. 54), en los ríos el agua fluye hacia abajo. Después de saltar, el hombre de nuevo retorna a la Tierra, ya que él es atraído por ella.

La Tierra atrae a todos los cuerpos que se encuentran en ella o cerca de su superficie: las personas, el agua de los mares, océanos, ríos, las casas, la Luna, los satélites, etc. Pero todos los cuerpos enumerados también atraen a la Tierra. Por ejemplo, la atracción de la Tierra hacia la Luna provoca en nuestro planeta las mareas, cuando enormes masas de agua ascienden en los océanos y mares a muchos metros dos veces al día. La Tierra y todos los demás planetas que giran alrededor del Sol son atraídos por él y se atraen entre sí. Todos los cuerpos en la Tierra se atraen mutuamente. Por esta razón, la atracción mutua de todos los cuerpos del Universo ha recibido el nombre de gravitación universal.

Para nosotros, es de particular importancia la fuerza con la que los cuerpos son atraídos hacia el planeta en que vivimos, hacia la Tierra.

La fuerza con que la Tierra atrae a un cuerpo, recibe el nombre de fuerza de la gravedad.

Por vía experimental fue establecido que la fuerza de la gravedad es razón directa de la masa del cuerpo. Tantas veces como la masa de un cuerpo es mayor que la de otro cuerpo, la fuerza de la gravedad que actúa sobre el primer cuerpo será tantas veces mayor que la que actúa sobre el segundo.



Fig. 52



Fig. 53



Fig. 54

Por esta razón, hablando del cuerpo de mayor masa, decimos que es pesado. De los cuerpos, que tienen diferentes masas, suele decirse que uno es más pesado y el segundo más ligero. De este modo expresamos la dependencia entre la fuerza de la gravedad y la masa del cuerpo. Si las masas de los cuerpos son iguales, también lo son las fuerzas de la gravedad que sobre ellos actúan.

¿ ?

1. ¿Por qué una piedra lanzada en dirección horizontal no vuela de forma rectilínea?
2. ¿Qué fuerza mantiene los cuerpos en la superficie de la Tierra?
3. ¿Qué fuerza recibe el nombre de fuerza de la gravedad?
4. ¿Cómo depende la fuerza de la gravedad con relación a la masa del cuerpo?

29 * . Fuerza elástica. Peso de los cuerpos

Como vimos (§ 28), sobre todos los cuerpos que se encuentran en la Tierra actúa la fuerza de la gravedad. Ésta es la causa de que todos los cuerpos que carecen de apoyo o de suspensión, caen a la Tierra. Por el efecto de la fuerza de la gravedad a la Tierra descienden las gotas de lluvia, los copos de nieve, las hojas de los árboles.

Mas cuando esa misma nieve yace en el tejado, sobre ella continúa actuando la fuerza de la gravedad, pero la nieve no cae, se encuentra en reposo. Examinemos por qué están en reposo los cuerpos situados sobre un apoyo o suspendidos de un hilo.

En la fig. 55, *a* está representada una tabla ubicada horizontalmente sobre dos apoyos. Si en su centro ponemos una pesa, a causa de la acción de la fuerza de la gravedad, aquélla, cierto tiempo, se desplazará hacia abajo combando la tabla y, a continuación, se parará (fig. 55, *b*).

¿Qué es lo que ha detenido su movimiento? La parada de la pesa sólo puede ser explicada por el hecho de que, además de la fuerza de la gravedad dirigida hacia abajo, sobre ella actúa otra fuerza más, dirigida hacia arriba.

¿De dónde ha surgido esta otra fuerza? Con el fin de responder a dicha pregunta, examinemos lo que ocurre con la tabla durante su movimiento hacia abajo. Durante el movimiento, la tabla (o bien otro cualquier apoyo, fig. 55, *b*) se comba, es decir, se deforma. En semejante caso, surge una fuerza con la que el apoyo (en nuestro ejemplo, la tabla) actúa sobre el cuerpo que en él yace, esta fuerza está dirigida hacia arriba, o sea, en dirección contraria a la fuerza de la gravedad y recibe el nombre de fuerza elástica. Cuanto más se combe el apoyo, mayor será la fuerza elástica. Cuando esta última se iguala a la fuerza de la gravedad, que actúa sobre el cuerpo, el apoyo y el cuerpo se detienen.

En la fig. 56 se muestra un muelle comprimido por la acción de una carga. Si el cuerpo está suspendido, la suspensión (un hilo, una cuerda, un alambre, etc.) se estirará. En ella, como en el apoyo, aparece la fuerza elástica. A medida que la suspensión se estira, esta fuerza aumenta. Al igualarse los valores de las fuerzas elástica y de la gravedad, el alargamiento del hilo cesa.



(a)



(b)

Fig. 55

Cuando colocamos un cuerpo sobre el apoyo, produce no sólo la deformación del apoyo, sino que también del cuerpo atraído por la Tierra. El cuerpo deformado (comprimido) presiona contra el apoyo. De igual modo, cuando el cuerpo está suspendido, sufre deformación no sólo la suspensión, sino también el propio cuerpo. El cuerpo deformado (alargado) deforma (estira) la suspensión (fig. 57).

Recibe el nombre de peso de un cuerpo, la fuerza con que éste actúa sobre el apoyo o la suspensión a causa de la atracción hacia la Tierra.

Hay que distinguir la fuerza de la gravedad que actúa sobre el cuerpo y el peso de éste. La primera actúa sobre el propio cuerpo, en tanto que el segundo, sobre el apoyo o la suspensión (véanse las figs. 57 y 62).

¿ ?

1. ¿En qué se manifiesta la acción de la fuerza de la gravedad sobre un cuerpo?
2. ¿Qué fuerza recibe el nombre de elástica?
3. ¿Qué llamamos peso de un cuerpo?
4. ¿Qué diferencia hay entre el peso del cuerpo y la fuerza de la gravedad que sobre él actúa?



Fig. 57

Isaac Newton (1643-1727)—físico y matemático inglés. Descubrió las leyes fundamentales del movimiento de los cuerpos y la ley de la gravitación, también descubrió y estudió muchas importantes propiedades de la luz, confeccionó las más importantes partes de las matemáticas superiores.



30 * Unidades de fuerza. Relación entre la fuerza de la gravedad y la masa del cuerpo

La fuerza es una magnitud física. Puede ser medida, o sea, comparada con una fuerza tomada como unidad.

Como sabemos, las unidades de medida de diversas magnitudes se eligen convencionalmente. Por unidad de fuerza también podemos tomar cualquier fuerza, por ejemplo, la fuerza elástica de un determinado muelle, alargado hasta determinada longitud. Así mismo, podemos elegir como unidad de fuerza, la fuerza de la gravedad que actúa sobre cualquier cuerpo.

De acuerdo con convenios internacionales, por unidad de fuerza se ha adoptado 1 newton, definido como la fuerza que en el transcurso de 1 s varía la velocidad de un cuerpo de 1 kg de masa en 1 m/s.

Esta unidad de fuerza ha sido así llamada en honor del famoso físico inglés ISAAC NEWTON, que fue quien descubrió la ley de la gravitación universal.

La designación abreviada de la unidad de fuerza newton es 1 N. También se utiliza una unidad mayor de fuerza—1 kilonewton (1 kN),
 $1 \text{ kN} = 1000 \text{ N}$.

Aproximadamente, 1 N es igual a la fuerza de la gravedad que actúa sobre un cuerpo de masa 0,1 kg, o bien con mayor precisión, 1/9,8 kg. Deberá tomarse en consideración que la fuerza de la gravedad que actúa sobre un cuerpo depende de la latitud geográfica del lugar donde se encuentra el cuerpo dado. Por esta razón, la fuerza de la gravedad que actúa sobre un cuerpo de masa 1/9,8 kg, sólo es igual a 1 N en determinada latitud, a saber, la de la ciudad francesa de Sévres, donde se conserva el patrón de masa.

¿Cómo se puede calcular la fuerza de la gravedad que actúa sobre un cuerpo de cualquier masa, haciendo uso de la unidad de fuerza 1 N?

Es sabido que la fuerza de la gravedad es tanto mayor, cuanto más grande sea la masa del cuerpo. Como 1 N es la fuerza de la gravedad que actúa

sobre un cuerpo de masa igual a 1/9,8 kg, de aquí se desprende que sobre un cuerpo de 1 kg de masa actuará una fuerza de la gravedad igual a 9,8 N. Para abreviar, designaremos esto así: 9,8 N/kg. Pero si sobre un cuerpo de 1 kg de masa actúa una fuerza de la gravedad de 9,8 N, sobre un cuerpo de 2 kg de masa actuará una fuerza dos veces mayor, igual a 19,6 N, sobre un cuerpo de 3 kg de masa, una fuerza tres veces mayor, igual a 29,4 N, etc. Por consiguiente, para determinar la fuerza de la gravedad que actúa sobre un cuerpo, la magnitud 9,8 N/kg ha de ser multiplicada por la masa del cuerpo, es decir,

$$F = 9,8 \frac{\text{N}}{\text{kg}} m \text{ o bien } F = gm,$$

aquí F es la fuerza de la gravedad expresada en N, $g = 9,8\text{N/kg}$, m , la masa dada en kilogramos.

Ya sabemos que la fuerza con la que el cuerpo presiona sobre el apoyo o la suspensión, al ser atraído por la Tierra, recibe el nombre de peso del cuerpo.

Si el apoyo es horizontal y está inmóvil con relación a la Tierra, el peso del cuerpo es igual a la fuerza de la gravedad.

En adelante, en nuestro libro, al hablar del peso de un cuerpo siempre vamos a relacionarlo con un apoyo inmóvil y horizontal. Por esto, el peso del cuerpo P en newtones también lo calcularemos por la fórmula:

$$P = gm,$$

donde la masa m está expresada en kilogramos y $g = 9,8\text{N/kg}$.

En una serie de casos, durante los cálculos, podemos redondear los números y considerar $g = 10\text{ N/kg}$.

- ¿ ?
1. ¿Qué significa medir cierta fuerza?
 2. ¿Qué se ha adoptado como unidad de fuerza?
 3. ¿Qué fuerza recibe el nombre de newton?
 4. ¿Qué fuerza de la gravedad actúa sobre un cuerpo de 1 kg de masa?
 5. ¿Cómo calcular la fuerza de la gravedad que actúa sobre un cuerpo de cualquier masa?
 6. ¿En que caso se puede aplicar para el cálculo del peso la fórmula con la que se calcula la fuerza de la gravedad?

- Ejercicios 15
1. ¿A qué es igual la fuerza de la gravedad que actúa sobre un cuerpo de una masa de 2,5 kg, de 800 g, de 1,2 t, de 50 g?
 2. ¿A cuántos newtones es igual el peso de un cuerpo cuya masa es de 10 kg? de 200 g?
 3. Un hombre pesa 800 N. ¿Cuál es su masa?
 4. Leed al final del manual los párrafos: 2. "Ingravidés", 3. "La fuerza de la gravedad de otros planetas". De acuerdo con ellos, preparar conferencias.

31. Dinamómetro

Los instrumentos para medir la fuerza reciben el nombre de dinamómetros ¹¹. La estructura del dinamómetro se basa en que *la fuerza elástica de un muelle crece tantas veces, como aumenta la deformación de éste.*

El más sencillo dinamómetro de muelle se fabrica del modo siguiente. En una tablita, cubierta de papel blanco, se fija un muelle que en su extremo inferior tiene un vástago con un gancho (fig. 58, a). En la parte superior del vástago se fija el indicador. La posición del indicador se marca en el papel con el muelle no alargado. Esta posición corresponde a la marca cero. A continuación, en el gancho se suspende una carga de masa 1/9,8 kg, es decir, 102 g. Sobre esta carga actúa una fuerza de gravedad igual a 1 N. Por el efecto de la fuerza de 1 N, el muelle se estira y el indicador desciende. Su nueva posición se marca en el papel y junto a la marca se pone la cifra 1 (fig. 58, b). Seguidamente, se suspende una carga de 204 g de masa y se hace la marca 2, que quiere decir que en esta posición, la fuerza elástica del muelle es igual a 2 N. Con ayuda de la carga de 306 g se hace la marca de 3 N, etc.

Se pueden hacer divisiones que correspondan a fracciones decimales de newton: 0,1; 0,2; 0,3 N, etc. Con este fin, las

¹¹ De los vocablos griegos: DYNAMIS - fuerza, METRON - medida.

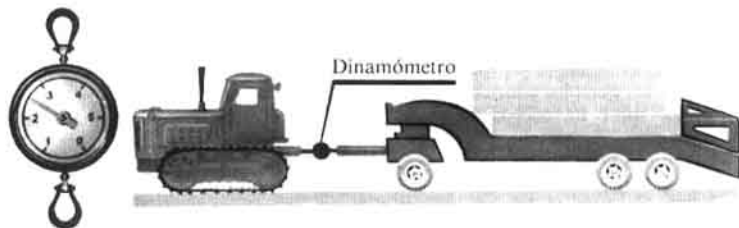
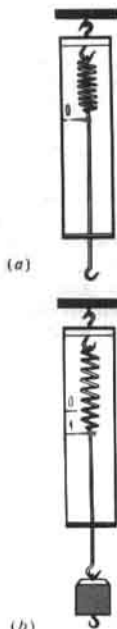


Fig. 60

distancias entre las marcas 0 y 1; 1 y 2; 2 y 3, etc., deben ser divididas en 10 partes iguales.

Un muelle graduado será, precisamente, el más sencillo dinamómetro (graduar un instrumento, quiere decir que se le aplica una escala con divisiones).

Claro está, que con los dinamómetros puede ser medida no sólo la fuerza de la gravedad, sino también otras fuerzas: la de rozamiento, la elástica, etc.

Para medir la fuerza muscular de la mano al comprimir la palma de ésta formando el puño, se hace uso de un dinamómetro manual (fig. 59). Su parte fundamental es un muelle ovalado, con el que está unido el mecanismo del indicador. Al comprimir el muelle, el mecanismo hace girar la aguja, que en la escala indica el valor de la fuerza.

Con el fin de medir grandes fuerzas, por ejemplo, la fuerza de tracción de un tractor, son utilizados los dinamómetros de tracción (fig. 60). Con ellos, se pueden medir fuerzas hasta de varias decenas de miles de newtones.

- ¿ ?
1. ¿Qué aparato se emplea para medir fuerzas? ¿En qué se basa su estructura?
 2. ¿Cómo se hace el dinamómetro más sencillo?
 3. ¿Cómo se marcan en la escala de un dinamómetro las divisiones que corresponden a 0,1 N?
 4. ¿Para qué se emplean los dinamómetros de mano y de tracción?

32. La fuerza es una magnitud vectorial

La acción de la fuerza sobre el cuerpo depende de su valor numérico. Por ejemplo, cuanto mayor sea la fuerza con la que se estira un muelle, más se alargará éste. Pero la acción de una fuerza también depende de su dirección. En dependencia de la dirección de la fuerza, el muelle se estirará o comprimirá, la puerta se abrirá o cerrará.

Las magnitudes que, además del valor numérico (módulo), tienen dirección reciben el nombre de magnitudes vectoriales.

La fuerza es una magnitud vectorial.

Las magnitudes vectoriales se designan por las correspondientes letras con una flecha, por ejemplo, \vec{F} , mientras que su módulo con esa misma letra sin flecha - F .

También tiene gran importancia en qué punto del cuerpo está aplicada la fuerza que sobre él actúa. No en vano, la manecilla de la puerta se fija lo más lejos posible de las bisagras. Probad abrir la puerta empujándola en un punto cercano a las bisagras, esto es más difícil de hacer que abrir la puerta con la manecilla.

De los ejemplos aducidos podemos llegar a la conclusión: la acción de la fuerza sobre un cuerpo depende de su módulo, dirección y punto de aplicación.

La fuerza se representa en las figuras en forma de un segmento de recta con una flecha en uno de sus extremos (fig. 61), que indica la dirección de la fuerza. El origen A del segmento es el punto de aplicación de la fuerza. De forma convencional, la longitud del segmento designa el módulo de la fuerza en cierta escala. Por ejemplo, si acordamos representar 1 N por un segmento

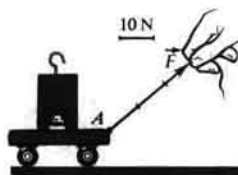


Fig. 61

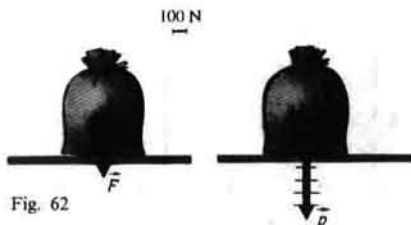


Fig. 62

de 0,5 cm de largura, una fuerza de 5 N se deberá diseñar como un segmento de 2,5 cm de longitud.

EJEMPLO. En el suelo se encuentra un saco de harina de 50 kg de masa. Calcular la fuerza de la gravedad y el peso del saco y representar estas fuerzas en el diseño.

Datos

$$m = 50 \text{ kg}$$

$$g = 9,8 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$$

$F = ?$

$P = ?$

Solución:

$$F = gm$$

$$P = gm$$

$$F = P = 9,8 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 50 \text{ kg} \approx 500 \text{ N.}$$

Elegimos la escala y representamos las fuerzas gráficamente (fig. 62), recordando que la fuerza de la gravedad actúa sobre el propio cuerpo, mientras que el peso, sobre el apoyo (§ 29).

¿ ?

1. Aducid ejemplos que muestren que la acción de una fuerza depende de su módulo, dirección y punto de aplicación?
2. ¿Por qué la fuerza es una magnitud vectorial?
3. ¿Cómo se representa una fuerza en el dibujo?
4. ¿En qué en el dibujo difieren la representación de la fuerza de la gravedad de la del peso?

Ejercicios
16

1. Representad en un diseño, en la escala elegida, las siguientes fuerzas: a) el peso de un cuerpo de 400 N; b) la fuerza de un golpe contra un balón, igual a 50 N, dirigida en sentido horizontal.
2. El tractor K-700 puede desarrollar durante el trabajo una fuerza de tracción hasta de 60 000 N. Representad gráficamente dicha fuerza en una escala de 1 cm = 10 kN.
3. En una plataforma inmóvil se encuentra un cajón con ladrillos de 3 t de masa. Calculad y representad, en la escala elegida por vosotros, la fuerza de la gravedad y el peso del cajón.

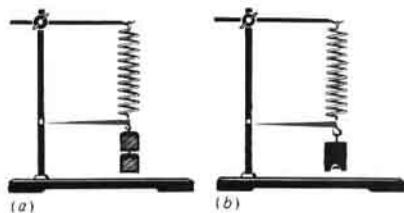


Fig. 63

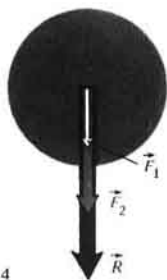


Fig. 64

33. Composición de dos fuerzas, dirigidas por una misma recta. Resultante de las fuerzas

En la mayoría de los casos, con los que tropezamos en la vida, sobre el cuerpo actúa no una, sino varias fuerzas. Por ejemplo, al serrar una tabla, sobre la sierra actúa la fuerza muscular del hombre, la fuerza de resistencia de la madera y la fuerza de la gravedad. Sobre un buque en movimiento actúa la fuerza de tracción de la hélice en rotación, la fuerza de resistencia del agua y el aire, la fuerza de la gravedad y la de empuje (ascensional) que origina el agua. Sobre un cuerpo suspendido de un muelle, actúan dos fuerzas: la de la gravedad y la elástica del muelle.

En cada caso de los enumerados, las mencionadas fuerzas, aplicadas en realidad sobre un cuerpo, pueden ser sustituidas por una fuerza que *por su efecto es equivalente a la acción de todas esas fuerzas*.

La fuerza que efectúa sobre un cuerpo el mismo efecto, que varias fuerzas que actúan simultáneamente, recibe el nombre de resultante de dichas fuerzas.

La determinación de la resultante de varias fuerzas se llama *composición de esas fuerzas o bien determinación de su suma*. Las fuerzas que se suman llevan el nombre de *fuerzas componentes*.

Hallemos la resultante de dos fuerzas que actúan sobre el cuerpo por una misma recta en igual dirección y en direcciones opuestas.

Hagamos uso de un experimento. Suspendamos de un muelle, una debajo de otra, dos cargas de 1 y 2 N (fig. 63, a). Se marca la longitud a la que se ha alargado el muelle. A continuación, se quitan las cargas indicadas y las sustituimos por una carga que estire el muelle a esa misma longitud (fig. 63, b). El peso de esta carga será igual a 3 N.

Basándonos en el experimento, deducimos: la resultante de fuerzas dirigidas a lo largo de una misma recta y en igual dirección, está dirigida en esa misma dirección y su módulo es igual a la suma de los módulos de las fuerzas componentes.

En la fig. 64 la resultante de las fuerzas que actúan sobre el cuerpo viene

designada con la letra R , mientras que las componentes, con las letras F_1 y F_2 . Aquí

$$R = F_1 + F_2.$$

Aclaremos ahora cómo hallar la resultante de dos fuerzas dirigidas por una misma recta, pero en direcciones opuestas. Con este fin, sobre el platillo del dinamómetro (fig. 65, a) ponemos una carga de 5 N de peso. Atemos al platillo un hilo y agarrando éste con otro dinamómetro, tiremos hacia arriba con una fuerza igual a 2 N (fig. 65, b).

El dinamómetro, sobre cuyo platillo se encuentra la carga, mostrará ahora 3 N. Ésta es la resultante de dos fuerzas: 5 y 2 N, su módulo es igual a la diferencia entre los módulos de las componentes ($3 \text{ N} = 5 \text{ N} - 2 \text{ N}$) y está dirigida en la dirección de la mayor fuerza.

Así, pues, la resultante de dos fuerzas dirigidas por una misma recta en direcciones opuestas, está dirigida en el sentido de la mayor fuerza en módulo y éste es igual a la diferencia entre los módulos de las fuerzas componentes.

$$R = F_2 - F_1 \quad (\text{fig. 66}).$$

Si sobre el cuerpo están aplicadas dos fuerzas iguales, de sentido opuesto, su resultante será igual a cero. Por ejemplo, si en nuestro experimento tiramos del hilo con una fuerza de 5 N, la aguja del dinamómetro se establecerá en posición nula. En este caso, la resultante de dos fuerzas, es igual a cero ($5 \text{ N} - 5 \text{ N} = 0$).

Un cuerpo sobre el que actúan dos fuerzas iguales en módulo y de sentido opuesto, estará en reposo o en movimiento rectilíneo y uniforme.

¿ ?

1. ¿Qué llamamos resultante de varias fuerzas?
2. ¿Qué llamamos composición de fuerzas?
3. Aduci un ejemplo de composición de dos fuerzas que actúan a lo largo de una misma recta y en igual dirección.
4. Describid un experimento en el que se determina la resultante de dos fuerzas orientadas por una misma recta y en la misma dirección. ¿A qué es igual dicha resultante?
5. ¿A qué es igual la resultante de dos fuerzas dirigidas a lo largo de una misma recta, pero en direcciones opuestas?
6. ¿Cómo se moverá un cuerpo bajo el efecto de dos fuerzas iguales, pero orientadas en sentidos opuestos?



(a)



(b)

Fig. 65



Fig. 66

1. Un hombre, cuya masa es de 70 kg, tiene en los hombros un cajón de 20 kg de masa. ¿Con qué fuerza presiona el hombre sobre la tierra?
2. En el juego de "tira de la maroma" toman parte cuatro personas. Dos de ellas tiran de la maroma en una misma dirección con fuerzas de 330 y 380 N, otras dos, en dirección opuesta con fuerzas de 300 y 400 N. ¿En qué dirección se moverá la maroma y a qué será igual la resultante de dichas fuerzas? Confeccionad un diseño.
3. Un hombre baja en paracaídas en movimiento uniforme. La fuerza de la gravedad del paracaidista, junto con el paracaídas, es de 700 N. ¿A qué será igual la fuerza de resistencia del aire?
4. Hay dos dinamómetros, cada uno de los cuales está calculado para una fuerza de 10 N. ¿Cómo se puede medir el peso de un cuerpo de 1.5 kg de masa? ¿A qué será igual?

34. Fuerza de rozamiento

Un trineo, que se deslizaba por la vertiente de una montaña, continúa deslizándose por inercia por un camino horizontal. No obstante, el trineo no se mueve uniformemente, su velocidad disminuye *de forma gradual* y, después de cierto tiempo, se para. Un niño, después de tomar carrera, se desliza por el hielo sobre los patines, pero por liso que el hielo sea, el niño, a pesar de todo, se parará. También se para una bicicleta cuando el ciclista cesa de girar los pedales. Ya sabemos que la causa de toda variación de la velocidad de movimiento, en los casos enumerados su *disminución*, es una fuerza. Es decir, en los ejemplos aducidos, sobre cada cuerpo actuaba una fuerza.

Se llama fuerza de rozamiento aquella que surge durante el movimiento de un cuerpo por la superficie de otro y que está dirigida en sentido opuesto a la velocidad (fig. 67).

La fuerza de rozamiento es un género más de fuerza que se distingue de las fuerzas de la gravedad y elástica, estudiadas más arriba.

Una de las causas de aparición de la fuerza de rozamiento consiste en las rugosidades de los cuerpos en contacto. Incluso las superficies de los cuerpos que parecen ser lisas tienen irregularidades, salientes y arañazos. En la fig. 68, *a* dichas irregularidades están representadas de forma amplificada. Cuando un cuerpo se desliza o rueda por la superficie de otro, dichas rugosidades se adhieren entre sí, lo que crea cierta fuerza que frena el movimiento.

Otra de las causas del rozamiento es la atracción mutua de las moléculas de los cuerpos en contacto.

Cuando las superficies de los cuerpos son rugosas, están maquinadas de modo basto, la aparición de la fuerza de rozamiento queda, principalmente, condicionada por la primera causa. Pero si las superficies de los cuerpos están bien pulidas, durante su contacto algunas de sus moléculas se sitúan tan cerca unas de otras, que de forma notoria comienza a manifestarse la atracción entre las moléculas de los cuerpos en contacto.

Introduciendo engrase entre las superficies en contacto, la fuerza de rozamiento puede reducirse múltiples veces. La capa de engrase (fig. 68, *b*) separa las superficies de los cuerpos en rozamiento, obstaculiza que se



Fig. 67

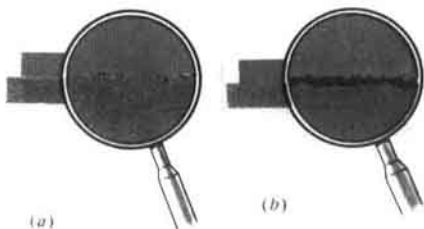


Fig. 68

pongan en contacto. En semejante caso, se deslizan entre sí no las superficies de los cuerpos, sino las capas de engrase, que en la mayoría de los casos es un líquido y el rozamiento entre las capas de líquido es menor que entre superficies sólidas. Por ejemplo, el pequeño rozamiento al deslizarse por hielo también se explica por el efecto del engrase: entre los patines y el hielo se forma una fina capa de agua. En técnica, como engrase se emplean extensamente diferentes aceites.

Durante el deslizamiento de un cuerpo por la superficie de otro surge una fuerza de rozamiento, llamada rozamiento de deslizamiento. Por ejemplo, semejante tipo de rozamiento surge durante el movimiento de un trineo o esquís por la nieve.

Si un cuerpo no se desliza, sino que rueda por otro, el rozamiento que con ello aparece recibe el nombre de rozamiento de rodadura. Por ejemplo, durante el movimiento de las ruedas de un vagón, un automóvil o al rodar grandes troncos o barriles por la tierra, se manifiesta el rozamiento de rodadura.

La fuerza de rozamiento puede ser medida. Por ejemplo, con el fin de medir la fuerza de rozamiento de deslizamiento de una barreta de madera por una tabla o por la mesa, hay que fijar en la barreta un dinamómetro (fig. 69, a) y poner ésta en movimiento uniforme por la tabla. ¿Qué mostrará el dinamómetro en este caso? Sobre la barreta actúan dos fuerzas: la elástica del muelle del dinamómetro, dirigida en el mismo sentido que el movimiento, y la fuerza de rozamiento, en dirección opuesta al movimiento. Como la barreta se mueve uniformemente, esto quiere decir que la resultante de esas dos fuerzas es igual a cero, es decir, dichas fuerzas son iguales en módulo, pero de sentido opuesto. El dinamómetro muestra la fuerza elástica (fuerza de tracción), cuyo módulo es igual a la fuerza de rozamiento.

De este modo, al medir la fuerza, con la que el dinamómetro actúa sobre el cuerpo durante su movimiento uniforme, hallamos la fuerza de rozamiento.

Si sobre la barreta ponemos una carga, por ejemplo una pesa, o bien presionamos sobre la barreta con la mano, y según el procedimiento descrito más arriba medimos la fuerza de rozamiento, ésta será mayor. *Mientras mayor sea la fuerza que aprieta el cuerpo contra la superficie, mayor será la fuerza de rozamiento que en tal caso surge.*

Poniendo una barreta de madera sobre dos palitos redondos, podemos

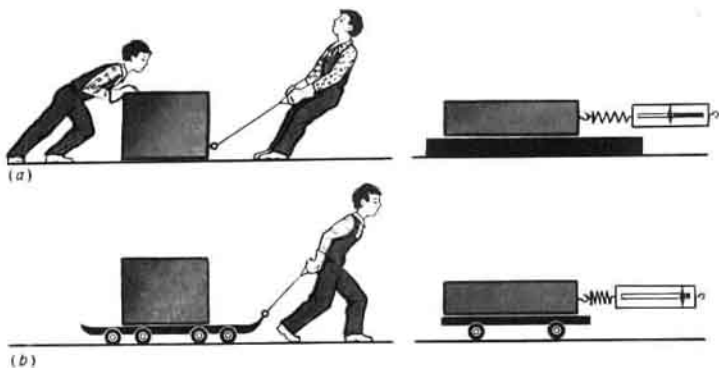


Fig. 69

medir la fuerza de rozamiento de rodadura (fig. 69, b). Ésta resulta menor que la fuerza de rozamiento de deslizamiento. Así, pues, con iguales cargas, la fuerza de rozamiento de rodadura es siempre menor que la de rozamiento de deslizamiento. Precisamente por esto, ya en la antigüedad, el hombre empleaba rodillos para transportar cargas y más adelante comenzaron a utilizar la rueda.

¿ ?

1. ¿Qué observaciones y experimentos conocidos por vosotros muestran que existe la fuerza de rozamiento?
2. ¿Qué fuerza recibe el nombre de rozamiento?
3. ¿En qué consisten las causas del rozamiento?
4. ¿Cómo influye el engrase sobre la fuerza de rozamiento? Explicad esto.
5. ¿Qué géneros de rozamiento conocéis?
6. ¿En qué caso se habla del rozamiento de deslizamiento?
7. ¿Qué rozamiento se llama de rodadura?
8. ¿Cómo se puede medir la fuerza de rozamiento?
9. ¿Cómo mostrar que la fuerza de rozamiento depende de la fuerza que presiona el cuerpo contra la superficie?
10. ¿Cómo mostrar en experimentos que, siendo iguales las cargas, la fuerza de rozamiento de deslizamiento es mayor que la de rozamiento de rodadura?

35. Rozamiento en reposo

Nos hemos familiarizado con la fuerza de rozamiento que surge durante el movimiento de un cuerpo por la superficie de otro. Pero, ¿acaso se puede hablar de la fuerza de rozamiento entre cuerpos sólidos que están en contacto, si ellos se encuentran en reposo?

Cuando un cuerpo está en reposo sobre un plano inclinado, aquél se mantiene en éste gracias a la fuerza de rozamiento. En efecto, si no hubiera rozamiento, por el efecto de la fuerza de la gravedad el cuerpo se deslizaría

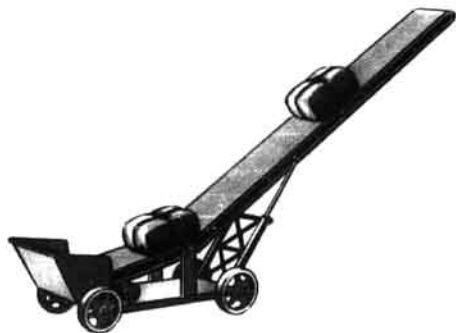


Fig. 70



Fig. 71

hacia abajo por el plano inclinado. Consideremos también este problema para el caso cuando el cuerpo está en reposo sobre un plano horizontal. Por ejemplo, sea que una mesa está en el suelo. Intentemos moverla. Si la empujamos débilmente, no se moverá. ¿Por qué? La fuerza que actúa en este caso se equilibra con la fuerza de rozamiento entre el suelo y las patas de la mesa. Como esta fuerza impide que los cuerpos se pongan en movimiento, ella ha recibido el nombre de fuerza de rozamiento en reposo.

Esta última está dirigida contra el movimiento que debería haber surgido. La fuerza de rozamiento en reposo aparece al intentar sacar el cuerpo del estado de reposo. La fuerza máxima de rozamiento en reposo será igual a la fuerza que saca al cuerpo del estado de reposo.

En la fig. 70 se muestra un modelo de transportador, mediante el cual se elevan balas de algodón. En la cinta del transportador éstas se mantienen gracias al rozamiento en reposo.

¿ ?

1. Aducid ejemplos que muestren que existe el rozamiento en reposo.
2. ¿Bajo qué condición surge la fuerza de rozamiento en reposo?
3. Aducid ejemplos de la utilización práctica de la fuerza de rozamiento en reposo.

36.

El rozamiento en la naturaleza y la técnica

El rozamiento tiene gran importancia en la naturaleza y la técnica. El rozamiento puede ser útil y nocivo. Cuando es útil se tiende a aumentar, cuando es nocivo, a disminuir. Examinemos varios ejemplos.

Sin el rozamiento en reposo ni las personas, ni los animales podrían andar por la tierra. En efecto, al andar nos repelemos de la tierra con los pies. Cuando es pequeño el rozamiento entre la suela del calzado y la tierra (o el hielo), por ejemplo, al andar por el hielo resulta muy difícil repelerse del

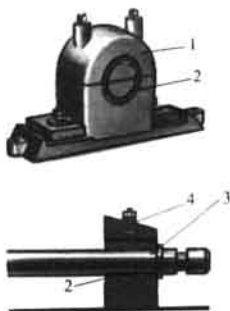


Fig. 72. Rodamientos: 1-cuerpo del rodamiento; 2-casquillo; 3-árbol; 4-orificio para el engrase.



Fig. 73

suelo y, con ello, los pies resbalan. Para que los peatones no resbalen, en las aceras se echa arena. Esto aumenta el rozamiento entre la suela del calzado y el hielo.

Si no hubiera rozamiento, los objetos se caerían de las manos.

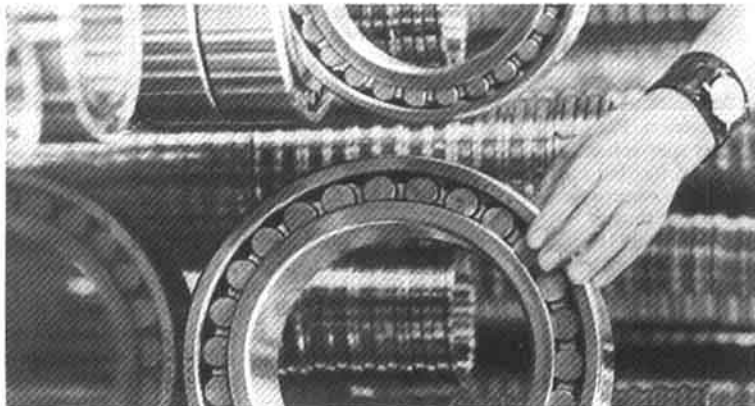
La fuerza de rozamiento detiene el automóvil durante el frenado. Sin el rozamiento en reposo el vehículo no podría incluso comenzar el movimiento. Las ruedas girarían, se deslizarían, mas el automóvil seguiría estando parado. Para aumentar el rozamiento, las superficies de los neumáticos del vehículo se fabrican con salientes en forma de nervios (fig. 71). En invierno, cuando las carreteras están particularmente resbaladizas, en las ruedas de los autos se acoplan cadenas especiales.

Muchos animales y vegetales tienen diversos órganos que sirven para agarrarse (los zarcillos de las plantas, la trompa del elefante, los fuertes rabos de los animales trepadores). Todos ellos tienen forma cómoda para enrollarse y superficie rugosa para que aumente el rozamiento.

Pensad y fantasead un poco: ¿qué ocurriría con todos nosotros si en la naturaleza desapareciera de golpe el rozamiento?

Pero también hemos dicho que en muchas ocasiones el rozamiento es nocivo y hay que luchar con él. Por ejemplo, a causa del rozamiento en todas las máquinas se calientan y desgastan las partes en movimiento. Para disminuir el rozamiento, las superficies que se conjugan se hacen lisas, entre ellas se introduce engrase. Con el fin de disminuir el rozamiento en los árboles en rotación de las máquinas y máquinas-herramientas, éstos se asientan sobre cojinetes. La parte del cojinete que hace directamente contacto con el árbol, recibe el nombre de casquillo. Éste se hace de materiales duros—bronce, hierro fundido, acero—su superficie interior se cubre de materiales especiales, con la mayor frecuencia de babbit¹⁾ y se engrasa. La fig. 72 nos ofrece un cojinete en el que el árbol 3 se desliza

¹⁾ BABBIT—aleación de plomo o estaño con otros metales.



Rodamientos de rodillos

durante rotación por la superficie del casquillo 2. Los cojinetes de este tipo se denominan de deslizamiento.

Pero sabemos que la fuerza de rozamiento de rodadura es de modo notorio menor que la del rozamiento de deslizamiento, cuando la carga es la misma. En este fenómeno se basa el empleo de rodamientos de bolas y de rodillos. En semejantes rodamientos, el árbol en rotación no se desliza por el casquillo inmóvil del cojinete, sino rueda por él sobre bolas o rodillos de acero.

La estructura de los rodamientos más sencillos de bolas y rodillos se muestra en la fig. 73. El aro interior del rodamiento, fabricado de acero duro, está asentado en el árbol. En lo que atañe al aro exterior, está fijado en el cuerpo de la máquina. Durante la rotación del árbol, el aro interior rueda sobre las bolas o los rodillos, ubicados entre los aros.

La sustitución en las máquinas de los cojinetes de deslizamiento por rodamientos de bolas o rodillos permite reducir la fuerza de rozamiento 20-30 veces.

Los rodamientos de bolas o rodillos son utilizados en las más diversas máquinas: automóviles, tornos, electromotores, bicicletas, etc. Sin estos rodamientos es imposible imaginarse la industria y el transporte modernos.

¿ ?

1. ¿Qué importancia tiene el rozamiento en la vida del hombre y de los animales?
2. ¿Cuál es la importancia del rozamiento en el transporte?
3. ¿Qué procedimientos conocéis para disminuir el rozamiento?
4. ¿Con qué fin se utilizan los cojinetes en las máquinas?
5. ¿Cuál es la estructura de un cojinete de deslizamiento y de un rodamiento de bolas?

37. Fuerzas de interacción de las moléculas. Fenómeno de humectación

Entre las moléculas actúan las fuerzas de atracción y repulsión. Cuando rompemos un hilo o un palo, despedazamos el hielo, pulverizamos el agua, nosotros vencemos las fuerzas de atracción. Por ejemplo, para romper un hilo de seda de 1 mm^2 de sección, hay que aplicar una fuerza de unos 250 N (colgar una pesa de 25 kg de masa, fig. 74). Esta fuerza es necesaria para vencer las fuerzas de atracción de una enorme cantidad de moléculas que se encuentran en el lugar donde el hilo se rompe.

Durante la compresión de los cuerpos, vencemos las fuerzas de repulsión de las moléculas. Estas fuerzas son considerables a distancias aún menores que aquellas a las que actúan las fuerzas de atracción.

Imaginémonos dos moléculas que se encuentran entre sí a una distancia que es varias veces mayor que las dimensiones de las propias moléculas (fig. 75, arriba). A semejante distancia la fuerza de atracción de las moléculas es muy pequeña, mientras que la de repulsión, aún menor que la de atracción. Durante la aproximación de moléculas crecen las dos fuerzas, pero la de repulsión crece con mayor rapidez. Si continuamos acercándolas, la fuerza de repulsión se iguala en módulo con la de atracción (fig. 75, en medio). Al continuar acercando las moléculas, las dos fuerzas crecerán aún más. Pero la de repulsión crece con mayor rapidez, ahora su módulo se hará mayor que el de la fuerza de atracción y las moléculas se repelerán (fig. 75, abajo).

Por ejemplo, al estirar un cable de acero, sus moléculas se separan, la fuerza de atracción será mayor que la fuerza de repulsión y si dejamos de estirar el cable, éste de nuevo se encoge. Cuando comprimimos el cable, las moléculas se aproximan, la fuerza de repulsión se hace mayor que la de atracción y si dejamos de comprimir el cable, éste se estirará. Esto quiere decir, que la causa del surgimiento de la fuerza elástica en el cable es la interacción de sus moléculas.

También podemos explicar por la atracción de las moléculas, el fenómeno con que frecuentemente tropezamos en la práctica, llamado humectación de un sólido con un líquido. Consideremos este fenómeno en un experimento.

De un muelle fino se suspende en posición horizontal una placa de vidrio. Debajo de ésta colocamos un recipiente con agua de forma que la placa yazga sobre la superficie del agua en el recipiente (fig. 76, a). Después, la placa se eleva con lentitud. Al principio, la placa no se separa del agua y el muelle se estira en mayor grado (fig. 76, b). Por la magnitud del alargamiento del muelle podemos juzgar acerca de las fuerzas de atracción entre las moléculas, que sujetan la placa sobre la superficie del agua. Por fin, la placa de vidrio se separa del agua (fig. 76, c), con la particularidad que resulta mojada con el agua. Esto significa, que la rotura transcurre no en los lugares de contacto entre las moléculas de agua y las de vidrio, sino que allí donde las moléculas de agua hacen contacto entre sí. El agua humecta el vidrio, así como la madera, el cuero y otras muchas sustancias.

Si echamos al agua una placa de cera o de parafina y después la sacamos



Fig. 74

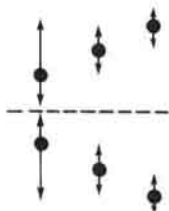
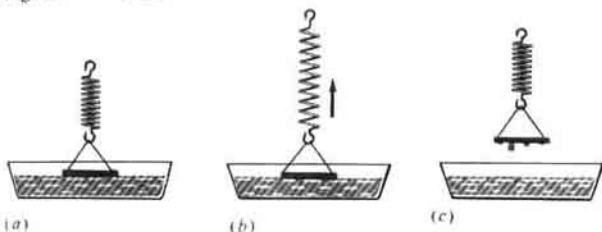


Fig. 75



(a)

(b)

(c)

Fig. 76

del agua, veremos que la placa queda seca. Esto quiere decir que el agua no moja la cara y la parafina, así como tampoco todas las superficies grasosas. El mercurio no moja el hierro fundido (por regla, el primer metal se almacena en recipientes del segundo), pero moja el oro, el zinc y algunas otras sustancias.

En aquellos casos en que un líquido humecta un sólido, las moléculas del primero se atraen entre sí más débilmente que hacia las moléculas del sólido. Un líquido no moja un sólido a causa de que las moléculas del primero se atraen entre sí con más fuerza que hacia las moléculas del segundo.

El fenómeno de humectación y no humectación es tenido en cuenta y se emplea en la práctica. Nos secamos con toallas hechas de un tejido que se moja con el agua, escribimos en un papel que se moja con la tinta y empleamos plumas metálicas que también se mojan con la tinta.

Es curioso, que las aves acuáticas con ayuda del pico engrasan las plumas con una grasa secretada por una glándula especial. Debajo de las plumas hay una capa de plumón que contiene aire; como las plumas no se mojan con el agua, se forma una burbuja de aire. La densidad media del cuerpo del ave es pequeña, lo que la ayuda a sostenerse en el agua.

¿ ?

1. Aducid ejemplos de cuándo se vence la atracción de las moléculas.
2. ¿Por qué las moléculas de los cuerpos no se aproximan hasta contactar?
3. Cómo varían la fuerza de atracción y la de repulsión de las moléculas durante su aproximación gradual?

4. ¿Por qué después de cesar la acción de la fuerza un cable alargado se comprime?
5. Describid un experimento durante el cual se observa la humectación de un cristal con agua.
6. Aducid ejemplos de humectación y no humectación de sólidos con líquidos.
7. ¿Cómo explicar la humectación y no humectación a base de la interacción de las moléculas?
8. ¿Cómo en la práctica se toma en consideración la humectación?

38. Presión. Unidades de presión

Por la nieve mullida el hombre anda con dificultad, hundiéndose a cada paso (fig. 77, a). Pero al ponerse los esquís, puede desplazarse con facilidad por la nieve, casi sin hundirse en ella (fig. 77, b). ¿Por qué? Con o sin esquís, el hombre actúa sobre la nieve con una misma fuerza, igual a su peso. Pero la acción de esa fuerza es en ambos casos diferente, a causa de que es distinta el área de la superficie sobre la que presiona el hombre. En los esquís, el área es veinte veces mayor que la de la suela. Por esta razón, cuando el hombre está sobre los esquís, presiona sobre cada centímetro cuadrado del área de la superficie de la nieve con una fuerza veinte veces menor que al presionar la nieve sin esquís. Cuando un escolar fija con chinchas el periódico en el tablero, actúa sobre cada chinche con la misma fuerza. No obstante, el chinche que tiene el extremo más agudo penetra con mayor facilidad en la madera.

Así, pues, el resultado de la acción de una fuerza no sólo depende de su módulo, sino también del área de la superficie sobre la que ella actúa perpendicularmente.

Esta conclusión es confirmada por los experimentos.

En una pequeña tabla se clavan clavos. La tabla con las puntas de los clavos hacia arriba se pone sobre una capa de arena y sobre ella se coloca una pesa (fig. 78, a). Las cabezas de los clavos sólo penetran ligeramente en la arena. Seguidamente, damos la vuelta a la tabla y la colocamos con las

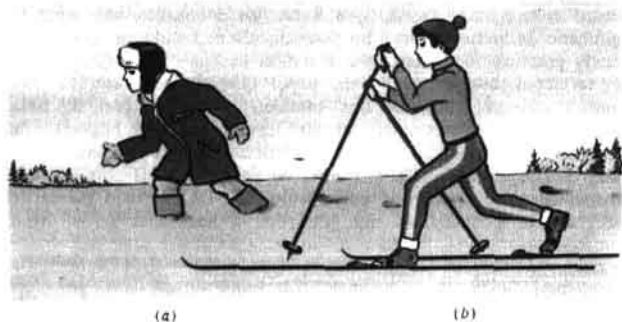


Fig. 77

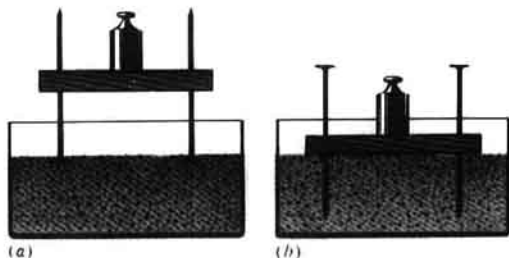


Fig. 78

puntas de los clavos hacia abajo (fig. 78, b). En tal caso, la superficie de apoyo disminuye y, bajo la acción de la misma fuerza, los clavos se profundizan considerablemente en la arena.

El resultado de la acción de una fuerza depende de la fuerza que actúa sobre cada unidad de área de la superficie.

En los ejemplos examinados, las fuerzas actuaban en dirección perpendicular a la superficie del cuerpo. El peso del hombre era perpendicular a la superficie de la nieve; la fuerza que actuaba sobre la chinche, era perpendicular a su superficie.

Recibe el nombre de presión una magnitud igual a la razón entre la fuerza que actúa en sentido perpendicular a la superficie y el área de dicha superficie.

Por lo tanto, para determinar la presión, la fuerza que actúa perpendicularmente sobre una superficie debe ser dividida por el área de dicha superficie:

$$\text{presión} = \frac{\text{fuerza}}{\text{área}} \quad \text{o bien} \quad p = \frac{F}{S},$$

donde p es la presión; F , la fuerza que actúa sobre la superficie; S , el área de ésta.

Por unidad de presión se toma la presión ejercida por una fuerza de 1 N por 1 m². Abreviada, esta unidad se escribe así: 1 N/m². En honor del sabio francés Blaise Pascal, la unidad de presión 1 N/m² se llama pascal (se designa Pa). De forma que

$$1 \text{ Pa} = 1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}.$$

En la práctica también se utilizan las unidades de presión hectopascal (hPa), kilopascal (kPa).

$$1 \text{ hPa} = 100 \text{ Pa}; \quad 1 \text{ kPa} = 1000 \text{ Pa}.$$

EJEMPLO. Calcular la presión que un niño ejerce sobre el suelo, si su masa es de 45 kg y el área de sus suelas es igual a 300 cm².

Datos:

$$m = 45 \text{ kg}$$

$$S = 300 \text{ cm}^2 = 0,03 \text{ m}^2$$

$p = ?$

Solución:

$$p = \frac{F}{S},$$

$$F = P, P = mg.$$

$$P = 9,8 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 45 \text{ kg} \approx 450 \text{ N},$$

$$p = \frac{450 \text{ N}}{0,03 \text{ m}^2} = 15\,000 \text{ Pa} = 15 \text{ kPa}.$$

$¿ ?$

1. Aducid ejemplos que muestren que la acción de la fuerza depende del área de apoyo, sobre la cual esta fuerza actúa.
2. ¿Por qué un hombre que va en esquís no se hunde en la nieve?
3. ¿Por qué una chinche de punta aguda penetra en la madera con mayor facilidad que otra que tenga la punta embotada?
4. ¿En qué experimento se puede mostrar que la acción de una fuerza depende del área del apoyo?
5. ¿A qué llamamos presión?
6. ¿Cómo se determina la presión?
7. ¿Qué unidades de presión conocéis?

Ejercicios
18

1. Un tractor de orugas DT-75M (DT-75M) de 6610 kg de masa tiene un área de apoyo de las dos orugas igual a 1,4 m². Determinad la presión de este tractor sobre el terreno.
2. Un hombre aprieta desde arriba sobre la pala con una fuerza de 600 N. ¿Qué presión ejerce la pala sobre el suelo si la anchura de la pala es de 20 cm y el grosor del borde de corte, 0,5 mm?
3. Un niño de 45 kg de masa está sobre esquís. La longitud de cada esquí es de 1,5 m, su anchura, 10 cm. ¿Qué presión ejerce el niño sobre la nieve?

39. La presión en la naturaleza y en la técnica

Un tractor pesado de orugas, cuyo peso constituye centenares de miles de newtones, ejerce sobre el suelo una presión que sólo es 2-3 veces mayor que la de un niño de 450 N de peso. Dicha presión, es igual a unos 40-50 kPa. Esto se explica porque el peso del tractor se distribuye por una gran área.

Cuanto mayor sea el área del apoyo, menor será la presión ejercida por una misma fuerza sobre dicho apoyo.

En dependencia de lo que deseemos, obtener una presión pequeña o grande, el área del apoyo se aumenta o disminuye. Por ejemplo, para que el suelo pueda aguantar la presión del edificio que en él se construye, hay que aumentar el área de la parte inferior del cimiento (fig. 79).

Las cubiertas de los camiones y el tren de aterrizaje de los aviones, se hacen mucho más anchos que las cubiertas de los coches de turismo (véanse las fotos en la pág. 78). Se hacen en particular anchas las cubiertas de los automóviles destinados para desplazarse por la arena de los desiertos.

Las máquinas pesadas, tales como el tractor, carro de combate o bien los tractores para terrenos blandos (de pantano) (véase la foto en la pág. 77), teniendo gran área de apoyo de las orugas, pasan por el terreno

empantanado, por el que no puede pasar incluso un jinete a caballo.

Pero, por otro lado, *con pequeña área de la superficie, es posible crear una gran presión ejerciendo una pequeña fuerza.* Por ejemplo, al clavar una chinche en la madera, ejercemos sobre ella una fuerza de unos 50 N. Como el área de la punta de la chinche es $0,1 \text{ mm}^2$, la presión que se ocasiona en la madera, es igual a:

$$p = \frac{50 \text{ N}}{0,0000001 \text{ m}^2} = 500\,000\,000 \text{ Pa} = 500\,000 \text{ kPa}.$$

Esta presión es 10 000 veces mayor que la presión que produce un tractor de oruga sobre el suelo. He aquí el por qué las herramientas de cortar y partir: cuchillos, tijeras, cuchillas, sierras, agujas, etc., se agudizan minuciosamente.

En la naturaleza viva también se tropieza con dispositivos de cortar y partir, a saber, los dientes y las uñas, los picos y pinchos—todos ellos son de material duro, lisos y muy agudos.



Cimiento

Fig. 79

¿ ?

1. Aducid ejemplos en qué casos se emplean extensas áreas de apoyo para disminuir la presión.
2. ¿Para qué se hacen ruedas con anchas llantas en las máquinas agrícolas?
3. ¿Por qué las herramientas de cortar y partir ejercen presiones muy grandes sobre los cuerpos que trabajan?



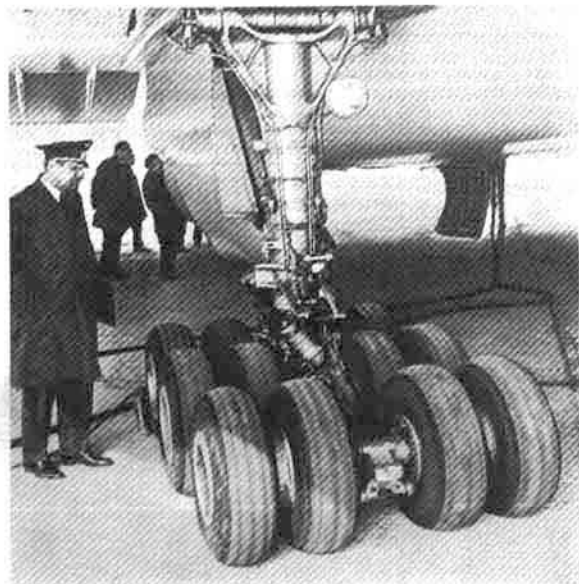
Tractor de alta accesibilidad "Ural-20"

Ejercicios
19

1. Examinad la estructura de los alicates y las tenazas (fig. 80). ¿Con ayuda de cuál de estas herramientas, ejerciendo igual fuerza, se puede crear mayor presión sobre el cuerpo apretado con ellas?
2. ¿Por qué durante el gradeo de tierras duras sobre la grada se ubican objetos pesados?
3. ¿Cuándo el hombre ejerce mayor presión sobre el suelo: al estar de pie o al correr?

Tareas

1. Conociendo la masa y el área del calzado de un alumno calculad qué presión ocasiona al andar y al estar inmóvil de pie. El área del zapato se determina del modo siguiente. Poned el pie sobre una hoja de papel cuadriculado y con un lápiz marcar el contorno de la suela sobre la que se apoya aquél (fig. 81). Contad el número de cuadrados completos en el interior del contorno y añadid la mitad de cuadrados incompletos, por los que pasó la línea del contorno. El número obtenido se multiplica por el área de un cuadrado (si la hoja ha sido arrancada de un cuaderno escolar, su área es igual a $1/4 \text{ cm}^2$), hallando así el área de la suela del zapato.
2. Medid la longitud, anchura y altura de un ladrillo. Determinad su volumen. En la tabla 2 hallamos el valor de la densidad del ladrillo, después de lo cual, calculamos su masa. Calculad el área de las caras del ladrillo. Determinad qué presión ejerce éste cuando yace sobre la



Tren de aterrizaje del avión "Tu-144"



Fig. 80

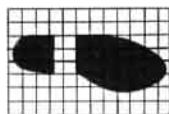


Fig. 81



Fig. 82

(a)

(b)

cara ancha. ¿Cuál será la presión si ponemos el ladrillo sobre la cara media y sobre la cara más pequeña? Representad diferentes posiciones del ladrillo en el diseño.

40. Presión del gas

Ahora ya sabemos que, a diferencia de los sólidos y los líquidos, los gases llenan todo el volumen del recipiente donde se encuentran, por ejemplo, la bombona de acero para almacenar gases, la cámara de una cubierta de automóvil o de un balón de jugar al balonvolea. Con ello, el gas ejerce presión contra las paredes de la bombona, de la cámara o de cualquier otro cuerpo con el que hace contacto.

Examinemos el siguiente experimento. Bajo la campana de una bomba de aire se coloca un globo de caucho, con la boca atada. Él contiene una pequeña cantidad de aire (fig. 82, a) y tiene forma irregular. A continuación, con la bomba se crea enrarecimiento en el interior de la campana. Alrededor de la cubierta del globo se va enrareciendo el aire y dicha cubierta empieza a hincharse gradualmente, tomando la forma de un globo (fig. 82, b).

¿Cómo explicar este experimento? Sabemos que las moléculas del gas se mueven de modo caótico a grandes velocidades. Durante su movimiento ellas chocan entre sí, así como contra las paredes del recipiente que contiene el gas (fig. 83). En el gas hay muchas moléculas, por lo que el número de choques es muy grande. Se ha calculado que, en un gas no comprimido, el número de choques de las moléculas, que corresponde a 1 cm^2 de la pared del recipiente por 1 s , se expresa con un número de veinticuatro cifras.

Aunque el golpe de una molécula aislada es débil, la acción de tal cantidad de golpes de todas las moléculas contra las paredes del recipiente es considerable. Este efecto constituye la presión del gas.

Así, pues, *la presión del gas contra las paredes del recipiente (y sobre un cuerpo ubicado en el seno del gas) se provoca por los golpes de las moléculas de éste.*

En nuestro experimento, las moléculas del gas en movimiento bombardeaban continuamente las paredes del globo por el exterior e interior. Al extraer el aire, disminuye el número de moléculas en la campana alrededor de la cubierta del globo. Pero en el interior del globo atado, su cantidad no disminuye. Por esta causa, el número de choques de las moléculas contra las paredes interiores de la cubierta, se hace mayor que el número de colisiones con las paredes exteriores y el globo se hincha hasta

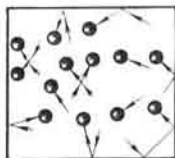


Fig. 83



Fig. 85

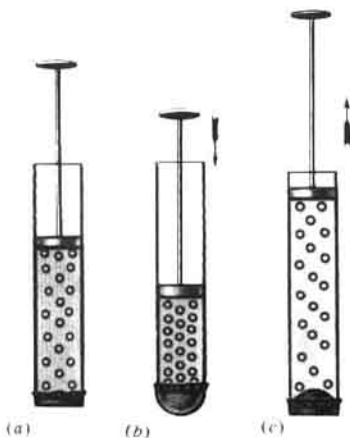


Fig. 84

que la fuerza elástica de su cubierta de caucho se iguale a la presión del gas. La forma esférica que toma la cubierta hinchada del globo, muestra que *el gas presiona de igual modo contra las paredes en todas las direcciones*, en otras palabras, el número de golpes de las moléculas que corresponde a cada centímetro cuadrado de área de la superficie, es igual en todas las direcciones. La idéntica presión en todas las direcciones, es característica para el gas y es un corolario del movimiento caótico de una enorme cantidad de moléculas.

Está claro, que la presión del gas contra las paredes del recipiente será tanto mayor, cuanto mayor sea la frecuencia con la que las moléculas chocan contra la pared.

Si disminuimos el volumen del gas, pero de modo que su masa quede constante, en cada centímetro cúbico de gas habrá más moléculas, la densidad de éste, aumentará. En semejante caso, el número de choques de las moléculas contra las paredes del recipiente crecerá, es decir, subirá la presión del gas. Esto se puede confirmar con un experimento.

En la fig. 84, *a* está representado un tubo de vidrio, uno de cuyos extremos fue cerrado con una fina película de caucho. En el tubo se ha acoplado un émbolo. Cuando éste se desplaza hacia el interior del tubo, el volumen del aire en él disminuye, es decir, el gas se comprime (fig. 84, *b*). Con esto, la película de caucho se combe hacia el exterior, indicando que la presión del aire en el tubo ha aumentado.

Y a la inversa, al aumentar el volumen de dicha masa de gas, el número de moléculas por centímetro cúbico disminuye, se reduce el número de golpes contra las paredes del recipiente, la presión del gas baja. En efecto, al sacar el émbolo del tubo, el volumen del aire en él crece, la película se

comba hacia el interior del recipiente (fig. 84, c), lo que indica que ha disminuido la presión del aire en el tubo. Fenómenos semejantes serían observados si en el tubo hubiera otro gas en lugar de aire.

Así, pues, *al disminuir el volumen de la masa dada de gas, su presión crece, al aumentar el volumen, disminuye.*

¿Cómo variará la presión de un gas, al calentarlo a volumen constante? Sabemos, que la velocidad de movimiento de las moléculas del gas aumenta al calentarlo. Cuando las moléculas del gas se mueven con mayor rapidez, chocarán con las paredes del recipiente con mayor frecuencia. Además, cada uno de los golpes de la molécula contra la pared será más fuerte. Por estos motivos, las paredes del recipiente experimentarán mayor presión.

Por lo tanto, *la presión de una misma masa de gas, en el volumen dado, será tanto mayor, cuanto más alta sea la temperatura del gas.*

Para conservar y transportar los gases, éstos se comprimen fuertemente, por lo que su presión aumenta. Los gases han de ser contenidos en balones especiales de acero muy resistentes (fig. 85). Por ejemplo, en semejantes balones se guarda el aire comprimido en los submarinos, el oxígeno que se utiliza al soldar metales y otros muchos gases.

¿ ?

1. ¿Cómo podemos mostrar en un experimento que el gas ejerce presión contra las paredes del recipiente que lo contiene?
2. ¿Cómo se explica la presión de un gas sobre la base de la teoría del movimiento de las moléculas?
3. ¿De qué podemos concluir que el gas ejerce igual presión en todas las direcciones?
4. ¿Por qué la presión del gas aumenta durante la compresión y disminuye durante la expansión?
5. ¿En qué estado el gas ejerce mayor presión: estando frío o calentado? Explicad por qué.
6. ¿Por qué los gases comprimidos se guardan en balones especiales?
7. ¿Cómo varía la presión de un gas, si el balón que lo contiene se une con otro recipiente igual, pero vacío?

Presión de los líquidos y gases (hidro y aerostática¹⁾)

41. Transmisión de la presión por los líquidos y gases. Ley de Pascal

A diferencia de los sólidos, capas aisladas y pequeñas partículas de los líquidos y gases (fluidos) pueden desplazarse libremente unas respecto de las otras por todas las direcciones. Es suficiente soplar contra la superficie del agua en un vaso, para provocar el movimiento de dicha agua; en un río o lago, con el menor viento aparecen cabrillos.

La movilidad libre de las partículas de gas y de líquido es la causa de

¹⁾ De las palabras griegas: HIDRO—agua, AERO—aire, STATOS—parado, en reposo.



Fig. 86

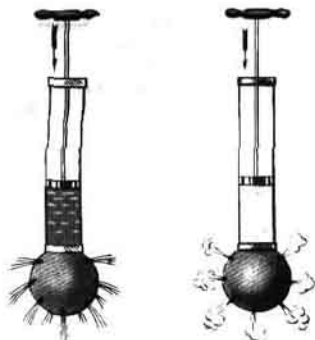


Fig. 87

Fig. 88

que la presión, que sobre ellos se ejerce, sea transmitida no sólo en el sentido en que actúa la fuerza, como sucede en los sólidos, sino que en todas las direcciones. Estudiemos este fenómeno con más detalle.

En la fig. 86 está representado un recipiente que contiene gas (o líquido), cerrado con un émbolo que puede desplazarse. Con puntos se muestran las partículas de gas (líquido), que están distribuidas *uniformemente* por todo el volumen del recipiente (fig. 86, a).

Si aplicamos cierta fuerza, obligaremos a que el émbolo penetre un poco en el recipiente y comprima el gas que se encuentra inmediatamente bajo él. Entonces, veremos que las partículas se dispondrán con mayor densidad que antes en este lugar (fig. 86, b). A causa de su movilidad, las partículas del gas se desplazarán en todas las direcciones, por lo que su disposición de nuevo será uniforme, pero más densa que antes (fig. 86, c), debido a lo cual la presión del gas aumentará por todas partes. De aquí sigue que la presión adicional se transmite a todas las partículas del gas o del líquido.

Por ejemplo, si la presión del gas junto al propio émbolo aumenta 1 Pa, en todo punto en el interior del gas, la presión será mayor que la anterior en esa misma magnitud. En 1 Pa también crecerá la presión sobre las paredes del recipiente.

Un gas o líquido transmite sin alteración la presión ejercida sobre él en todas las direcciones.

Esta afirmación recibe el nombre de ley de Pascal.

Dicha ley permite explicar con facilidad los siguientes experimentos.

En la fig. 87 se muestra una bola hueca que en diversos lugares tiene estrechos orificios. A la bola está unido un tubo en el que hay un émbolo. Si llenamos la bola de agua y empujamos el émbolo al interior del tubo, el agua saldrá por todos los orificios de la bola. En este experimento el émbolo presiona sobre la superficie del agua en el tubo. Las partículas de agua, situadas bajo el émbolo, se comprimen y transmiten su presión a otras capas que yacen a mayor profundidad. Así pues, la presión del émbolo se transmite en todas las direcciones y parte del agua se expulsa de la bola en forma de



Blaise Pascal (1623-1662)—científico francés. Descubrió e investigó una serie de importantes propiedades de los líquidos y los gases, por medio de interesantes y convincentes experimentos certificó la existencia de la presión atmosférica, descubierta por el científico italiano Torricelli.

chorritos que fluyen por todos los orificios.

Si llenamos la bola de humo, al introducir el émbolo en el tubo, de todos los orificios de ella saldrán chorritos de aquél (fig. 88). Esto confirma que también *los gases transmiten la presión sobre ellos ejercida igualmente en todas direcciones.*

¿ ?

1. ¿Cómo se transmite la presión en los líquidos y los gases?
2. ¿Cómo explicar que los líquidos y los gases transmiten la presión igualmente en todas las direcciones?
3. ¿Cómo se expresa la ley de Pascal?
4. ¿Cómo se puede mostrar en un experimento la particularidad de transmisión de la presión por los líquidos y gases?

Ejercicios
20

1. De acuerdo con el esquema de la fig. 89, explicad la transmisión de la presión por un sólido, un cuerpo árido y un líquido. Representad con flechas cómo se transmite la presión.

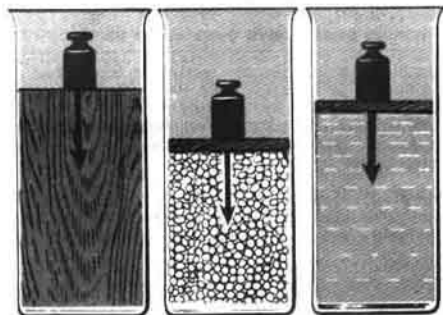


Fig. 89



Fig. 90. Fabricación de una botella:
1-tubo; 2-vidrio; 3-molde.

- Una manga de lona para conducir agua tiene la forma de una cinta plana cuando no está llena de agua. ¿Qué forma tomará la manga después de llenarse de agua? ¿Por qué?
- Durante la fabricación de botellas, por un tubo se sopla aire y el vidrio fundido toma la forma de la botella (fig. 90). ¿Qué fenómeno físico se utiliza aquí?

Tareas

- Preparad un líquido jabonoso y con ayuda de un tubo de cristal hacer pompas de jabón. ¿Qué forma toman ellas y por qué?
- Investigad la transmisión de la presión en cuerpos áridos. Con este fin, echar arena (o guisantes) en un paquete de papel y por arriba apretar fuertemente con la mano. ¿Hay aquí parecido con la transmisión de la presión en los líquidos y gases?

42. Superficie libre de un líquido

Recibe el nombre de superficie libre de un líquido aquella que no hace contacto con las paredes del recipiente.

Sobre un líquido vertido en un recipiente actúa la fuerza de la gravedad. Bajo su efecto, el líquido se desplaza de los lugares más altos a los más bajos hasta que todas las moléculas que forman su superficie libre se dispongan a igual altura o a igual nivel. Llamamos nivel a cualquier superficie horizontal. El instrumento que permite establecer la superficie en posición horizontal, también recibe el nombre de NIVEL (fig. 91).

A diferencia de los líquidos, los gases no tienen superficie libre. Esto es comprensible. En los gases, las moléculas están dispuestas entre sí a mayor distancia que en los líquidos (§ 13). Por esta razón, su atracción mutua es muy pequeña y las moléculas del gas se dispersan en todas las direcciones, ocupando todo el volumen en que se encuentran.

¿ ?

- ¿Qué superficie de los líquidos recibe el nombre de libre?
- ¿Cómo explicar que, en recipientes suficientemente anchos, la superficie libre del líquido es horizontal?
- ¿Cómo se denomina el instrumento que se aplica para comprobar que una superficie es horizontal?
- ¿Cómo explicar que los gases carecen de superficie libre?

Tareas

- Con ayuda de un plomo y un triángulo rectángulo comprobad la disposición horizontal de la superficie libre de un líquido en un recipiente. Confeccionad el plano del experimento.
- En la fig. 92 está representado un nivel de escuadra, hecho de cartón. Haced semejante instrumento y comprobad la disposición horizontal del antepecho de la ventana, la superficie de la mesa, del suelo.
- Con ayuda de un nivel y de cuñas de madera, instalad de forma horizontal un trozo de contrachapado o una pequeña tabla. Colocad en la tabla una bola de acero. Si la superficie es horizontal la bola no rodará.

Fig. 91

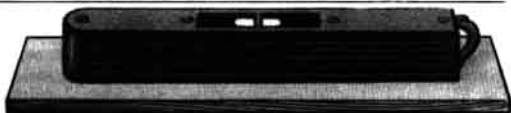
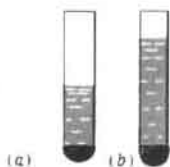




Fig. 92



(a)

(b)

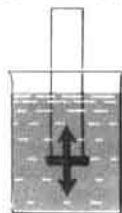


Fig. 93 (c)



(a)

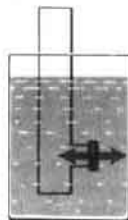
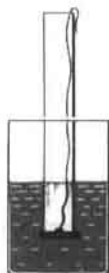
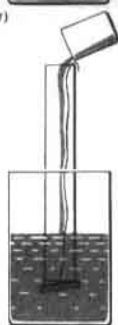


Fig. 94 (b)



(a)



(b)

Fig. 95

43.

Presión en los líquidos y gases

Como sobre todos los cuerpos en la Tierra, sobre los líquidos también actúa la fuerza de la gravedad. Por esto, un líquido vertido en un recipiente crea con su peso una presión que, de acuerdo con la ley de Pascal, se transmite en todas las direcciones. Por lo tanto, en el seno del líquido hay presión. De esto podemos cerciorarnos en un experimento.

Echemos agua en un tubo de vidrio, cuyo orificio inferior está cerrado con una fina película de caucho. A causa de la acción del peso del líquido, el fondo de caucho del tubo se comba (fig. 93, a).

El experimento nos muestra que cuanto más alta es la columna de agua sobre la película de caucho, más se combará ésta (fig. 93, b). Pero cada vez, después de que el fondo de caucho se combó, el agua en el tubo queda en equilibrio (se para), ya que, además de la fuerza de la gravedad, sobre el agua actúa la fuerza elástica de la película de caucho.

Sumerjamos el tubo con fondo de caucho, en el que se ha vertido agua, en otro recipiente más ancho lleno de agua (fig. 93, c). Veremos que a medida que bajamos el tubo, la película de caucho se endereza gradualmente. El enderezamiento total de la película muestra que las fuerzas que actúan sobre ella por arriba y por abajo son iguales. El enderezamiento completo se

produce cuando los niveles del agua en el tubo y el recipiente se igualan.

Un experimento semejante se puede realizar con un tubo en el que la película de caucho cierra su orificio lateral (fig. 94, *a*). Si introducimos este tubo con agua en otro recipiente, donde también hay agua, como viene mostrado en la fig. 94, *b*, advertiremos de nuevo, que en cuanto el nivel de agua en el tubo y en el recipiente se iguala, la película se endereza. Esto significa que las fuerzas que actúan sobre la película por ambos lados son iguales.

Es muy evidente el experimento con un recipiente cuyo fondo puede abatirse. Semejante recipiente, se sumerge en un vaso que contiene agua (fig. 95, *a*). Con ello, el fondo se aprieta estrechamente a los bordes del recipiente a causa de la presión del agua de abajo arriba. A continuación, con cuidado, echamos agua en el recipiente. El fondo se separa de éste cuando son iguales los niveles de agua en el recipiente y en el vaso (fig. 95, *b*).

Cuando el fondo se separa, sobre él presiona de arriba abajo la columna de líquido en el recipiente y de abajo arriba se transmite al fondo la presión de una columna igual de líquido, pero que se encuentra en el vaso. Estas dos presiones son iguales y el fondo se separa del cilindro sometido a la acción de la fuerza de la gravedad.

Aquí fueron descritos experimentos con agua, pero es fácil concluir que hubiéramos obtenido los mismos resultados si en lugar de agua empleáramos cualquiera otro líquido.

Así, pues, los experimentos nos muestran que en el interior del líquido hay presión y que a un mismo nivel ésta es igual en todas las direcciones. Al aumentar la profundidad, la presión aumenta.

En lo que a lo dicho se refiere, los gases no se diferencian de los líquidos, ya que también pesan. Pero hay que tener en cuenta que la densidad del gas es centenares de veces menor. El peso del gas que contiene un recipiente, es muy pequeño y su presión, producida por el peso, en muchos casos puede ser despreciada.

¿ ?

1. ¿Cómo mostrar mediante un experimento que la presión en el seno de un líquido es diferente a distintos niveles, mientras que a un mismo nivel es igual en todas las direcciones?
 2. ¿Por qué en muchos casos no se toma en consideración la presión en un gas, creada por el peso de éste?
-

44 * . Cálculo de la presión del líquido sobre el fondo y las paredes del recipiente

Examinemos cómo calcular la presión de un líquido sobre el fondo y las paredes del recipiente. Primero, resolvamos un problema con datos numéricos.

Un depósito rectangular está lleno de agua (fig. 96). El área del fondo del depósito es de 16 m^2 , su altura, 5 m. Determinemos la presión del agua sobre el fondo del depósito.

La fuerza, con la que el agua presiona sobre el fondo del depósito, es igual al peso de la columna de agua, cuya altura es 5 m y el área de la

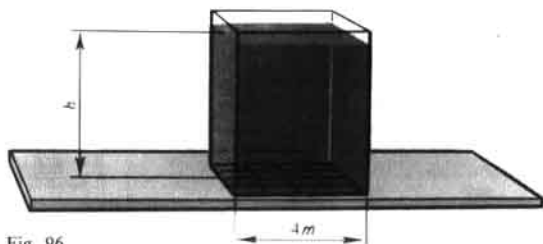


Fig. 96

base- 16 m^2 , en otras palabras, esta fuerza es igual al peso de todo el agua en el depósito.

Para hallar el peso del agua hay que conocer su masa, que puede ser calculada haciendo uso del volumen y la densidad. Determinemos el volumen de agua en el depósito, multiplicando el área del fondo de éste por su altura: $V = 16 \text{ m}^2 \times 5 \text{ m} = 80 \text{ m}^3$. Ahora calculemos la masa del agua, para lo que multiplicamos su densidad $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ por el volumen: $m = 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 80 \text{ m}^3 = 80\,000 \text{ kg}$. Como ya sabemos, para determinar el peso de un cuerpo hay que multiplicar su masa por $9,8 \text{ N/kg}$, ya que un cuerpo de masa 1 kg pesa $9,8 \text{ N}$. Por lo tanto, el peso del agua en el depósito $P = 9,8 \text{ N/kg} \times 80\,000 \text{ kg} \approx 800\,000 \text{ N}$. Con semejante fuerza el agua presiona sobre el fondo del depósito.

La presión p se calcula dividiendo el peso del agua por el área del fondo del depósito:

$$p = \frac{800\,000 \text{ N}}{16 \text{ m}^2} = 50\,000 \text{ Pa} = 50 \text{ kPa}.$$

La presión de un líquido sobre el fondo del recipiente se puede calcular empleando una fórmula, lo que es mucho más sencillo. Para deducir dicha fórmula, retornemos al anterior problema, pero lo resolvemos en forma general.

Designemos la altura de la columna de agua en el recipiente por h , y el área de su fondo, por S .

El volumen de la columna de líquido $V = Sh$.

La masa del líquido $m = \rho V$ o $m = \rho Sh$.

El peso de este líquido $P = gm$ o $P = g\rho Sh$.

Como el peso de la columna de líquido es igual a la fuerza con la que ésta presiona sobre el fondo del recipiente, después de dividir el peso P por el área S , obtenemos la presión p :

$$p = \frac{P}{S} \text{ o bien } p = \frac{g\rho Sh}{S},$$

es decir,

$$p = g\rho h$$

Hemos obtenido la fórmula para calcular la presión de un líquido sobre

el fondo del recipiente. De ella se desprende que la presión del líquido sobre el fondo del recipiente, es razón directa de la densidad y la altura de la columna de líquido.

Con esta fórmula podemos calcular también la presión sobre las paredes del recipiente, así como la presión dentro del líquido, incluida la presión de abajo arriba, ya que la presión a una misma profundidad es igual en todas las direcciones.

Al calcular la presión con la fórmula

$$p = \rho gh$$

la densidad ρ debe expresarse en kilogramos por metro cúbico ($\frac{kg}{m^3}$), mientras que la altura de la columna de líquido h , en metros (m); $g = 9,8 \text{ N/kg}$. Entonces, la presión estará expresada en pascales (Pa).

EJEMPLO. Determinar la presión del petróleo sobre el fondo de una cisterna, si la altura de la columna del líquido es de 10 m, su densidad 800 kg/m^3 .

<p><i>Datos:</i></p> <p>$h = 10 \text{ m}$</p> <p>$\rho = 800 \frac{kg}{m^3}$</p> <hr/> <p>$p = ?$</p>	<p><i>Solución:</i></p> <p>$p = \rho gh$</p> <p>$p = 9,8 \frac{N}{kg} \cdot 800 \frac{kg}{m^3} \cdot 10 \text{ m} \approx$</p> <p>$\approx 80\,000 \text{ Pa} \approx 80 \text{ kPa}$.</p>
---	--

- ζ ?
1. ¿De qué magnitudes depende la presión del líquido sobre el fondo del recipiente?
 2. ¿Cómo depende la presión del líquido, sobre el fondo del recipiente, de la altura de la columna del líquido?
 3. ¿Cómo depende la presión del líquido, sobre el fondo del recipiente, de la densidad del líquido?
 4. ¿Qué magnitudes es necesario conocer para calcular la presión del líquido contra las paredes del recipiente?
 5. ¿Con qué fórmula se calcula la presión de un líquido sobre el fondo y las paredes del recipiente?

- Ejercicios
21
1. Determinad la presión a una profundidad de 0,6 m en el agua, petróleo, mercurio.
 2. Calculad la presión del agua sobre el fondo de uno de los más profundos fosos marítimos, cuya profundidad alcanza 10 900 m. La densidad del agua marítima es 1030 kg/m^3 .
 3. En la fig. 97 está representada la cámara de un balón de fútbol, unida con un tubo de vidrio vertical. En la cámara y el tubo hay agua. Sobre la cámara se ha colocado una tablita y, sobre ella, una pesa de 5 kg. La altura de la columna de agua en el tubo es de 1 m. Determinad el área de contacto de la tablita con la cámara.

- Tareas
1. Tomad un recipiente alto. En su superficie lateral, por una misma recta, a diferente altura sobre el fondo se hacen tres pequeños orificios. Cerrad los orificios con cerillas y echad agua en el recipiente hasta llenarlo. Abrid los orificios y observad los chorros

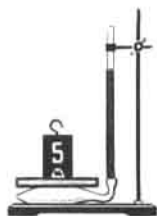


Fig. 97

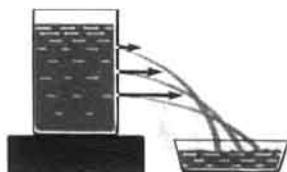


Fig. 98

de agua que salen (fig. 98).

Responded a las preguntas: ¿por qué el agua sale por los orificios?

¿De qué se desprende que la presión aumenta con la profundidad?

2. Leed al final del libro los parágrafos 4. "Paradoja hidrostática. Experimento de Pascal"; 5. "Presión sobre el fondo de los mares y océanos. Investigación de las profundidades del mar".

45. Vasos comunicantes

En la fig. 99 están representados dos recipientes unidos entre sí con un tubo de goma. Tales recipientes se denominan vasos comunicantes. La regadera, tetera, cafetera, son ejemplos de vasos comunicantes (fig. 100). De la práctica sabemos que el agua vertida, por ejemplo en una regadera, siempre se encuentra a un mismo nivel en el depósito de ésta y en su tubo lateral.

Con los vasos comunicantes podemos hacer el siguiente sencillo experimento. Dos tubos de vidrio (fig. 99, a) se unen con un tubo de goma. Al comenzar el experimento, el tubo de goma se obtura en su parte media y a uno de los tubos de vidrio se vierte agua. Después se abre el tubo de goma y el agua comienza a fluir al segundo tubo de vidrio hasta que la superficie del agua en los dos tubos se establezca a un mismo nivel (fig. 99, b).

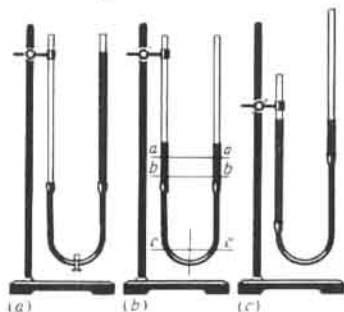


Fig. 99



Fig. 100

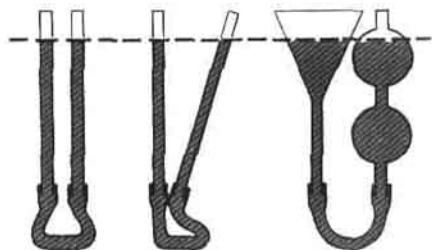


Fig. 101

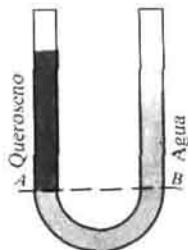


Fig. 102

Podemos fijar uno de los tubos en un soporte y subir y bajar el otro, inclinarlo hacia cualquier lado. En cualquiera de estos casos, en cuanto el agua se tranquilice, su nivel en ambos vasos será el mismo (fig. 99,c).

Las superficies libres de un líquido en reposo que permanece en vasos comunicantes de cualquier forma (fig. 101) se encuentran a un mismo nivel.

En los líquidos en reposo la presión a cualquier nivel *aa*, *bb*, *cc* (fig. 99,b) en los dos vasos comunicantes, es la misma. Por esta razón son iguales también las alturas de las columnas del líquido sobre estos niveles.

Si en uno de los vasos comunicantes se echa un líquido, mientras que en el segundo, otro, durante el equilibrio los niveles de estos líquidos no serán iguales. Esto es fácil de comprender. Sabemos que la presión del líquido sobre el fondo del recipiente es razón directa de la altura de la columna y la densidad del líquido. Siendo las presiones iguales, la altura de la columna del líquido de mayor densidad será menor que la altura de la columna del líquido de menor densidad (fig. 102).

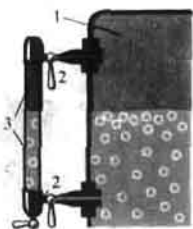


Fig. 103. Tubo de nivel de una caldera de vapor; 1-vapor; 2-grifo; 3-vidrio de nivel.

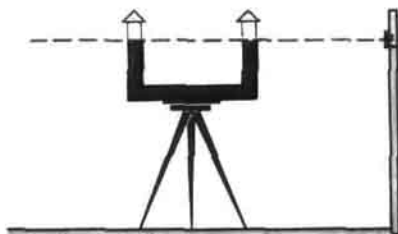


Fig. 104

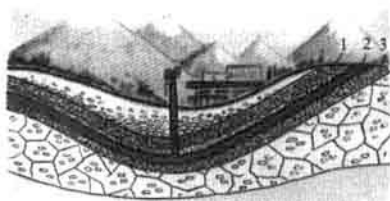


Fig. 105

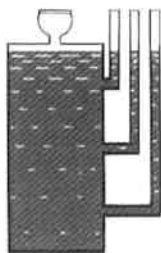


Fig. 106

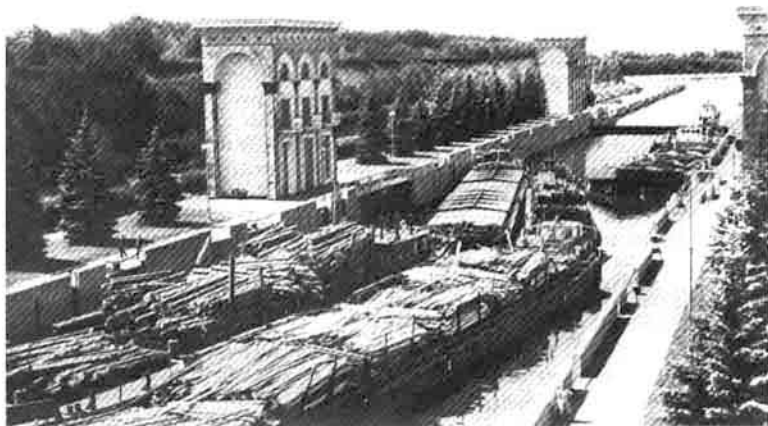
¿?

1. ¿Qué ejemplos de vasos comunicantes pueden aducir?
2. ¿Cómo se disponen las superficies libres de un líquido homogéneo en los vasos comunicantes?
3. ¿Cómo se disponen las superficies libres de diferentes líquidos en los vasos comunicantes?

Ejercicios

22

1. En la fig. 103 se muestra el vidrio de nivel de agua de una caldera de vapor. Explicad el funcionamiento de este instrumento.
2. En la fig. 104 está representado el modelo de un nivel para trazar una línea horizontal en el terreno. Explicad cómo funciona.
3. En la fig. 105 vemos la estructura de un pozo artesiano. La capa de tierra 2 consta de arena o de otro material poroso, que deja pasar con facilidad el agua. Las capas 1 y 3 son impermeables al agua. Explicad el funcionamiento de semejante pozo.
4. Demostrad que la altura de las columnas de dos diferentes líquidos en los vasos comunicantes es razón inversa a las densidades de los líquidos.



Esclusa del canal Moscú

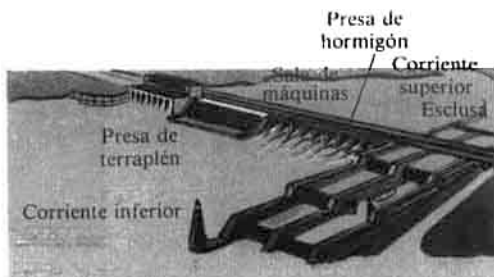


Fig. 107

Indicación. Haced uso de la fórmula para calcular la presión del líquido.

Tareas

1. La fig. 106 nos ofrece la representación de un instrumento que es un bote de hojalata cerrado por todos lados, en cuya tapa se ha hecho un agujero. En él, sobre un corcho, puede ser colocado un embudo cerrado con una película de caucho. En la superficie lateral del bote se han hecho tres agujeros, en los que están acoplados tubos estrechos de vidrio.

Haced este instrumento, llenadlo de agua y responded a las siguientes preguntas:

- 1) ¿Por qué las alturas de las columnas de agua en los tubos son diferentes?
- 2) ¿Qué muestran las alturas de las columnas de agua en los tubos?

Apretando ligeramente sobre la película de caucho, en el embudo, observad la variación de la altura de las columnas de agua en los tubos.

- 3) ¿Por qué las alturas de las columnas de agua en todos los tubos varían del mismo modo?

2. Reflexionad cómo sería posible construir de la forma más sencilla

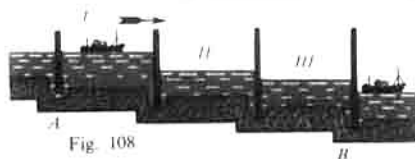


Fig. 108

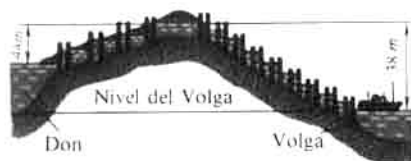


Fig. 109



Fig. 110

una fuente en cierto lugar, digamos, en el parque o en el patio. Diseñad el esquema de semejante instalación y explicad su funcionamiento.

3. En la fig. 107 vemos la esclusa de un canal y en la 108, el esquema de paso de un buque por la esclusa. Estudiad con atención dicho esquema y explicad el funcionamiento de la esclusa. ¿Qué conocido fenómeno se utiliza en el funcionamiento de las esclusas?

Examinad el esquema de disposición de las esclusas del canal Volga-Don "V.I. Lenin" (fig. 109). ¿A qué altura se elevará un buque que va por el canal del Volga al Don y viceversa, del Don al Volga?

4. En la fig. 110 ofrecemos el esquema de uno de los tipos de conducción de agua. Explicad mediante dicho esquema el funcionamiento del conducto de agua. ¿Qué papel desempeña en el esquema del conducto la torre con tanque de agua?

46. **Peso del aire. Presión atmosférica**

Como cualquier otro cuerpo situado en la Tierra, la fuerza de la gravedad también actúa sobre el aire, es decir, éste pesa.

El peso del aire es fácil de medir en un experimento. Con este fin, hay que coger un balón de vidrio resistente con tapón y un tubo de goma con una pinza (fig. 111), extraer el aire de aquél con una bomba y equilibrarlo en una balanza. A continuación, se quita la pinza del tubo de goma y dejamos que el aire entre en el balón. Con esto, el equilibrio de la balanza se altera. Para restablecerlo, hay que poner en el otro platillo de la balanza contrapesas, cuyo peso será igual al del aire contenido en el volumen del balón.

Mediante precisos experimentos fue determinado que, a condiciones normales, 1 m^3 de aire pesa 13 N.

La cubierta de aire que rodea la Tierra recibe el nombre de atmósfera¹⁾. Como han mostrado las observaciones de los vuelos de los satélites artificiales de la Tierra, la atmósfera se extiende a alturas de varios miles de kilómetros. La humanidad vive en el fondo de un inmenso océano de aire. La superficie de la Tierra es el fondo de este océano.

A causa del efecto de la fuerza de la gravedad, las capas superiores de aire, de modo semejante al agua del océano, comprimen las capas inferiores. La capa de aire que hace contacto directo con la Tierra está comprimida al máximo y, según la ley de Pascal, transmite la presión sobre ella ejercida en todas las direcciones.

Como resultado, la superficie terrestre y los cuerpos que en ella se encuentran, están sometidos a la presión de todo el espesor del aire o, como suele decirse, soportan la presión atmosférica.

La existencia de esta presión permite explicar muchos fenómenos. Estudiemos algunos de ellos.

En la fig. 112 vemos un tubo de vidrio, dentro del cual hay un émbolo que se adhiere estrechamente a las paredes del tubo. El extremo del tubo

¹⁾ La palabra ATMÓSFERA tiene origen en dos vocablos griegos: ATHMÓS-vapor y SPHAIRA-esfera.



Fig. 111



Fig. 112

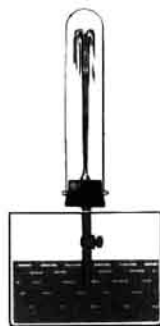


Fig. 113

está sumergido en el agua. Si elevamos el émbolo, tras él ascenderá el agua. Esto sucede a causa de que al subir el émbolo, entre él y el agua se crea un espacio, donde el aire está enrarecido. Bajo la presión del aire exterior, el agua se dirige a este espacio tras el émbolo.

En la fig. 113 se muestra un recipiente cilíndrico. Está cerrado con un tapón en el que fue acoplado un tubo con grifo. Del recipiente se extrae el aire con una bomba. Seguidamente, el extremo del tubo se mete en el agua. Si ahora abrimos el grifo, el agua, en forma de un chorro, fluirá al interior del recipiente. El agua penetra en éste a causa de que la presión atmosférica es mayor que la del aire enrarecido en el recipiente.

Más adelante examinaremos una serie de otros fenómenos que se explican por la existencia de la presión atmosférica.

¿?

1. ¿Cómo se puede determinar el peso del aire mediante un experimento?
2. ¿Cuánto pesa un metro cúbico de aire?
3. ¿Qué es la atmósfera de la Tierra?
4. ¿Qué es lo que provoca la presión atmosférica?
5. Describid experimentos que confirmen la existencia de la presión atmosférica.

47. Existencia de la cubierta de aire de la Tierra

Lo mismo que todos los cuerpos, las moléculas de los gases que forman la cubierta de aire de la Tierra, son atraídas por ésta.

¿Pero, entonces, por qué todas ellas no caen en la superficie de la Tierra? ¿Cómo se conserva la cubierta de aire de la Tierra, su atmósfera? Para comprender este fenómeno, hay que tener en cuenta que las moléculas de los

gases, que componen la atmósfera, están en continuo y caótico movimiento. Pero en tal caso, surge otra pregunta: ¿por qué esas moléculas no escapan de la atmósfera al espacio interplanetario?

Para abandonar por completo la Tierra, la molécula, lo mismo que una nave cósmica o un cohete, debe desarrollar una velocidad de 11,2 km/s. Ésta es la llamada *segunda velocidad cósmica*. La velocidad media de las moléculas de la cubierta de aire de la Tierra es mucho menor que dicha velocidad. Por esto, la mayoría de las moléculas está "atada" a la Tierra por la fuerza de la gravedad.

Este movimiento caótico de las moléculas y la acción sobre ellas de la fuerza de la gravedad conduce, en fin de cuentas, a que las moléculas de los gases "planean" en el espacio junto a la Tierra, formando una cubierta libre de aire o bien la atmósfera.

Las mediciones indican que la densidad del aire disminuye rápidamente con la altura. Por ejemplo, a una altura de 5,5 km sobre la Tierra la densidad del aire es 2 veces menor que junto a la superficie terrestre, a una altura de 11 km, 4 veces menor, etc. Cuanto mayor sea la altura, más enrarecido está el aire. Y por fin, en las capas más altas (centenares y miles de kilómetros sobre la Tierra) la atmósfera se convierte de modo gradual en el vacío. La atmósfera no tiene límites precisos. En la fig. 114 se muestra esquemáticamente el cuadro de la distribución de las moléculas de los gases de la Tierra.

Hablando en rigor, a causa del efecto de la fuerza de la gravedad, la densidad del gas en cualquier recipiente cerrado no es igual por todo el volumen del recipiente. En la parte inferior de éste, la densidad del gas es mayor que en sus capas superiores, por lo que la presión en el recipiente tampoco es igual: en el fondo es mayor que arriba. Sin embargo, esta diferencia de densidades y presiones en un gas contenido en un recipiente es tan pequeña, que en la mayoría de las ocasiones puede no tomarse en consideración. Pero en lo que se refiere a la atmósfera, cuya extensión son miles de kilómetros, esta diferencia es notoria.

¿?

1. ¿Por qué las moléculas de los gases que componen la atmósfera no caen a la Tierra, bajo la acción de la fuerza de la gravedad?
2. ¿Por qué las moléculas de los gases que entran en la composición de la atmósfera, moviéndose en todas las direcciones, no abandonan la Tierra?
3. ¿Cómo varía la densidad de la atmósfera con la altura?

Ejercicios

23

1. En la fig. 115 está representado un instrumento, llamado pipeta de doble enrase, que sirve para tomar pruebas de distintos líquidos. La pipeta se sumerge en el líquido, a continuación, se tapa su extremo superior con el dedo y se saca del líquido. Cuando abrimos el agujero superior de la pipeta, de ésta comienza a fluir el líquido. Realizad un experimento y explicad la acción de este instrumento.
2. El cuentagotas es un instrumento para obtener gotas de los líquidos (fig. 116). Haced con el cuentagotas un experimento y explicad su funcionamiento.
3. ¿Qué fenómeno físico utilizamos cuando llenamos de tinta una pluma estilográfica?
4. El bebedero automático para aves de corral (fig. 117) consta de una



Fig. 114



Fig. 116



Fig. 115



Fig. 117

botella llena de agua e invertida en una pequeña vasija, de forma que el gollete de la botella esté un poco más abajo del nivel del agua en la vasija. ¿Por qué el agua no sale de la botella? Si el nivel del agua en la vasija baja y el gollete de la botella sale del agua, parte del agua de ésta saldrá a la vasija. ¿Por qué? ¿Cuándo cesará de salir el agua de la botella? Haced semejante instrumento y efectuat con él los mencionados experimentos.

5. Se supone que en ciertos tiempos la Luna tenía atmósfera, pero la perdió gradualmente. ¿Cómo podemos explicar este fenómeno?

48 * . Medición de la presión atmosférica. Experimento de Torricelli

El valor de la presión atmosférica puede ser calculado del mismo modo que lo hicimos para determinar la presión de una columna de líquido (§ 44). ¿Por qué? Para realizar semejante cálculo tenemos que conocer la altura de la atmósfera y la densidad del aire. Pero la

Evangelista Torricelli (1608–1647)–científico italiano, alumno de Galileo. Inventó el barómetro de mercurio y explicó su funcionamiento por la existencia de la presión atmosférica, elaboró toda una serie de otros problemas en física y matemáticas.



atmósfera no tiene límite determinado, mientras que la densidad del aire, siendo junto a la superficie terrestre la mayor, decrece con la altura. No obstante, con ayuda del experimento que propuso en el siglo XVII el sabio italiano TORRICELLI, puede ser medida la presión atmosférica.

El experimento de Torricelli consiste en lo siguiente: un tubo de vidrio de cerca de 1 m de longitud, que tiene uno de sus extremos cerrado, se llena de mercurio. A continuación, tapando herméticamente el otro extremo del tubo, le damos la vuelta y lo sumergimos en un recipiente con mercurio, abriendo debajo de éste el orificio del tubo (fig. 118). Parte del mercurio sale al recipiente y en el tubo queda una columna de dicho metal de una altura cercana a 760 mm. En el tubo, sobre el mercurio se forma un espacio sin aire, se crea el vacío.

Torricelli, que fue quien propuso este experimento, ofreció su explicación. La atmósfera presiona sobre la superficie del mercurio en el recipiente. El mercurio está en equilibrio. Es decir, la presión en el tubo al nivel *aa* (fig. 118) también es igual a la atmosférica. Pero en la parte superior del tubo no hay aire, por lo que la presión en el tubo al nivel *aa* sólo se crea por el peso de la columna de mercurio en el tubo. De aquí se deduce que la presión atmosférica es igual a la presión de la columna de mercurio en el tubo.

Midiendo la altura de la columna de mercurio en el experimento de Torricelli, es posible calcular la presión que provoca el mercurio; ésta será igual a la presión atmosférica.

Cuanto mayor es dicha presión, tanto más alta será la columna de mercurio en el experimento de Torricelli, por lo que en la práctica podemos medir la presión atmosférica como la altura de la columna de mercurio (en milímetros o centímetros). Si, por ejemplo, la presión atmosférica es igual a 780 mm Hg, esto significa que el aire ejerce una presión igual a la de una columna vertical de mercurio de 780 mm de altura.

Por lo tanto, en este caso, por unidad de presión atmosférica se toma 1 mm de la columna de mercurio (1 mm Hg). Hallemos la relación entre esta unidad y la unidad de presión que ya conocemos, es decir, el PASCAL.



Fig. 118



Fig. 119



Fig. 120



Fig. 121

La presión de la columna de mercurio de 1 mm de altura es igual a:

$$p = g\rho h, \quad p = 9,8 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 13\,600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 0,001 \text{ m} \approx 133,3 \text{ Pa.}$$

Así, pues, 1 mm Hg = 133,3 Pa = 1,33 hPa.

En la actualidad se ha adoptado medir la presión atmosférica en hectopascales.

Observando día tras día la altura de la columna de mercurio en el tubo, Torricelli advirtió que ella varía: aumenta o disminuye. De aquí, él llegó a la conclusión de que la presión atmosférica no es constante, que puede variar. También advirtió Torricelli que las variaciones de la presión atmosférica están ligadas de alguna forma con el cambio del tiempo.

Si fijamos en el tubo con mercurio, empleado en el experimento de Torricelli, una escala vertical se obtiene el más sencillo barómetro¹⁾ de mercurio, instrumento que sirve para medir la presión atmosférica.

¹⁾ La palabra BARÓMETRO tiene su origen en dos vocablos griegos: BĀROS—peso y MÉTRON—medida.

¿?

1. ¿Por qué no se puede calcular la presión del aire del mismo modo como se calcula la presión de un líquido sobre el fondo y contra las paredes del recipiente?
2. Explicad cómo mediante el tubo de Torricelli se puede medir la presión atmosférica.
3. ¿Qué significa la anotación: "La presión atmosférica es igual a 780 mm Hg"?
4. ¿Cómo se llama el instrumento empleado para medir la presión atmosférica? ¿Cuál es su estructura?
5. ¿A cuántos hectopascuales es igual la presión de la columna de mercurio de 1 mm Hg?

Ejercicios
24

1. En la fig. 119 está representado un barómetro de agua hecho por Pascal en el año 1646. ¿Cuál es la altura de la columna de agua en dicho barómetro a la presión atmosférica igual a 760 mm Hg?
2. En 1654 Otto Guericke en la ciudad de Magdeburgo, con el fin de demostrar la existencia de la presión atmosférica, realizó el siguiente experimento: extrajo el aire de la cavidad entre dos hemisferios metálicos unidos entre sí. La presión atmosférica apretó tan fuertemente los hemisferios que ocho pares de caballos no pudieron desunirlos (fig. 120). Calculad la fuerza que aprieta los hemisferios, si consideramos que actúa sobre un área de 2800 cm² y la presión atmosférica es igual a 760 mm Hg.
3. De un tubo de 1 m de largo, con uno de sus extremos cerrados y con un grifo en el otro, se ha extraído el aire. El extremo con el grifo se sumerge en mercurio y se abre el grifo. ¿Llenará el mercurio todo el tubo? Si en lugar de mercurio tomamos agua ¿llenará ésta todo el tubo?

Tareas

1. Sumergid un vaso en el agua, dadle la vuelta bajo ésta con el fondo hacia arriba y, a continuación, sacadlo lentamente de ella. ¿Por qué mientras los bordes del vaso permanecen bajo el agua, ésta queda en el vaso (no se vierte)?
2. Echad agua en un vaso, cubrid su parte superior con una hoja de papel y sujetándola con la mano, dad la vuelta al vaso. Si ahora se retira la mano del papel (fig. 121), el agua no se verterá del vaso. Parece como si el papel quedara pegado a los bordes del vaso. ¿Por qué? Fundamentad la respuesta.

49. Barómetro anerode

Para medir la presión atmosférica en la práctica se utiliza un barómetro metálico, llamado anerode¹⁾.

El aspecto exterior del anerode se ofrece en la fig. 122. Su parte principal es la *cajita metálica 1* de superficie ondulada (fig. 123). De dicha cajita ha sido extraído el aire y para que la presión atmosférica no la aplaste, su tapa se estira hacia arriba con el muelle 2. Al aumentar la presión atmosférica, la tapa se comba hacia abajo y tensa el muelle. Cuando disminuye la presión, el muelle endereza la tapa. Por medio del mecanismo de transmisión 3, al muelle está unida la aguja-indicadora 4, que se desplaza a derecha e izquierda al variar la presión. Debajo de la aguja está fijada la

¹⁾ ANEROIDE—del griego, SIN LÍQUIDO. El barómetro se llama así porque no contiene mercurio.



Fig. 122

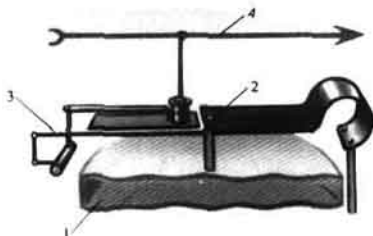


Fig. 123

escala, cuyas divisiones fueron trazadas según las indicaciones de un barómetro de mercurio. Así, el número 750, frente al que se encuentra la aguja del aneroides (fig. 122), muestra que en el momento dado, en el barómetro de mercurio la altura de la columna de mercurio corresponde a 750 mm.

Por lo tanto, la presión atmosférica es igual a 750 mm Hg o bien ≈ 1000 hPa.

El conocimiento de la presión atmosférica es muy importante para pronosticar el tiempo en los próximos días, ya que la variación de la presión está relacionada con los cambios del tiempo. El barómetro es un instrumento imprescindible durante las observaciones meteorológicas.

¿?

1. ¿Cómo está estructurado el barómetro aneroides?
2. ¿Cómo se gradúa la escala del barómetro aneroides?
3. ¿Con qué fin es necesario medir la presión atmosférica de manera sistemática y en diversos puntos del globo terráqueo?

Tareas

1. En la pared del laboratorio de física de vuestro colegio está colgado un barómetro. Observando precauciones, aprended a determinar con él la presión del aire. Realizad observaciones de la variación de la presión atmosférica durante cierto tiempo.
2. Estudiad con atención la fig. 122 y responded a las siguientes preguntas:
 - 1) ¿En qué unidades de presión están grabadas las escalas superior e inferior del barómetro? 2) ¿Cuál es el valor de la división de cada escala?
3. Leed al final del manual el parágrafo 7. "Historia del descubrimiento de la presión atmosférica". Preparad una conferencia a este respecto.

50. Presión atmosférica a diferentes alturas

Como ya sabemos, la presión en el líquido (§ 43) es distinta a diferentes niveles y depende de la densidad del líquido y de la altura de su columna. A causa de su pequeña incompresibilidad, a diversas profundidades la densidad del líquido es casi igual, por lo que al calcular la presión consideramos su densidad constante y sólo se tiene en cuenta la variación del nivel.

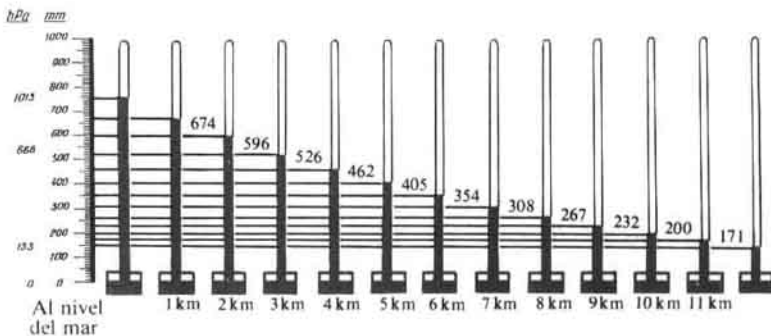


Fig. 124

En los gases este problema es más complicado. Los gases son muy compresibles y cuanto más comprimido esté el gas, mayor será su densidad, así como ejercerá una presión más grande. Ya sabemos que la presión de un gas se crea por los choques de sus moléculas contra la superficie del cuerpo.

Las capas de aire junto a la superficie de la Tierra están comprimidas por todas las capas de aire situadas sobre ellas. Pero a medida de alejarse de la superficie terrestre, la capa de aire resulta menos comprimida, menor será su densidad y, por consiguiente, menor presión ejercerá. Si, por ejemplo, un globo asciende de la superficie de nuestro planeta, la presión de aire sobre el globo disminuye no sólo porque la altura de la columna de aire sobre él es menor, sino también a causa de que decrece la densidad del aire, arriba es menor que abajo. Por esta razón, la dependencia entre la presión del aire y la altura es más complicada que la dependencia entre la presión del líquido y la altura de su columna.

Las observaciones muestran que la presión atmosférica en lugares situados al nivel del mar es igual, por término medio, a 760 mm Hg. Mientras más alto sobre el nivel del mar esté situado el lugar, menor será en él la presión.

La presión atmosférica, igual a la presión de una columna de mercurio de 760 mm a una temperatura de 0°C, recibe el nombre de presión normal.

La presión atmosférica normal es igual a 101300 Pa = 1013 hPa.

La fig. 124 nos ofrece la variación de la presión atmosférica con la altura. Durante pequeñas ascensiones, por término medio, cada 12 m de subida la presión disminuye 1 mm Hg (o bien 1,33 hPa).

Conociendo la dependencia entre la presión y la altura, según el cambio de las indicaciones del barómetro es posible determinar la altura de elevación sobre el nivel del mar. Los aneroides que tienen una escala por la cual podemos leer directamente la altura de elevación, se denominan altímetros. Éstos son utilizados en aviación y al ascender a las montañas.

¿?

1. ¿Cómo explicar que la presión atmosférica disminuye al aumentar la altura de ascensión sobre el nivel de la Tierra?

- ¿Qué presión se denomina normal?
- ¿Cómo se llama el instrumento para medir la altura, ateniéndose a la presión atmosférica? ¿Cuál es su estructura?

Ejercicios
25

- Explicad por qué al descender un avión con rapidez, los pasajeros sienten dolor en los oídos.
- ¿Cómo explicar que, al ascender un avión, de las plumas estilográficas cargadas comienza a derramarse la tinta?
- Al pie de una montaña el barómetro muestra 760 mm Hg y en la cima—722 mm Hg. ¿Cuál es la altura de la montaña?
- Expresad la presión atmosférica normal en hectopascales (hPa).
Indicación. La presión se mide por la fórmula $p = \rho gh$, donde $g = 9,8 \text{ N/kg}$, $h = 760 \text{ mm} = 0,76 \text{ m}$, $\rho = 13\,600 \text{ kg/m}^3$.
- Con una masa de 60 kg y altura 1,6 m, el área de la superficie del cuerpo de un hombre es igual a unos $1,6 \text{ m}^2$. Calculad la fuerza con la que la atmósfera presiona sobre el hombre. ¿Cómo explicar que el hombre aguanta una fuerza tan considerable y no siente su acción?

Tarea

- Mediante un barómetro anerode medid la presión atmosférica en la planta baja de la escuela y en su último piso. Determinad, según los datos obtenidos, la distancia entre los pisos. Comprobad los resultados por medio de la medición directa.

51. Manómetros

Para medir presiones mayores o menores que la atmosférica, son utilizados instrumentos llamados manómetros¹⁾. Los manómetros pueden ser de líquido y metálicos.

Primeramente, estudiemos la estructura y el funcionamiento de un *manómetro de líquido abierto*. Consta de un tubo de vidrio en U, en el que se echa cierto líquido. Para comprender cómo funciona semejante manómetro, éste puede ser unido mediante un tubo de goma con una cajita redonda y plana, cubierta con una película de caucho (fig. 125). Si apretamos ligeramente sobre la película con el dedo, el nivel del líquido en la rama del manómetro unida a la cajita, descenderá y en la otra rama, ascenderá. ¿Cómo explicar esto? Al apretar sobre la película, aumenta la presión del aire en la cajita. De acuerdo con la ley de Pascal, este aumento de la presión se transmite al líquido en aquella rama del manómetro que está unida a la cajita. Por esta causa, la presión del líquido en dicha rama será mayor que en la otra, en la que el líquido está sometido a la presión atmosférica. Por el efecto de la fuerza de esta sobrepresión (presión excesiva), el líquido comenzará a desplazarse: en la rama con el aire comprimido el líquido descenderá, en la otra, ascenderá. El líquido llegará al equilibrio (se parará), cuando la sobrepresión del aire comprimido se equilibra con la presión que ejerce la columna excesiva del líquido en la otra rama del manómetro.

Cuanto más fuerte sea la presión sobre la película, más alta será la columna de líquido, mayor será su presión. Por lo tanto, *sobre la variación de la presión se puede juzgar por la altura de dicha columna.*

¹⁾ La palabra MANÓMETRO proviene de dos vocablos griegos: MANOS—ligero, poco denso y MÉTRON, medida.

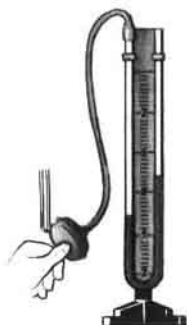


Fig. 125

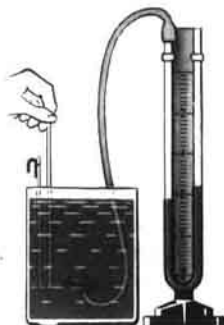
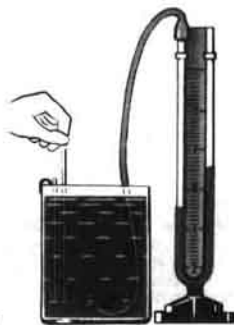


Fig. 126



En la fig. 126 está mostrado cómo se puede medir, con semejante manómetro, la presión en el seno de un líquido. *Cuanto mayor sea la profundidad a que sumergimos la cajita en el líquido, mayor será la diferencia de alturas de las columnas del líquido en las ramas del manómetro y, por consiguiente, mayor presión ejerce el líquido.*

Si establecemos la cajita del instrumento a cierta profundidad dentro del líquido y la hacemos girar con la película hacia arriba, hacia un costado y hacia abajo, las indicaciones del manómetro no variarán. Así debe ser, ya que *a un mismo nivel en el seno de un líquido la presión es igual en todas direcciones.*

En la fig. 127 vemos un *manómetro metálico*. La parte fundamental de éste es el tubo metálico combado en forma de un arco 1 (fig. 128), uno de cuyos extremos está cerrado. El otro extremo del tubo, mediante el grifo 4, se comunica con el recipiente en el que se mide la presión. Cuando ésta aumenta, el tubo se endereza y el movimiento de su extremo curvado, con ayuda de la palanca 5 y la transmisión dentada 3, se comunica a la aguja 2, que se mueve alrededor de la escala del instrumento. Al disminuir la presión,



Fig. 127

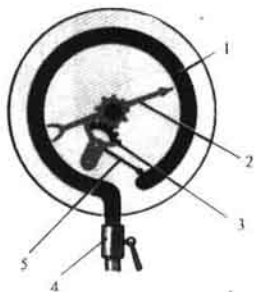


Fig. 128

gracias a su elasticidad, el tubo retorna a la posición anterior y la aguja, a la marca cero de la escala.

- ¿?
1. ¿Cómo se denominan los instrumentos para medir presiones más altas o más bajas que la atmosférica?
 2. ¿Cómo funciona y cuál es la estructura de un manómetro de líquido abierto?
 3. ¿Qué estructura tiene y cómo funciona el manómetro metálico?

52. Bomba hidráulica de pistón

En el § 46 fue descrito el experimento para elevar el agua tras el émbolo en un tubo de vidrio por el efecto de la presión atmosférica. Este fenómeno se utiliza en la estructura de las bombas de pistón.

La bomba expuesta, de forma esquemática, en la fig. 129 consta de un cilindro, en cuyo interior se desliza hacia arriba y abajo el pistón 1, ajustado herméticamente a las paredes del cilindro. En la parte inferior de éste y en el propio pistón están instaladas las válvulas 2, que se abren sólo hacia arriba. Durante el ascenso del pistón, por el efecto de la presión atmosférica, el agua entra en el tubo, eleva la válvula inferior y se desplaza tras el pistón.

Al desplazarse el pistón hacia abajo, el agua situada bajo éste, presiona sobre la válvula inferior y ésta se cierra. Simultáneamente, bajo la presión del agua, se abre la válvula en el propio pistón y el agua pasa al espacio

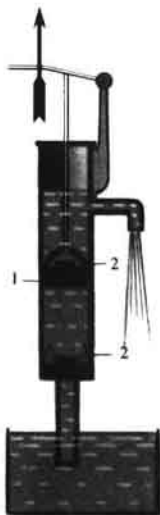


Fig. 129

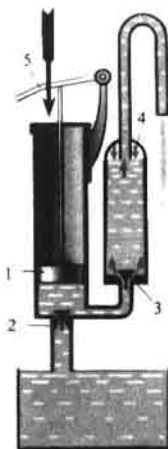


Fig. 130. Bomba de pistón con cámara de aire: 1—pistón; 2—válvula de aspiración; 3—válvula de impulsión; 4—cámara de aire; 5—manivela.

sobre éste. Durante la siguiente ascensión del pistón, junto con él sube también el agua situada sobre el pistón y se vierte por el tubo de salida. Al mismo tiempo, tras el pistón sube otra dosis de agua, que durante la siguiente bajada de éste de nuevo se encontrará sobre él, etc.

¿?

1. ¿Qué fenómeno se utiliza en la estructura de la bomba de pistón hidráulica?
2. ¿Cuál es la estructura y cómo funciona esta bomba?

Ejercicios

26

1. ¿A qué altura límite se puede elevar el agua con una bomba de pistón (véase la fig. 129) a presión atmosférica normal?
2. ¿A qué altura límite se puede elevar alcohol, mercurio con una bomba de pistón (véase la fig. 129) a presión atmosférica normal?
3. Explicad el funcionamiento de una bomba de pistón con cámara de aire (fig. 130). ¿Qué papel desempeña en esta bomba la cámara de aire? ¿Es posible elevar con esta bomba agua de una profundidad mayor que 10,3 m?

53 * . Prensa hidráulica

La ley de Pascal permite explicar el funcionamiento de la máquina hidráulica¹⁾. La máquina de este tipo que sirve para prensar, recibe el nombre de prensa hidráulica (véase la foto en la pág. 106).

La parte fundamental de dicha prensa son dos cilindros de diferente diámetro, equipados con pistones y unidos entre sí mediante un tubo (fig. 131). El espacio debajo de los pistones se llena de líquido (por regla, aceite mineral). La altura de las columnas de líquido son iguales en los dos cilindros, mientras sobre los pistones no actúan fuerzas. Supongamos ahora, que F_1 y F_2 son las fuerzas que actúan sobre los pistones, S_1 y S_2 , las áreas de los pistones. La presión debajo del primer pistón pequeño es F_1/S_1 , del segundo (grande), F_2/S_2 . De acuerdo con la ley de Pascal, en todos los puntos de un líquido en reposo la presión es igual, es decir, $F_1/S_1 = F_2/S_2$, de donde:

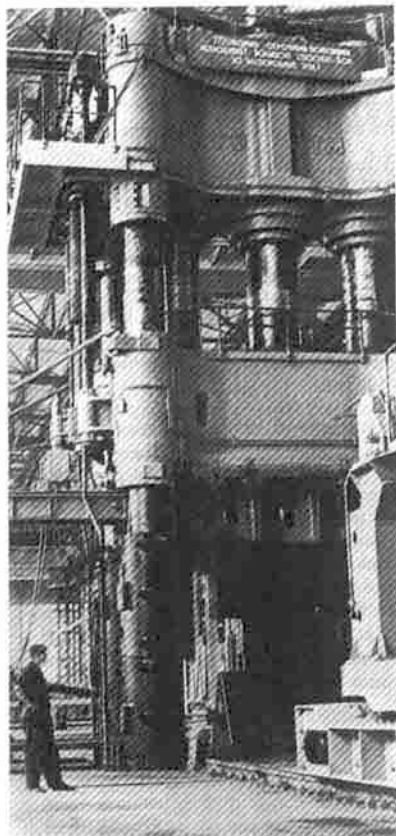
$$F_2 = F_1 \frac{S_2}{S_1}.$$

Por consiguiente, la fuerza F_2 es tantas veces mayor que F_1 , cuantas veces mayor sea el área del pistón grande en comparación con la del pequeño. Por ejemplo, si el área del pistón grande es de 500 cm^2 y la del pequeño, 5 cm^2 y sobre este pistón actúa una fuerza de 100 N , sobre el pistón grande actuará una fuerza 100 veces mayor, o sea 10000 N .

De este modo, mediante la prensa hidráulica es posible equilibrar una gran fuerza con ayuda de una fuerza pequeña.

Las prensas hidráulicas se utilizan en aquellos casos, en que es necesaria una gran fuerza, por ejemplo para exprimir el aceite de semillas en los

¹⁾ MÁQUINAS HIDRÁULICAS (del griego -HÝDOR -agua, AULOS -tubos). Máquinas cuyo funcionamiento está basado en las leyes de movimiento y equilibrio de los líquidos.



Gigantesca prensa en el taller de una fábrica.

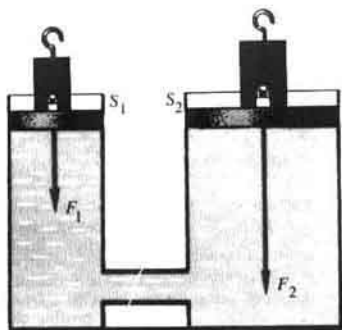


Fig. 131

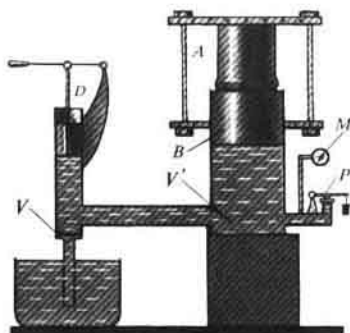


Fig. 132

molinos de aceite, para prensar el contrachapado, el cartón, el heno. En las empresas metalúrgicas, las prensas hidráulicas se utilizan al fabricar los árboles de acero para máquinas, ruedas para el ferrocarril y otros muchos artículos. Las prensas hidráulicas modernas pueden desarrollar una fuerza de presión de decenas y centenares de millones de newtones.

La fig. 132 nos ofrece esquemáticamente la estructura de una prensa hidráulica. El cuerpo a prensar *A* se coloca en la plataforma unida al pistón grande *B*. Cuando este pistón sube, el cuerpo se apoya en la plataforma

inmóvil superior y se comprime. M es el manómetro con el que se mide la presión del líquido; P , la válvula que se abre automáticamente cuando la presión sobrepasa el valor tolerable.

Del recipiente pequeño al grande, el líquido se bombea por medio de movimientos reiterados del pistón pequeño, lo que se hace del modo siguiente. Cuando el pistón pequeño asciende, al espacio que se encuentra debajo de él se aspira el líquido. Con ello, la válvula V se abre y V' se cierra por el efecto de la presión del líquido. Al descender el pistón pequeño a la inversa, se cierra la válvula V y se abre V' y el líquido pasa al recipiente grande.

¿?

1. ¿Qué ley se utiliza en la estructura de la prensa hidráulica?
2. ¿Qué ganancia en fuerza ofrece la prensa hidráulica (cuando no hay rozamiento)?

Ejercicios
27

1. En la fig. 133 se muestra el esquema simplificado de un gato hidráulico. ¿Una carga de qué masa se puede elevar con semejante máquina, si conocemos que el área del pistón pequeño es de $1,2 \text{ cm}^2$, la del grande, 1440 cm^2 , mientras que la fuerza que actúa en el pistón pequeño puede alcanzar 1000 N ? No tened en cuenta el rozamiento.
2. En una prensa hidráulica el área del pistón pequeño es de 5 cm^2 , la del grande, 500 cm^2 . La fuerza que actúa sobre el pistón pequeño es de 400 N , sobre el grande, 36 kN . ¿Qué ganancia de fuerza ofrece esta prensa? ¿Por qué la prensa no proporciona la máxima ganancia de fuerza? ¿Qué ganancia de fuerza debería dar esta prensa al no haber fuerza de rozamiento entre el pistón y las paredes de la prensa?
3. ¿Se puede crear una máquina semejante a la hidráulica, pero que funcione con aire en lugar de agua? Fundamentad la respuesta.

Tareas

1. La fig. 134 nos ofrece el esquema de un freno hidráulico de un automóvil, donde: 1 es el pedal del freno; 2, el cilindro con el pistón; 3, el cilindro de freno; 4, las zapatas de freno; 5, los tambores de freno; 6, el muelle. Los cilindros y los tubos están

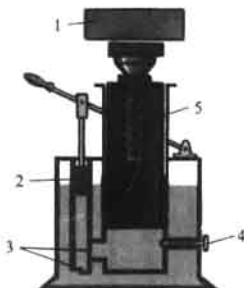


Fig. 133. Esquema de la estructura de un gato hidráulico: 1-cuerpo a elevar; 2-pistón pequeño; 3-válvulas; 4-válvula para bajar la carga; 5-pistón grande.

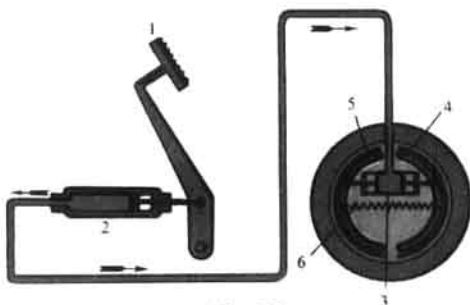


Fig. 134

llenos de un líquido especial. De acuerdo con el esquema explicad cómo funciona el freno.

2. Leed al final del manual el párrafo 7. "Máquinas y herramientas neumáticas".

54. Acción de un líquido y un gas sobre un cuerpo sumergido

Debajo del agua podemos elevar con facilidad una piedra que con dificultad elevaríamos fuera de ella, en tierra. Si sumergimos un corcho en el agua y lo soltamos allí, éste emergerá. ¿Cómo se pueden explicar estos fenómenos?

Como ya sabemos (§ 44), un líquido presiona sobre el fondo y contra las paredes del recipiente y si en su seno ubicamos un cuerpo cualesquiera, éste también estará sometido a dicha presión.

Examinemos las fuerzas de presión que actúan por parte del líquido sobre el cuerpo sumergido. Con el fin de que los razonamientos sean más sencillos, elijamos un cuerpo en forma de paralelepípedo, con las bases paralelas a la superficie libre del líquido (fig. 135). Las fuerzas a que están sometidas las caras laterales del cuerpo son iguales a pares y entre sí se equilibran. Por el efecto de estas fuerzas el cuerpo sólo se comprime. Pero las fuerzas que actúan sobre las caras superior e inferior del cuerpo, no son iguales. Sobre la cara superior presiona desde arriba la fuerza F_1 , creada por la columna de líquido de una altura h_1 . Al nivel de la cara inferior del cuerpo, la presión es ocasionada por la columna de líquido de una altura h_2 . Como ya sabemos (§ 43), esa presión se transmite en el interior del líquido en todas las direcciones. Por lo tanto, sobre la cara inferior del cuerpo, de abajo arriba, con la fuerza F_2 presiona una columna de líquido de altura h_2 . Pero h_2 es mayor que h_1 , por lo que el módulo de la fuerza F_2 es mayor que el de F_1 . Por esta razón, el cuerpo es empujado por el líquido con una fuerza F , igual a la diferencia entre las fuerzas $F_2 - F_1$.

La existencia de una fuerza, que empuja los cuerpos del líquido, es fácil de descubrir en el experimento.

En la fig. 136,*a* está representado un cuerpo suspendido de un muelle con una flecha en su extremo. El alargamiento del muelle se registra en el soporte por la flecha indicadora. Al sumergir el cuerpo en el agua, el muelle se acorta (fig. 136,*b*). Igual acortamiento del muelle también se producirá si sobre el cuerpo aplicamos de abajo arriba una pequeña fuerza, por ejemplo,

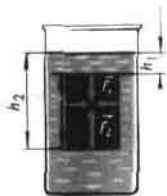


Fig. 135

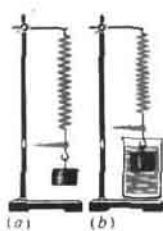


Fig. 136

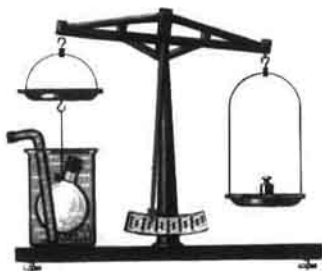


Fig. 137

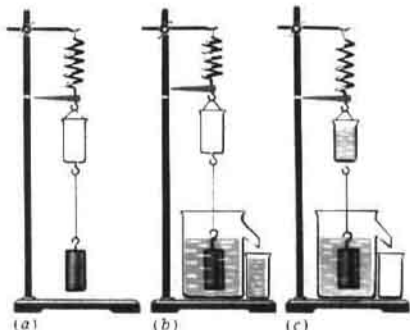


Fig. 138

presionamos con la mano.

Así, pues, el experimento confirma que sobre el cuerpo sumergido en el líquido actúa una fuerza que lo expulsa del mismo.

Como sabemos, los gases en mucho se parecen a los líquidos. La ley de Pascal también se puede aplicar a ellos. Por esto, sobre los cuerpos ubicados en un gas, actúa asimismo una fuerza que los empuja del gas. Por el efecto de esta fuerza, los globos ascienden. La existencia de una fuerza que expulsa el cuerpo de un gas, también puede ser observada en un experimento.

Del platillo acortado de una balanza se suspende un balón de vidrio o un matraz de gran tamaño, cerrado con un tapón. La balanza se equilibra. A continuación, debajo del matraz (o del balón) se coloca un recipiente ancho, de forma que rodee todo el matraz. El recipiente se llena de gas carbónico, cuya densidad es mayor que la del aire. En este caso el equilibrio de la balanza se altera. El platillo con el matraz colgado, subirá (fig. 137). Sobre el matraz sumergido en el gas carbónico actúa una fuerza de empuje mayor que la que sobre él obra en el aire.

La fuerza, que obliga al cuerpo a ascender en un líquido o gas, está dirigida en sentido inverso a la fuerza de la gravedad aplicada a este cuerpo, por esta causa, si cierto cuerpo es pesado en un líquido o gas, su peso será menor que en el vacío.

Precisamente esto explica el hecho de que en el agua levantamos con relativa facilidad cuerpos que con dificultad pueden ser levantados en el aire.

¿?

1. ¿Qué fenómenos conocidos de la práctica indican la existencia de la fuerza de empuje?
2. ¿Cómo demostrar, de acuerdo con la ley de Pascal, la existencia de la fuerza de empuje que actúa sobre un cuerpo sumergido en un líquido?
3. ¿Cómo podemos demostrar en un experimento que sobre un cuerpo sumergido en un líquido actúa la fuerza de empuje?
4. ¿Cómo demostrar en un experimento que sobre un cuerpo sumergido en un gas actúa la fuerza de empuje?

Arquímedes (287-212 antes de nuestra era) - sabio de la Grecia antigua, físico y matemático. Estableció la regla de la palanca, descubrió la ley de hidrostática que lleva su nombre.



55 * **Fuerza de empuje (de Arquímedes). Principio de Arquímedes**

La fuerza con la que un cuerpo sumergido en un líquido es expulsado por él, puede ser calculada. Pero es más sencillo determinarla en un experimento, haciendo para eso uso del instrumento representado en la fig. 138.

De un muelle se suspende un pequeño cubo y un *cuerpo* de forma cilíndrica. El alargamiento del muelle es registrado en el soporte por una flecha (fig. 138,a), mostrando el peso del cuerpo en el aire. Elevamos el cuerpo y debajo de él colocamos una vasija de derrame llena de agua y aquél se sumerge en el líquido por completo (fig. 138,b). Con ello, parte del líquido, de igual volumen que el del cuerpo, se vierte de la vasija de derrame a un vaso, el indicador del muelle asciende, el muelle se contrae, mostrando la disminución del peso del cuerpo en el líquido. En el caso que consideramos, sobre el cuerpo, además de la fuerza de la gravedad, también actúa una fuerza que lo expulsa del líquido. Si el líquido vertido del vaso se echa en el cubo, la flecha indicadora del muelle retornará a su posición inicial (fig. 138,c).

Apoyándonos en este experimento, podemos llegar a la conclusión de que la fuerza que empuja a un cuerpo sumergido por completo en un líquido, es igual al peso del líquido contenido en el volumen de dicho cuerpo.

Si semejante experimento fuese realizado con un cuerpo sumergido en cierto gas, veríamos que la fuerza que eleva el cuerpo en el gas, también es igual al peso del gas tomado en el volumen del cuerpo.

La fuerza que expulsa a un cuerpo de un líquido o gas, recibe el nombre de fuerza de empuje (de Arquímedes). El sabio de la antigua Grecia, ARQUÍMEDES, fue el primero que indicó la existencia de dicha fuerza y calculó su valor.

Si el peso de un cuerpo en el vacío es $P = mg$, donde m es la masa del cuerpo, el peso de ese mismo cuerpo en un líquido (o gas) P_1 será menor en

la fuerza de empuje F_{emp} , es decir,

$$P_1 = P - F_{emp} \text{ o bien } P_1 = gm - gm_1,$$

aquí, m_1 es la masa del líquido o del gas en el volumen del cuerpo que se encuentra en el líquido (o gas). Por esta razón, a veces dicen que todo cuerpo sumergido en un líquido (o gas), parece como si perdiera parte de su peso, igual al peso del líquido (o gas) contenido en el volumen desalojado por el cuerpo. Por regla, así se enuncia el principio de Arquímedes.

Calculemos la fuerza de empuje que actúa sobre un cuerpo de volumen V en un líquido, cuya densidad es ρ .

La fuerza de empuje es igual al peso del líquido en el volumen del cuerpo. Es decir, $F_{emp} = P = gm$. La masa del líquido m , desalojada por el cuerpo, puede ser expresada por su densidad y volumen $m = \rho_{liq}V$. Entonces, obtenemos:

$$\underline{F_{emp} = g\rho_{liq}V.}$$

EJEMPLO. Determinar la fuerza de empuje que actúa sobre una piedra de $1,6 \text{ m}^3$ de volumen en el agua del mar.

Datos:

$$V = 1,6 \text{ m}^3$$

$$\rho_{liq} = 1030 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$F_{emp} = ?$

Solución:

$$F_{emp} = g\rho_{liq}V.$$

$$\begin{aligned} F_{emp} &= 9,8 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 1030 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times \\ &\times 1,6 \text{ m}^3 = 16480 \text{ N} \approx \\ &\approx 16,5 \text{ kN}. \end{aligned}$$

¿ ?

1. ¿Cómo se puede determinar en un experimento con qué fuerza se expulsa un cuerpo sumergido por completo en un líquido?
2. ¿A qué es igual dicha fuerza?
3. ¿Cómo se llama la fuerza que empuja a un cuerpo sumergido en un líquido o gas?
4. ¿Cómo calcular la fuerza de empuje?
5. ¿Cómo se enuncia el principio de Arquímedes?

Ejercicios
28

1. Del balancín de una balanza están suspendidos dos cilindros de igual masa: uno de plomo y el otro de aluminio. La balanza está equilibrada. ¿Se alterará el equilibrio de la balanza si los dos cilindros se sumergen simultáneamente en el agua, alcohol? Fundamentad la respuesta. Comprobadla en un experimento. ¿Cómo depende la fuerza de empuje del volumen del cuerpo?
2. Del balancín de una balanza están suspendidos dos cilindros de aluminio de igual volumen. ¿Se perturbará el equilibrio de la balanza, si uno de los cilindros se sumerge en agua y el otro el alcohol? Fundamentad la respuesta. Comprobadla en un experimento. ¿Depende la fuerza de empuje de la densidad del líquido?
3. Del balancín de una balanza están suspendidos dos cilindros de igual volumen: uno de hierro y el otro de aluminio. Con ayuda de una carga adicional, se equilibra la balanza. ¿Se alterará dicho equilibrio si los dos cilindros se sumergen en agua? Fundamentad la respuesta.

4. El volumen de una barreta de hierro es $0,1 \text{ dm}^3$. ¿Qué fuerza de empuje actuará sobre ella al estar sumergida por completo en el agua, en queroseno?

56. Flotación de los cuerpos

Sobre un cuerpo ubicado en el seno de un líquido actúan dos fuerzas: la de la gravedad, dirigida verticalmente hacia abajo, y la de empuje, dirigida verticalmente hacia arriba. Si el cuerpo estaba inmóvil, bajo el efecto de estas fuerzas él se desplazará en dirección de la mayor de ellas. Con ello son posibles tres casos:

- 1) si la fuerza de la gravedad es mayor que la de empuje, el cuerpo irá al fondo, se sumergirá;
- 2) si la fuerza de la gravedad es igual a la de empuje, el cuerpo puede hallarse en equilibrio en cualquier lugar del líquido;
- 3) si la fuerza de la gravedad es menor que la de empuje, el cuerpo ascenderá por el líquido, "emergerá".

Examinemos el último caso con más detalle.

Cuando el cuerpo que emerge alcanza la superficie del líquido, durante su posterior movimiento hacia arriba, la fuerza de empuje disminuirá. ¿Por qué? Porque disminuirá el volumen de la parte sumergida del cuerpo, en tanto que la fuerza de empuje es igual al peso del líquido contenido en el volumen de dicha parte del cuerpo.

Cuando la fuerza de empuje se vuelva igual a la de la gravedad, el cuerpo se detendrá y flotará en la superficie del líquido, sumergiéndose parcialmente en él.

La conclusión a la que hemos llegado es fácil de comprobar en un experimento.

En una vasija de derrame se echa agua hasta el nivel del tubo lateral. A continuación, en la vasija se sumerge un cuerpo flotante (fig. 139), pesado de antemano en el aire. Al hundirse en el agua, el cuerpo desaloja un volumen de agua correspondiente al de la parte sumergida. Después de pesar este agua, determinamos que su peso (fuerza de empuje) es igual a la fuerza de la gravedad que actúa sobre el cuerpo flotante o bien al peso de éste en el aire.

Si realizamos semejantes experimentos con otros cuerpos cualesquiera, que flotan en diversos líquidos—agua, alcohol, disolución de sal—podremos cerciorarnos que el peso del cuerpo en el aire es igual al peso del líquido desalojado por el mismo.

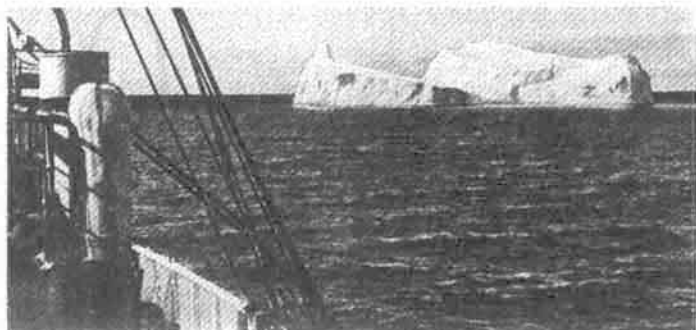
Podemos demostrar con facilidad que si la densidad de un cuerpo sólido enterizo es mayor de la densidad del líquido, el sólido se hundirá en



Fig. 139



Fig. 140



Iceberg.

semejante líquido. Un cuerpo de menor densidad, emergerá de dicho líquido. En lo que se refiere a un cuerpo cuya densidad es igual a la del líquido, éste quedará en equilibrio dentro de él. Por ejemplo, un trozo de hierro se hunde en el agua, pero flota en el mercurio.

También flota en la superficie del agua el hielo, ya que su densidad es menor que la del agua (véase la foto en la pág. 113).

Cuanto menor sea la densidad del cuerpo en comparación con la del líquido, tanto menor parte del cuerpo estará sumergida en el líquido (fig. 140).

Dos líquidos inmiscibles, por ejemplo, agua y queroseno, se disponen en el recipiente en correspondencia con sus densidades: en la parte inferior del recipiente el agua, que es más densa ($\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$), encima de ella el queroseno, que es más ligero ($\rho = 800 \text{ kg/m}^3$).

La densidad de los organismos vivos, que habitan el medio acuático, poco se diferencia de la del agua, por lo que su peso se equilibra por completo por la fuerza de empuje. Por esta razón, los animales marítimos no requieren esqueletos macizos como los terrestres. Por esta misma causa son elásticos los troncos de las plantas acuáticas.

Los peces tienen un interesante órgano—la vejiga natatoria—que posee notable compresibilidad, por lo que el pez varía con facilidad el volumen de su cuerpo y de este modo, su densidad media. Gracias a esto, ellos pueden regular, en determinados límites, la profundidad de su sumersión.

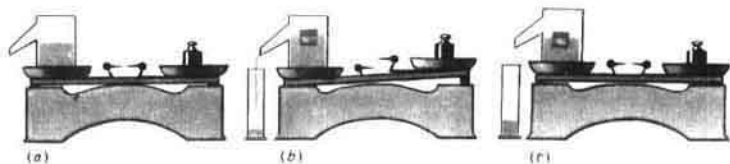


Fig. 141



Fig. 142

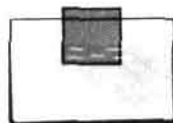


Fig. 143



Fig. 144



¿ ?

1. ¿Cómo podemos mostrar recurriendo a un experimento que el peso del líquido desalojado por un cuerpo flotante es igual al peso de éste en el aire?
2. ¿A qué es igual la fuerza de empuje que actúa sobre un cuerpo que flota en la superficie de un líquido?
3. ¿En qué caso emerge un cuerpo que se encuentra en un líquido? ¿En qué casos el mismo flota o se hunde?
4. ¿Cómo depende la profundidad a que se sumerge un cuerpo flotante en un líquido de su densidad?
5. ¿Cómo se puede explicar que los animales marítimos no necesitan sólidos esqueletos?
6. ¿Qué papel desempeña la vejiga natatoria en los peces?

Ejercicios
29

1. En una balanza se ha equilibrado una vasija de derrame con agua (fig. 141, a). Al agua se ha echado una barreta de madera. Al principio, el equilibrio de la balanza fue alterado (fig. 141, b). Pero cuando todo el agua desalojada por la barreta flotante se derramó de la vasija, el equilibrio de la balanza se restableció (fig. 141, c). Explicad este fenómeno.
2. ¿Por qué flota un pesado buque, mientras que el clavo se hunde al caer al agua?
3. En la fig. 142 está representado un mismo cuerpo que flota en dos líquidos diferentes. ¿La densidad de qué líquido es mayor? ¿Por qué? ¿Qué podemos decir sobre la fuerza de la gravedad, que actúa sobre el cuerpo, y de la fuerza de empuje en uno y otro caso?
4. Un flotador de madera con una carga de plomo en su parte inferior se sumerge en el agua, a continuación, en queroseno. Tanto en un líquido como en el otro el flotador no se hunde. ¿En cuál de los líquidos se sumerge a más profundidad?
5. Un huevo se hunde en el agua dulce, pero flota en la salada. Explicad por qué. Comprobadlo en un experimento.
6. Representad por vía gráfica las fuerzas que actúan sobre un cuerpo

que flota en el agua, que emerge a la superficie de ésta y que se hunde en ella.

7. Haciendo uso de la tabla de densidades 2-4, determinad qué metales flotarán en el mercurio y cuáles se hundirán.
8. ¿Flotará en gasolina un trozo de hielo? ¿En queroseno? ¿En glicerina?
9. ¿En qué orden se dispondrán en un mismo recipiente tres líquidos inmiscibles: agua, queroseno, mercurio? Haced el correspondiente dibujo y explicadlo.
10. ¿Cómo se dispondrán en un recipiente con agua, queroseno y mercurio tres bolas enterizas: de corcho, parafina y acero? Fundamentad la respuesta. Haced un dibujo.

Tareas

1. Para demostrar ciertos fenómenos hidrostáticos, el sabio francés Descartes (1596-1650) inventó un aparato.

Un recipiente alto de vidrio (vasija) se llenaba de agua, dejando en su parte superior un pequeño volumen de aire. En este recipiente se sumergía una pequeña figura hueca de vidrio. Ésta se llenaba parcialmente de agua y, en parte, de aire, de forma que ella sólo saliera un poco del agua. Por su parte superior, el recipiente se tapaba herméticamente con un trozo de cuero fino. Al apretar sobre éste se podía, a su deseo, obligar a la figura a flotar dentro del agua, en su superficie e incluso a hundirse.

Haced semejante aparato y con él realizad experimentos. La figura puede ser sustituida por un flotador y el trozo de cuero, por una película de caucho (fig. 143).

Otra variante de dicho aparato está representada en la fig. 144. El aire se sopla a la botella con la boca por un tubo de goma.

Explicad el funcionamiento del aparato.

Demostrad en él la ley de Pascal, la fuerza de empuje y la ley de flotación de los cuerpos.

2. Leed al final del libro el párrafo 8. "Leyenda de Arquímedes".

57.

Flotación de los barcos

Los barcos que navegan por los ríos, lagos y mares, están contruidos de materiales diferentes, de distintas densidades.

Por regla, el casco de los barcos se hace de chapas de acero. Todos los refuerzos internos, que proporcionan a los barcos su solidez, también se fabrican de metal. Durante la construcción del barco, son utilizados decenas de otros materiales, que tienen mayor o menor densidad que el agua.

¿A qué se debe que los barcos flotan en el agua, son capaces de tomar a bordo y transportar grandes cargas?

Como hemos visto en el experimento con el cuerpo flotante (§ 56), éste desaloja con su parte sumergida una cantidad de agua, cuyo peso es igual al del cuerpo en el aire. Esto es justo para todo barco. *El peso del agua, desalojada por la parte submarina del barco, es igual al peso en el aire del barco con la carga o bien a la fuerza de la gravedad a que está sometido el barco.*

La profundidad a la que se sumerge el barco en el agua, recibe el nombre de calado. El mayor calado tolerable está marcado en el casco del barco con una línea roja, llamada línea de flotación. El peso del agua que desaloja el barco durante su sumersión hasta la línea de flotación, igual a la fuerza de la gravedad, a la que está sometido el barco junto con la carga, recibe el nombre de desplazamiento del barco.



La motonave "Valerián Kuibishev" (desarrolla una velocidad hasta de 26 km/h).

En la actualidad, para transportar petróleo se construyen barcos hasta de 5000 000 kN, es decir, que junto con la carga tienen una masa de 500 000 t.

En la Unión Soviética hay muchos ríos navegables, grandes lagos y mares. Los canales, construidos en los años del Poder Soviético, han permitido unir entre sí cinco mares: el Negro, de Azov, el Caspio, el Báltico y el Blanco. La URSS sostiene grandes relaciones comerciales con los países extranjeros. El transporte acuático (marítimo) es el tipo más barato de aquél, sobre todo al transportar distintas mercancías. De año en año crecen las flotas fluviales y marítimas de la URSS.

¿ ?

1. ¿En qué se basa la flotación de los barcos?
2. ¿Qué se llama calado de un barco?
3. ¿Qué es la línea de flotación?
4. ¿Qué se llama desplazamiento de un barco?

Ejercicios
30

1. ¿Cómo varía el calado de un barco al pasar de un río al mar? Explicad la respuesta.
2. La fuerza de la gravedad ejercida sobre un barco es de 100 000 kN. ¿Qué volumen de agua desaloja este barco?

Tareas

1. En la fig. 145 están representados dos instrumentos que flotan en el agua, llamados aerómetros, utilizados para medir la densidad de los líquidos. En la fig. 145, a se muestra un aerómetro para medir la densidad de líquidos más ligeros que el agua, mientras que en la fig. 145, b, para líquidos más pesados que el agua. Con la cifra 1000 está designada la densidad del agua: $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$.
 - 1) Describid el funcionamiento de los instrumentos.
 - 2) De una probeta o palito de madera con trozos de plomo haced aerómetros para medir las densidades de líquidos más ligeros y más pesados que el agua.
2. Preparad una conferencia sobre el tema "Desde la canoa hasta una nave moderna de pasajeros".

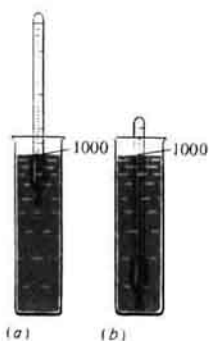


Fig. 145



Fig. 148

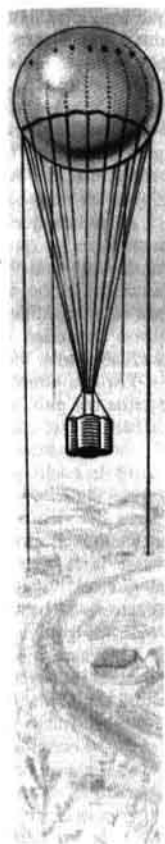


Fig. 146



Fig. 147



(b)

58. Aeronáutica

Desde tiempos remotos el hombre soñaba con la posibilidad de volar sobre las nubes, navegar por el océano de aire como por el mar. Primeramente, para la aeronavegación se utilizaban globos (fig. 146).

Con anterioridad, los globos se llenaban de aire caliente, en la actualidad, de *hidrógeno* o *helio*. A presión normal, 1 m^3 de hidrógeno pesa sólo $0,9 \text{ N}$; de helio, $1,8 \text{ N}$; mientras que 1 m^3 de aire pesa 13 N . De esto se desprende

que un globo lleno de hidrógeno de 1 m^3 de volumen estará sometido en el aire a una fuerza de empuje igual al peso de 1 m^3 de aire, es decir, 13 N y, por lo tanto, este globo es capaz de elevar una carga de un peso igual a $13 \text{ N} - 0,9 \text{ N} = 12,1 \text{ N}$. La diferencia entre el peso de 1 m^3 de aire y el peso de ese mismo volumen de gas, recibe el nombre de fuerza ascensional de 1 m^3 de gas. Por consiguiente, la fuerza ascensional de 1 m^3 de hidrógeno es igual a $12,1 \text{ N}$, la de 1 m^3 de helio, a $13 \text{ N} - 1,8 \text{ N} = 11,2 \text{ N}$. La fuerza ascensional del hidrógeno es mayor que la del helio, pero para llenar los globos es más cómodo el segundo, ya que es menos peligroso.

A medida que el globo asciende, la fuerza ascensional que sobre él actúa, disminuye, ya que la densidad del aire en las capas altas de la atmósfera es menor que junto a la superficie de la Tierra. Para subir a mayor altura, se lanza del globo el lastre (se arroja la arena de los sacos), tomado a bordo con este fin, aligerando de este modo el propio globo. Tarde o temprano, el globo alcanzará su altura de elevación límite. Para el descenso del globo, mediante una válvula especial se libera parte del gas de su envoltorio.

Para la investigación de las capas altas de la atmósfera, en diversos puntos del país, se lanzan diariamente pequeños globos sondas de $1-2 \text{ m}$ de diámetro, que ascienden a una altura de $35-40 \text{ km}$. Estos globos se equipan con instrumentos muy ligeros, que por radio envían señales acerca de la altura de vuelo, presión, temperatura y humedad del aire. Según la dirección y velocidad de vuelo del globo, es posible juzgar sobre la dirección y la fuerza del viento a diferentes alturas. La información recibida con ayuda de semejantes globos sondas es de suma importancia para pronosticar el tiempo (véase la lámina en colores IV).

Con el fin de investigar la capa superior de la atmósfera, es decir, la estratosfera, hasta hace poco aún se utilizaban enormes globos de un volumen igual a $20\,000-30\,000 \text{ m}^3$, llamados *estratóstatos*.

Una ascensión récord fue realizada en la URSS en 1934. Los audaces aeronautas soviéticos Fedoséyenko, Vásenko y Usiskin alcanzaron una altura de 22 km en el estratóstato "Osoviajim-1". No obstante, al descender el globo sufrió una avería en la que perecieron los héroes-aeronautas.

En la actualidad, el tipo principal de transporte aéreo son los aviones. Éstos son más pesados que el aire, su ascensión y vuelo están basados en las leyes de la naturaleza que estudiaréis en los grados más altos del colegio.

- Ejercicios
31
1. Sobre una balanza está equilibrada una botella dentro de la cual hay aire comprimido. Por el tapón de la botella pasa un tubo de vidrio provisto de un grifo, en cuyo extremo exterior está atado un globo desinflado (fig. 147, a). Si parte del aire de la botella pasa al globo y lo infla (fig. 147, b), el equilibrio de la balanza se altera. Realizad en clase este experimento. Explicad el fenómeno observado.
 2. En una balanza está equilibrado un balón de vidrio. Si colocamos la balanza bajo la campana de una bomba de aire y de ella se extrae el aire, el equilibrio de la balanza se perturba (fig. 148). ¿Por qué?

- Tareas
- Preparad conferencias sobre los siguientes temas:
- 1) Historia del desarrollo de la navegación aérea.
 - 2) Estructura del dirigible y su utilización.

59. Trabajo mecánico. Unidad de trabajo

En la vida cotidiana llamamos "trabajo" a toda labor útil del obrero, ingeniero, científico o estudiante.

En física, el concepto de trabajo es algo diferente, a saber, es una magnitud física determinada para cuya medición utilizamos unidades especiales. En física se estudia, ante todo, el *trabajo mecánico*.

Examinemos ejemplos de trabajo mecánico.

Al elevar una piedra con las manos, el trabajo mecánico es realizado por la fuerza muscular de los brazos.

Un tren se mueve sometido a la fuerza de tracción de la locomotora eléctrica, con ello es empleado trabajo mecánico.

Cuando disparamos una escopeta, la fuerza de la presión de los gases de la pólvora efectúa trabajo, desplaza la bala a lo largo del cañón, con lo cual la velocidad de ésta aumenta.

También tropezamos con el trabajo mecánico cuando la fuerza ejercida sobre el cuerpo (por ejemplo, la de rozamiento) reduce la velocidad de su movimiento.

De estos ejemplos se deduce que el trabajo mecánico se realiza cuando el cuerpo se mueve bajo la acción de una fuerza.

Un cuerpo inmóvil, suspendido de una cuerda, está sometido al efecto de la fuerza de la gravedad, pero el cuerpo no se mueve, por lo que en este caso no se realiza trabajo mecánico. Cuando queremos mover un armario presionamos sobre él con cierta fuerza, pero si con ello el armario no se desplaza, quiere decir que no realizamos trabajo mecánico. Si al aplicar una fuerza no hay movimiento, tampoco habrá trabajo.

Mentalmente podemos imaginarnos el caso, en que el cuerpo se mueve sin haber fuerzas (por inercia). En este caso, tampoco se realiza trabajo. No puede haber trabajo, si sobre el cuerpo no está aplicada una fuerza.

Así, pues, el trabajo mecánico sólo se realiza cuando sobre el cuerpo está aplicada una fuerza y él está en movimiento.

En adelante, al hablar del trabajo mecánico, lo denominaremos para abreviar, con una sola palabra, trabajo.

Es de suma importancia saber calcular el trabajo. Con facilidad comprendemos que el trabajo realizado depende de la fuerza y la longitud del recorrido.

Supongamos que hemos elevado una carga de 1 kg de masa a 1 m de altura. Para ello tuvimos que aplicar una fuerza de 9,8 N. Con ello realizamos determinado trabajo. Para subir a esa misma altura una carga de 5 kg de masa, deberemos aplicar una fuerza 5 veces mayor. El trabajo realizado en tal caso también será 5 veces mayor. En realidad, el trabajo para levantar una carga de 5 kg de masa a 1 m de altura, es lo mismo que subir 5 veces una carga de 1 kg de masa a 1 m de altura.

Subamos ahora una carga de 1 kg de masa no a 1 m, sino que a 3 m. El trabajo realizado en el transcurso del primero, segundo y tercer metro será

evidentemente el mismo. Por lo tanto, el trabajo realizado para subir la carga a 3 m será 3 veces mayor que el realizado para elevarla a 1 m.

Los ejemplos examinados, nos muestran que el trabajo mecánico es razón directa de la fuerza y de la longitud del recorrido. Por esta razón, se ha convenido medir el trabajo mecánico como el producto de la fuerza por la distancia recorrida en dirección de la fuerza:

$$\text{trabajo} = \text{fuerza} \times \text{recorrido} \quad \text{o bien} \quad A = Fs,$$

donde A es el trabajo; F , la fuerza; s , el recorrido.

Tomamos como unidad de trabajo el realizado por una fuerza de 1 N en el transcurso de un recorrido de 1 m. Esta unidad de trabajo recibió el nombre de julio (se designa J) en honor del sabio inglés JAMES PRESCOTT JOULE, que verificó importantes experimentos para las ciencias, con el fin de medir el trabajo.

$$1 \text{ julio} = 1 \text{ newton} \times 1 \text{ metro} \quad \text{o bien}$$

$$1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot \text{m}. \quad 100 \text{ J} = 1 \text{ kJ}.$$

EJEMPLO 1. Al arar, un tractor arrastra el arado con una fuerza de 10000 N. ¿Qué trabajo se realiza con ello por un recorrido de 200 m?

Datos:

$$F = 10000 \text{ N}$$

$$s = 200 \text{ m}$$

$A = ?$

Solución:

$$A = Fs.$$

$$A = 10000 \text{ N} \cdot 200 \text{ m} = \\ = 2000000 \text{ J} = 2 \cdot 10^6 \text{ J}.$$

EJEMPLO 2. Calcular el trabajo realizado al subir una losa de mármol de $0,5 \text{ m}^3$ de volumen a 20 m de altura. La densidad del mármol es 2500 kg/m^3 .

Datos:

$$V = 0,5 \text{ m}^3$$

$$\rho = 2500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$h = 20 \text{ m}$$

$A = ?$

Solución:

$$A = Fs,$$

donde F es la fuerza de la gravedad que actúa sobre la losa, que puede ser determinada con la masa de la plancha, conociendo su volumen y la densidad del mármol:

$$m = \rho V;$$

$s = h$, es decir, la altura de elevación.

$$\text{Así, pues, } m = 2500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 0,5 \text{ m}^3 = 1250 \text{ kg}.$$

$$F = 9,8 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 1250 \text{ kg} = 12250 \text{ N},$$

$$A = 12250 \text{ N} \cdot 20 \text{ m} = 245000 \text{ J} = 245 \text{ kJ}.$$

¿ ?

1. ¿Qué dos condiciones son necesarias para realizar el trabajo mecánico?

2. ¿De qué dos magnitudes depende el trabajo realizado?
3. ¿Qué se toma como unidad de trabajo?
4. Dad la definición de la unidad de trabajo I J.

Ejercicios
32

1. ¿En cuáles de los casos enumerados más abajo se realiza trabajo mecánico? : un niño sube a un árbol; una niña toca el piano; un hombre está parado con un saco de grano en la espalda; un obrero presiona la puerta con el hombro; el agua presiona contra la pared de un recipiente.
2. Por una superficie de hielo, lisa y horizontal, rueda una bola de acero. Supongamos que no hay resistencia al movimiento de la bola (rozamiento por el hielo, resistencia del aire). ¿Se realiza en este caso trabajo?
3. Mediante una grúa subieron una carga de 2500 kg de masa a una altura de 12 m. ¿Qué trabajo se ha realizado?
4. ¿Qué trabajo se efectúa al elevar un martillo hidráulico de 20 t de masa a una altura de 120 cm?
5. Una locomotora eléctrica desplaza un tren de 3000 t de masa por una vía horizontal de 5 km de longitud. Determinar el trabajo invertido en dicho sector del recorrido, si la fuerza de rozamiento constituye 0,003 del peso del tren.

Tareas

1. Calcular el trabajo que realizáis al subir uniformemente del primero al segundo piso del colegio. Todos los datos necesarios deben ser obtenidos por vosotros mismos. Anotar el resultado en el cuaderno.
2. Calcular el trabajo que realizáis al recorrer uniformemente una distancia de 1 km por un camino horizontal. Anotar el resultado en el cuaderno.

Indicación. Un hombre en movimiento uniforme por un camino liso horizontal, realiza, aproximadamente 0,05 del trabajo requerido para elevar a ese hombre a una altura igual a la longitud del recorrido.

60. Potencia. Unidades de potencia

Para efectuar un mismo trabajo, diferentes motores necesitan distinto tiempo. Por ejemplo, una grúa eleva en una obra de construcción varias centenas de ladrillos al piso más alto en el transcurso de unos cuantos minutos. Si esa misma cantidad de ladrillos fuera transportada por un obrero, éste necesitaría para ello una jornada entera de trabajo. Otro ejemplo. Una hectárea de tierra puede ser arada por un caballo durante 10-12 h, mientras que un tractor con arado de múltiples surcos verifica ese mismo trabajo en 40-50 minutos.

Está claro que un mismo trabajo es realizado con mayor rapidez por la grúa que por el obrero, por el tractor que por el caballo. La rapidez de realización del trabajo se caracteriza en técnica por una magnitud especial, llamada potencia.

La potencia es igual a la razón entre el trabajo y el tiempo, durante el que éste fue realizado.

Para calcular la potencia, hay que dividir el trabajo por el tiempo invertido para realizar dicho trabajo:

$$\text{potencia} = \frac{\text{trabajo}}{\text{tiempo}} \quad \text{o bien} \quad N = \frac{A}{t}$$

donde N es la potencia; A , el trabajo; t , el tiempo para realizar éste.

Por unidad de potencia se toma aquella con la que en 1 s es realizado un trabajo de 1 J.

Esta unidad recibe el nombre de vatio (se designa W) en honor del sabio inglés JAMES WATT, inventor de la máquina de vapor.

Así, pues,

$$1 \text{ vatio} = \frac{1 \text{ julio}}{1 \text{ segundo}} \text{ o bien } 1 \text{ W} = 1 \frac{\text{J}}{\text{s}}.$$

En la técnica son utilizadas extensamente unidades mayores de potencia, es decir, el kilovatio (kW) y el megavatio (MW):

$$1 \text{ kW} = 1000 \text{ W}; \quad 1 \text{ MW} = 1\,000\,000 \text{ W}.$$

EJEMPLO. Calcular la potencia de una corriente de agua que fluye por una presa, si la altura de la caída del agua es de 25 m y su caudal 120 m³ por minuto.

Datos:

$$h = 25 \text{ m}$$

$$V = 120 \text{ m}^3$$

$$\rho = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$t = 60 \text{ s}$$

$$g = 9,8 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$$

$N = ?$

Solución:

La masa del agua que cae:

$$m = \rho V,$$

$$m = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 120 \text{ m}^3 = 120\,000 \text{ kg}.$$

La fuerza de la gravedad ejercida sobre el agua:

$$F = gm,$$

$$F = 9,8 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 120\,000 \text{ kg} \approx 1\,200\,000 \text{ N}.$$

El trabajo realizado por la corriente de agua por minuto:

$$A = Fh,$$

$$A = 1\,200\,000 \text{ N} \cdot 25 \text{ m} = 30\,000\,000 \text{ J}.$$

La potencia de la corriente: $N = \frac{A}{t}$;

$$N = \frac{30\,000\,000 \text{ J}}{60 \text{ s}} = 500\,000 \text{ W} = 0,5 \text{ MW}.$$

Diferentes motores tienen una potencia desde centésimas y décimas de kilovatio (el motor de las maquinillas eléctricas de afeitar, de la máquina de coser) hasta centenas de miles de kilovatios (turbinas de agua y vapor) (véase la tabla 5). En cada motor hay una etiqueta (pasaporte técnico del motor) en la que se indican algunos de sus datos, entre ellos, la potencia.

Tabla 5

POTENCIA DE ALGUNOS MOTORES, kW

Automóvil "Volga"	72	Rompehielos atómico "Lenin"	32 500
Locomotora Diesel	3000	Rompehielos atómico "Ártica"	55 200
Locomotora eléctrica	4000	Cohete cósmico	20 000 000

Por término medio, en condiciones normales de trabajo, la potencia del hombre es igual a 70–80 W. Al saltar, al subir corriendo por la escalera, el hombre puede desarrollar una potencia hasta de 730 W y en casos aislados, aún mayor.

Conociendo la potencia del motor, es posible calcular el trabajo que éste realiza en el transcurso de cierto intervalo de tiempo. De la fórmula $N = A/t$, sigue que

$$A = Nt.$$

EJEMPLO. La potencia del motor de un ventilador doméstico es de 35 W. ¿Qué trabajo efectúa durante 10 minutos?

Datos:

$$N = 35 \text{ W}$$

$$t = 10 \text{ min} = 600 \text{ s}$$

$A = ?$

Solución:

$$A = Nt,$$

$$A = 35 \text{ W} \cdot 600 \text{ s} = 21\,000 \text{ W} \cdot \text{s} = 21\,000 \text{ J} = 21 \text{ kJ}.$$

¿ ?

1. ¿Qué muestra la potencia?
2. ¿Cómo calcular la potencia, conociendo el trabajo y el tiempo?
3. ¿Cómo se llama la unidad de potencia?
4. ¿Qué unidades de potencia se utilizan en técnica?
5. ¿Cómo se puede calcular el trabajo, conociendo la potencia y el tiempo de funcionamiento?

Ejercicios
33

1. Desde una presa de 22 m de altura caen 500 t de agua durante 10 minutos. ¿Qué potencia se desarrolla en este caso?
2. ¿Cuál es la potencia de un hombre al andar, si durante 2 h da 10 000 pasos y con cada paso realiza 40 J de trabajo?
3. ¿Qué trabajo desarrolla un motor de 100 kW de potencia durante 20 minutos?
4. Un transportador eleva, en el transcurso de 1 h, 30 m³ de arena a una altura de 6 m. Determinad la potencia del motor necesaria para verificar este trabajo. La densidad de la arena es 1500 kg/m³.

Tareas

1. Calculad la potencia que desarrolláis al subir uniformemente, con lentitud y rapidez, desde el primer piso al segundo o tercero del colegio. Todos los datos necesarios obtenedlos por vuestra cuenta.
2. De acuerdo con el pasaporte técnico estableced la potencia de los electromotores en los tornos y las taladradoras del taller del colegio.
3. Estableced para que potencia están calculados los motores de los automóviles y tractores que conocéis.
4. Preparad una conferencia sobre el tema "Potencia de diversos motores".

61. Mecanismos simples

Desde tiempos remotos, el hombre emplea diversos dispositivos para realizar el trabajo mecánico.

Todos sabemos que un objeto pesado (piedra, armario, máquina-herramienta) que directamente no puede ser movido, es desplazado con

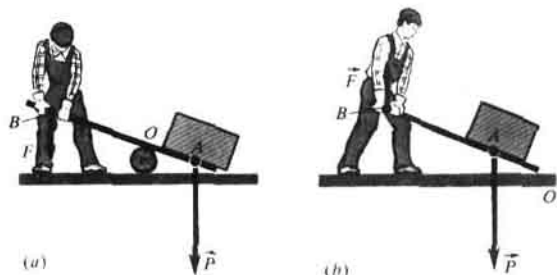


Fig. 149

ayuda de un palo, lo suficientemente largo y sólido, es decir, una palanca (fig. 149).

Tres mil años atrás, durante la construcción de las pirámides en el Antiguo Egipto, por medio de palancas desplazaban y elevaban a gran altura pesadas losas de piedra (fig. 150).

En muchos casos, en lugar de elevar una carga pesada a cierta altura, ésta se hace rodar a dicha altura por un plano inclinado (fig. 151) o bien con ayuda de una polea (fig. 152).

Los dispositivos empleados para transformar la fuerza reciben el nombre de mecanismos. Entre los mecanismos simples podemos enumerar: la palanca y sus diversidades—la POLEA y el CABRESTANTE o TORNO; el plano inclinado y sus variedades—la CUÑA y el TORNILLO. En la mayoría de los casos, los mecanismos simples son utilizados para obtener ganancia en la fuerza, o sea, aumentar varias veces la fuerza ejercida sobre el cuerpo.

En todas las máquinas domésticas y en las más complicadas instalaciones en las fábricas, aquellas que cortan, torsionan y estampan grandes chapas de acero o que estiran finísimos hilos, para la producción de tejidos, hay mecanismos simples. Podemos ver también dichos mecanismos en

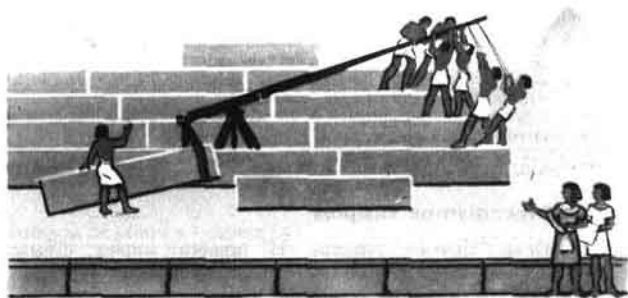


Fig. 150

complicadas máquinas automáticas, en las máquinas de imprimir y de calcular modernas.

Conociendo el funcionamiento de los mecanismos simples, es más fácil comprender la estructura de máquinas complicadas.

¿ ?

1. ¿Qué se llama mecanismo simple?
2. ¿Para qué se emplean los mecanismos simples?
3. ¿Qué mecanismo simple se empleaba en Egipto durante la construcción de las pirámides?

62.

Palanca. Equilibrio de fuerzas en la palanca

La palanca es un cuerpo sólido que puede girar alrededor de un apoyo inmóvil.

En la fig. 149 se muestra cómo un obrero, para elevar una carga, emplea en calidad de palanca una barra de hierro. En el primer caso (a), el obrero con la fuerza F aprieta sobre el extremo de la barra B hacia abajo, en el segundo (b), eleva el extremo B .

El obrero tiene que vencer el peso de la carga P , es decir, una fuerza dirigida verticalmente hacia abajo. Con este fin, él hace girar la barra alrededor del eje de su único punto *inmóvil*, o sea, del punto de apoyo O de la barra. La fuerza F con la que el obrero actúa sobre la palanca, en uno y otro caso, es menor que la fuerza P , es decir, como suelen decir, el obrero obtiene ganancia en la fuerza. Así, pues, con ayuda de una palanca es posible elevar una carga tan pesada que sin ella sería imposible de elevar.

En la fig. 153 se muestra una palanca, cuyo eje de rotación O (punto de apoyo) está situado entre los puntos de aplicación de las fuerzas A y B , en la fig. 154 vemos el esquema de esta palanca. Las dos fuerzas F_1 y F_2 , ejercidas sobre la palanca, están dirigidas en una misma dirección.

La distancia más corta entre el punto de apoyo y la recta a lo largo de la cual actúa la fuerza sobre la palanca, recibe el nombre de brazo de la fuerza.

Con objeto de hallar el brazo de la fuerza, desde el punto de apoyo hay que bajar una perpendicular hasta la línea de acción de la fuerza. La longitud de dicha perpendicular será, precisamente, el brazo de dicha fuerza. En la fig. 154 vemos que OA es el brazo de la fuerza F_1 ; OB , el de la fuerza F_2 .

Las fuerzas, que actúan sobre la palanca, pueden hacerla girar alrededor del eje en dos direcciones: en sentido horario o antihorario. Por ejemplo, la fuerza F_1 (fig. 153) hace girar la palanca en sentido horario, mientras que la fuerza F_2 , en sentido antihorario.

En un experimento podemos establecer la condición con la que la palanca se halla en equilibrio, bajo la acción de las fuerzas aplicadas a ella. Con esto, hay que recordar, que el resultado de la acción de la fuerza, no sólo depende de su valor numérico (módulo), sino también del punto donde ella está aplicada en el cuerpo, así como de su dirección.

De la palanca (fig. 153), por los dos lados del punto de apoyo, se suspenden diversas cargas de forma que cada vez la palanca quede en equilibrio. Las fuerzas ejercidas sobre ella son iguales al peso de dichas cargas. En cada



Fig. 151

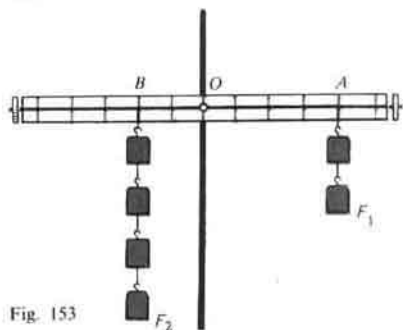


Fig. 153

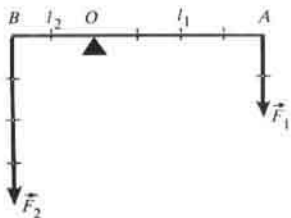


Fig. 154



Fig. 152

caso, se miden los módulos de las fuerzas y sus brazos. En la fig. 153 se muestra que la fuerza de 2 N está equilibrada por la fuerza de 4 N. En este caso, como vemos en la figura, el brazo de la fuerza menor es dos veces más largo que el de la mayor.

Basándose en estos experimentos fue establecida la condición (regla) de equilibrio de la palanca: una palanca está en equilibrio cuando las fuerzas a las que está sometida son inversamente proporcionales a los brazos de estas fuerzas.

Esta regla puede ser escrita en forma de la expresión

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{l_2}{l_1},$$

donde F_1 y F_2 son las fuerzas que actúan sobre la palanca; l_1 y l_2 , los brazos de estas fuerzas (fig. 154).

La regla de equilibrio de la palanca fue establecida por Arquímedes.

De esta regla vemos que con una fuerza menor, con ayuda de una palanca, podemos equilibrar una fuerza mayor, para lo cual sólo es necesario elegir brazos de determinada longitud. Por ejemplo, en la fig. 149, *a* un brazo se ha tomado 2 veces mayor que el otro. Es decir, aplicando en el punto *B*, por ejemplo, una fuerza de 400 N, el obrero puede levantar una piedra de 800 N, es decir, de 80 kg de masa. Para elevar una carga aún más pesada, hay que aumentar el brazo de la palanca sobre el que aprieta el obrero.

EJEMPLO. ¿Qué fuerza será necesaria (sin contar el rozamiento) para elevar con una palanca una piedra de 240 kg de masa? El brazo de la fuerza es 2,4 m, el brazo de la fuerza de la gravedad, ejercida sobre la piedra, 0,6 m.

Datos:

$$m = 240 \text{ kg}$$

$$g = 9,8 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$$

$$l_1 = 2,4 \text{ m}$$

$$l_2 = 0,6 \text{ m}$$

$F = ?$

Solución:

Según la regla de equilibrio de la palanca

$$\frac{F}{P} = \frac{l_2}{l_1}, \text{ de donde}$$

$$F = P \frac{l_2}{l_1}.$$

El peso de la piedra $P = gm$,

$$P = 9,8 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 240 \text{ kg} \approx 2400 \text{ N}.$$

Entonces

$$F = 2400 \text{ N} \cdot \frac{0,6 \text{ m}}{2,4 \text{ m}} = 600 \text{ N}.$$

¿ ?

1. ¿Qué representa en sí una palanca?
2. ¿Qué llamamos brazo de una fuerza?
3. ¿Cómo se halla el brazo de una fuerza?
4. ¿Qué acción ejerce la fuerza sobre la palanca?
5. ¿En qué consiste la regla de equilibrio de una palanca?
6. ¿Quién estableció la regla de equilibrio de la palanca?

Tareas

1. Colocad debajo de la mitad de la regla un pequeño apoyo de forma que ésta se encuentre en equilibrio. Equilibrad en la palanca obtenida monedas de 5 y 1 kopeks. Medid los brazos de las fuerzas y comprobad la condición de equilibrio de la palanca. Repetid el trabajo con monedas de 2 y 3 kopeks.

Haciendo uso de esta palanca determinad la masa de una caja de cerillas.

Observación. Las monedas de 1, 2, 3 y 5 kopeks tienen masas de 1, 2, 3 y 5 g, respectivamente.

63.

Las palancas en la técnica, la vida cotidiana y la naturaleza

La regla de la palanca es la base del funcionamiento de diversos géneros de instrumentos y dispositivos, utilizados en la técnica y la vida cotidiana, allí donde se requiere ganancia en la fuerza o el recorrido.

Cuando trabajamos con las tijeras, ganamos en fuerza. LAS TIJERAS EN ESENCIA SON UNA PALANCA (fig. 155), cuyo eje de rotación pasa por el tornillo que une las dos mitades de las tijeras. La fuerza de acción F_1 es la fuerza muscular de la mano del hombre que aprieta las tijeras; la fuerza de reacción, F_2 , es la resistencia del material que se corta con las tijeras. En dependencia del destino de éstas, su estructura es diferente. Las tijeras de oficina, destinadas a cortar papel, tienen largas cuchillas y mangos de casi igual longitud, ya que para cortar papel no se necesita aplicar gran esfuerzo y con cuchillas largas es más cómodo cortar en línea recta. Las tijeras para cortar chapas de metales (fig. 156) tienen los mangos mucho más largos que las cuchillas, ya que la fuerza de resistencia del metal es grande y para equilibrarla, el brazo de la fuerza de acción se tiene que aumentar considerablemente. Aún es mayor la diferencia entre la longitud de los mangos y la distancia desde el eje de rotación hasta la parte cortante en las TENAZAS (fig. 157), destinadas a cortar alambre.

En muchas máquinas hay palancas de diferente tipo. La manivela de la máquina de coser, los pedales o el freno de mano de una bicicleta, los pedales en automóviles y tractores, las teclas de la máquina de escribir y del



Fig. 155



Fig. 156



Fig. 157

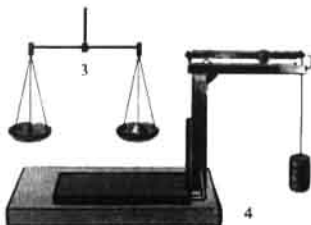


Fig. 158. Tipos de balanzas: 1—de médico; 2—comerciales de sobremesa; 3—de farmacia; 4—decimal.

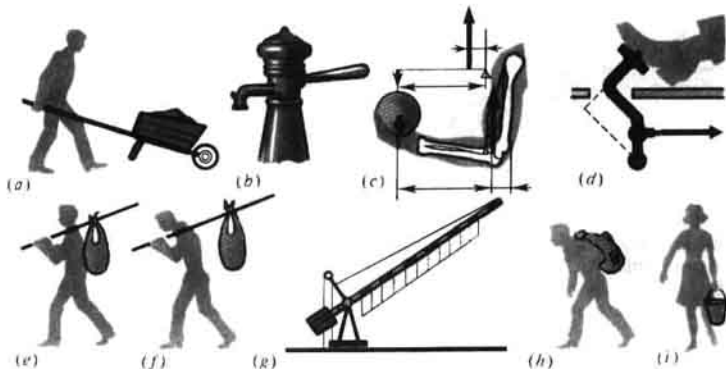


Fig. 159

piano, todos son ejemplos de palancas, utilizadas en las indicadas máquinas y herramientas.

También es posible hallar ejemplos de aplicación de la palanca en el taller escolar: las manecillas del tornillo de mordazas, la palanca de la taladradora, etc.

Sobre el principio de la palanca se basa el funcionamiento de la balanza de brazos (fig. 158). La balanza escolar representada en la fig. 43 (pág. 48) funciona como una *palanca de brazos iguales*. En la balanza decimal (fig. 158, 4) la longitud del brazo, del que está suspendido el platillo con las pesas, es 10 veces mayor que la del brazo que lleva la carga. Esto facilita considerablemente el pesaje de grandes cargas. Cuando se pesa la carga en la balanza decimal, la masa de las pesas debe ser multiplicada por 10.

La estructura de la balanza para pesar vagones de carga, automóviles y carros, también está basada sobre las leyes de la palanca.

Asimismo, tropezamos con la palanca en diversas partes del cuerpo de los animales y del hombre. Por ejemplo, las extremidades, las mandíbulas. Muchas palancas se pueden indicar en el cuerpo de los insectos, las aves, en la estructura de las plantas. Una palanca típica es el tronco del árbol y su continuación, las raíces.

En la fig. 159, c se muestran los huesos del antebrazo.



Fig. 160



Fig. 161

El punto de apoyo se encuentra en la coyuntura cubital. La fuerza de acción F es la fuerza de los músculos del antebrazo, la fuerza de resistencia R , la fuerza de la gravedad de la carga que se sujeta con la mano. La fuerza F está aplicada más cerca del punto de apoyo que la fuerza R (véase la fig. 159, c). Por consiguiente, $F > R$, es decir, la palanca ofrece pérdida en la fuerza, pero ganancia en el recorrido.

¿ ?

1. Aducid ejemplos de aplicación de la palanca en la vida cotidiana, en la técnica y en el taller escolar.
2. Explicad por qué las tenazas proporcionan ganancia en la fuerza.

Ejercicios
34

1. Indicad el punto de apoyo y los brazos de fuerza en las palancas representadas en la fig. 159. ¿Con qué posición de la carga (e , f) el palo empleado para transportar ésta, aprieta menos sobre el hombro? Fundamentad la respuesta.
2. Explicad cómo actúa el remo en calidad de palanca (fig. 160).
3. En la fig. 161 se muestra una válvula de seguridad¹⁾. Calculad qué carga hay que suspender de la palanca para que por la válvula no salga el vapor. La presión en la caldera es 12 veces mayor de la atmosférica normal. El área de la válvula $S = 3 \text{ cm}^2$. El peso de la válvula y de la palanca no se toman en consideración. Los brazos se miden en la figura. ¿Hacia dónde hay que desplazar la carga si aumenta la presión del vapor en la caldera? ¿Si disminuye? Fundamentad la respuesta.
4. En la fig. 162 está representado el esquema de una grúa. Calculad qué carga se puede elevar con esta grúa, si la masa del contrapeso es de 1000 kg.

¹⁾ LA VÁLVULA DE SEGURIDAD es un dispositivo especial que, por ejemplo, abre el orificio de la caldera de vapor, cuando en ella la presión de éste crece hasta valores mayores que los normales.

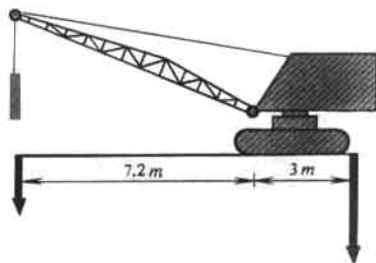


Fig. 162

- Tareas
1. Examinad la estructura de los alicates (o de las tenazas, tenacitas para cortar azúcar, tijeras de hojalatero). Hallad en ellos el eje de rotación, el brazo de la fuerza de resistencia y el de la fuerza de acción. Calculad qué ganancia en la fuerza proporcionan dichas herramientas.
 2. Examinad en vuestra casa las máquinas y herramientas domésticas: la picadora de carne, la máquina de coser, el cuchillo para abrir latas de conservas, las tenazas, etc. En dichos mecanismos indicad el punto de apoyo, los puntos de aplicación de las fuerzas, los brazos.
 3. Preparad una conferencia sobre el tema "Palancas en los organismos del hombre, los animales y los insectos".

64. Aplicación a la polea de la ley de equilibrio de la palanca

La polea es una rueda acanalada, fijada sobre un cojinete o cadena.

Recibe el nombre de polea fija aquella cuyo eje al elevar cargas no se eleva ni desciende (fig. 164).

La polea fija puede ser considerada como una palanca de brazos iguales, cuyos brazos de fuerza son idénticos al radio de la rueda (fig. 165): $OA = OB = r$. Semejante polea no proporciona ganancia en la fuerza ($P = F$), pero permite variar la dirección de la fuerza.

En la fig. 166 vemos una polea móvil (el eje de ésta sube y baja junto con la carga) y en la fig. 167, la palanca que a ella corresponde: O es el punto de apoyo de la palanca; OA , el brazo de la fuerza P y OB , el de la fuerza F . Como el brazo OB es 2 veces mayor que el brazo OA , la fuerza F es 2 veces menor que P

$$F = \frac{P}{2}.$$

Así, pues, la polea móvil ofrece una ganancia doble de fuerza.

Por lo general, en la práctica se utiliza una combinación de una polea fija y una móvil (fig. 168).

En la fig. 169 se muestra la aplicación de la polea móvil (1) y de las fijas (2, 3) en una grúa automotriz.

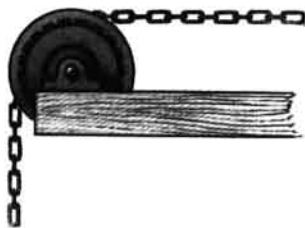


Fig. 163



Fig. 164

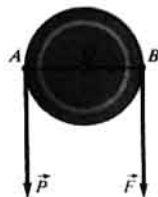
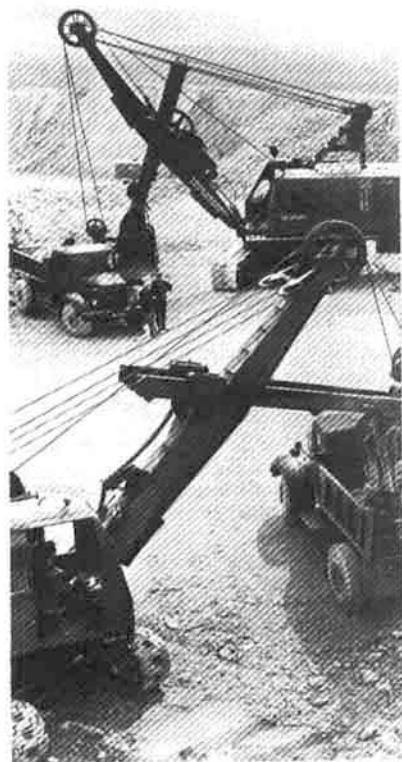


Fig. 165



Grúa autopropulsada.



Fig. 166

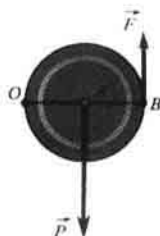


Fig. 167



Fig. 168

¿ ?

1. ¿Qué polea recibe el nombre de fija y cuál se llama móvil?
2. ¿Con qué fin se utiliza la polea fija?
3. ¿Qué ganancia en fuerza proporciona la polea móvil?
4. ¿Es posible considerar que las poleas fija y móvil son palancas?
5. Citad ejemplos que conocéis sobre la aplicación de las poleas en la práctica.

Tarea

Examinad las máquinas representadas en las fotografías (véanse las págs. 132, 133) e indicad los mecanismos simples que conocéis.



Grúa-automóvil.

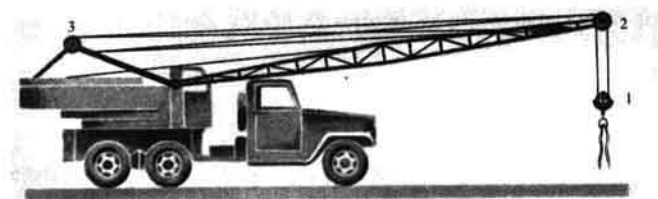


Fig. 169

65. Igualdad de trabajos al utilizar mecanismos simples. "Regla de oro" de la mecánica

Los mecanismos simples, que hemos examinado, se emplean al realizar trabajo en aquellos casos en que con el efecto de una fuerza hay que equilibrar otra.

Surge una pregunta lógica: ¿si los mecanismos simples ofrecen ganancia en fuerza o en recorrido, no ofrecerán también ellos ganancia de trabajo? La respuesta puede ser hallada en un experimento.

Al equilibrar en una palanca dos fuerzas diferentes en módulo cualesquiera F_1 y F_2 (fig. 170), la palanca se pone en movimiento. Con ello, resulta que en un mismo intervalo de tiempo, el punto de aplicación de la fuerza

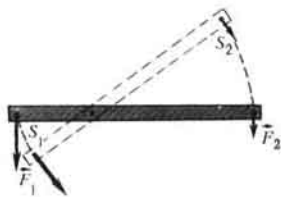


Fig. 170

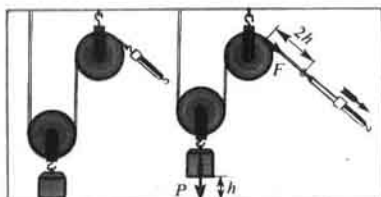


Fig. 171

menor F_2 recorre una distancia mayor s_2 , mientras que el punto de aplicación de la fuerza mayor F_1 , un recorrido menor s_1 . Si medimos dichos recorridos y los módulos de las fuerzas, hallaremos que las longitudes de las distancias recorridas, por los puntos de aplicación de las fuerzas en la palanca, son razón inversa de las fuerzas:

$$\frac{s_1}{s_2} = \frac{F_2}{F_1}.$$

De este modo, al actuar sobre el brazo largo de la palanca ganamos en la fuerza, pero con ello, ese mismo número de veces, perdemos en la longitud del recorrido.

El producto de la fuerza por el recorrido es igual al trabajo. Nuestros experimentos muestran que los trabajos verificados sobre los dos extremos de la palanca, son iguales:

$$F_1 s_1 = F_2 s_2,$$

es decir,

$$A_1 = A_2.$$

Así, pues, al hacer uso de una palanca no se obtiene ganancia de trabajo. Cuando hacemos uso de una palanca, podemos ganar en la fuerza o en el recorrido. Si aplicamos la fuerza al brazo largo, ganamos en la fuerza, pero el mismo número de veces perdemos en la distancia. Pero al aplicar la fuerza sobre el brazo corto de la palanca, ganamos en el recorrido, pero el mismo número de veces perdemos en la fuerza.

Existe una leyenda en la que se relata cómo Arquímedes, admirado por el descubrimiento de la regla de la palanca, exclamó: "Dadme un punto de apoyo y daré la vuelta a la Tierra".

Claro está que Arquímedes no hubiera podido realizar semejante tarea, incluso si le hubieran dado tanto el punto de apoyo, como la palanca de la longitud necesaria. Para elevar la Tierra nada más que 1 cm, el brazo largo de la palanca tendría que describir un arco de enorme longitud. Para desplazar el extremo largo de la palanca por dicho recorrido, por ejemplo, a una velocidad de 1 m/s, serían necesarios millones de años.

Tampoco proporciona ganancia en el trabajo la variedad de la palanca en forma de la puela móvil, de lo que podemos cerciorarnos en la práctica (véase

la fig. 165). Las distancias que recorren los puntos de apoyo de las fuerzas P y F son iguales, lo mismo que las fuerzas y, por lo tanto, también son iguales los trabajos.

También se pueden medir y comparar entre sí los trabajos realizados con ayuda de la polea móvil. Para elevar una carga a la altura h por medio de una polea móvil, es preciso que el extremo de la soga al que está fijado el dinamómetro, se desplace a una distancia $2h$, como lo muestra el experimento (fig. 171). Así, pues, *obteniendo una ganancia doble de fuerza, perdemos dos veces en recorrido*, por lo tanto, *la polea móvil no da ganancia de trabajo*.

La práctica de múltiples siglos nos muestra que ningún mecanismo proporciona ganancia de trabajo. Usamos diversos mecanismos con el fin de que en función de las condiciones de trabajo ganar en fuerza o recorrido.

Ya los científicos de la antigüedad conocían la regla aplicable a todos los mecanismos: lo que se gana en fuerza se pierde en recorrido. Esta frase recibió el nombre de "regla de oro" de la mecánica.

-
- ¿ ?
1. ¿Qué relación existe entre las fuerzas que actúan sobre la palanca y los brazos de dichas fuerzas (véase la fig. 154)?
 2. ¿Qué relación existe entre los recorridos realizados por los puntos de aplicación de las fuerzas en la palanca y dichas fuerzas?
 3. ¿Podemos obtener con una palanca ganancia en fuerza? ¿En qué se pierde entonces?
 4. ¿Cuántas veces se pierde en recorrido, haciendo uso de una polea móvil para subir cargas?
 5. ¿En qué consiste "la regla de oro" de la mecánica.
-

- Ejercicios
35
1. Con ayuda de una polea móvil, una carga se ha elevado a 1,5 m. ¿A qué longitud fue desplazado el extremo libre de la soga?
 2. Con una polea móvil se ha elevado una carga a 7 m de altura. ¿Qué trabajo realizó el obrero, si al extremo de la soga aplicó una fuerza de 160 N? ¿Qué trabajo realizará ese mismo obrero si sube esa carga a 7 m de altura sin polea? (El peso de la polea y la fuerza de rozamiento no se tienen en cuenta).
 3. ¿Cómo hay que emplear la polea para ganar en recorrido?
 4. ¿Cómo hay que unir entre sí poleas inmóviles y móviles, con el fin de obtener una ganancia en fuerza de 4 veces, de 6 veces?
-

Tarea

Demostred que el principio de igualdad de trabajos ("regla de oro" de mecánica) es aplicable a la máquina hidráulica. No hay que tomar en consideración el rozamiento entre los émbolos y las paredes de los recipientes.

Indicación. Para la demostración, haced uso de la figura 132. Cuando el pistón pequeño desciende a la distancia h_1 bajo la acción de la fuerza F_1 , éste desaloja cierto volumen de líquido. En esa misma magnitud aumenta el volumen del líquido debajo del pistón grande, que con ello asciende a la altura h_2 .

66. Rendimiento de un mecanismo

Al estudiar la estructura de la palanca, no tuvimos en cuenta ni el rozamiento, ni el peso de ella. En semejantes condiciones ideales, el trabajo, realizado por la fuerza aplicada (que en

adelante llamaremos trabajo total), es igual al trabajo útil para la elevación de las cargas o para vencer cierta resistencia.

En la práctica, el trabajo total realizado con cierto mecanismo siempre es algo mayor que el trabajo útil. Una parte del trabajo se realiza en contra de las fuerzas de rozamiento en el mecanismo y para el desplazamiento de sus partes aisladas. Por ejemplo, al utilizar una polea móvil, hay que realizar trabajo complementario para elevar la propia polea, la soga y para vencer la fuerza de rozamiento en el eje de la polea.

El trabajo útil, realizado por cualquier mecanismo que examinemos, siempre es sólo parte del trabajo total. Por consiguiente, si designamos el trabajo útil con la letra $A_{\text{útil}}$ y el total, con A , podemos escribir:

$$A_{\text{útil}} < A \text{ o bien } \frac{A_{\text{útil}}}{A} < 1.$$

La razón entre el trabajo útil y el trabajo total se llama rendimiento del mecanismo:

$$R = \frac{A_{\text{útil}}}{A}.$$

Por regla, el rendimiento se expresa en tanto por ciento:

$$R = \frac{A_{\text{útil}}}{A} \cdot 100\%.$$

Ejemplo. En el brazo corto de una palanca está suspendida una carga de 100 kg. Para elevarla, en el brazo largo fue aplicada una fuerza de 250 N. La carga se elevó a una altura de $h_1 = 0,08$ m. Con ello, el punto de aplicación de la fuerza motriz descendió a una altura $h_2 = 0,4$ m. Hallar el rendimiento de la palanca.

<p><i>Datos:</i></p> <p>$m = 100$ kg</p> <p>$g = 9,8 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$</p> <p>$F = 250$ N</p> <p>$h_1 = 0,08$ m</p> <p>$h_2 = 0,4$ m</p> <hr/> <p>$R = ?$</p>	<p><i>Solución:</i></p> $R = \frac{A_{\text{útil}}}{A} \cdot 100\%$ <p>Trabajo total $A = Fh_2$.</p> <p>Trabajo útil $A_{\text{útil}} = Ph_1$.</p> <p>$P = gm$</p>	<p>$P = 9,8 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 100 \text{ kg} \approx$</p> <p>$\approx 1000$ N.</p> <p>$A_{\text{útil}} = 1000 \text{ N} \cdot 0,08 \text{ m} =$</p> <p>$= 80$ J.</p> <p>$A = 250 \text{ N} \cdot 0,4 \text{ m} = 100$ J.</p> <p>$R = \frac{80 \text{ J}}{100 \text{ J}} \cdot 100\% = 80\%$.</p>
---	---	---

- ¿?
1. ¿Qué trabajo se denomina útil y cuál total?
 2. ¿Por qué, al utilizar mecanismos para elevar cargas y vencer otras resistencias, el trabajo útil no es igual al total?
 3. ¿Qué es el rendimiento de un mecanismo?

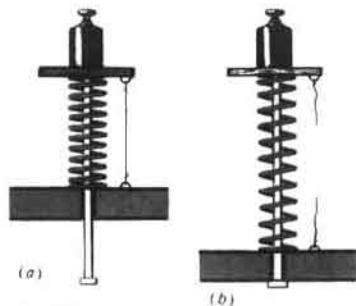


Fig. 172



Fig. 173

4. ¿Puede ser el rendimiento mayor que la unidad? Fundamentad la respuesta.

67. Energía

Para que puedan trabajar en las fábricas las máquinas herramientas y otras instalaciones, su movimiento es animado por electromotores, que con ese fin consumen energía eléctrica.

Los automóviles y aviones, las locomotoras Diesel y las motonaves, funcionan consumiendo la energía del combustible que se quema; las turbinas hidráulicas, la energía del agua que cae desde cierta altura. Nosotros mismos, para vivir y trabajar debemos, periódicamente, renovar nuestra reserva de energía.

En la vida cotidiana la palabra "energía" es utilizada con frecuencia. Por ejemplo, aquellas personas que pueden realizar un gran trabajo se llaman enérgicas, se dice que poseen gran energía.

¿Qué es la energía? Con el fin de responder a esta pregunta, examinemos los siguientes ejemplos.

Una carga elevada sobre la mesa, pero que está inmóvil sobre ella, no realiza trabajo, sin embargo si esa carga se cae, ella verificará cierto trabajo.

El muelle comprimido (fig. 172, a) al estirarse puede efectuar trabajo, por ejemplo, elevar a cierta altura una carga (fig. 172, b) o bien accionar el movimiento de un carrito.

En la fig. 173 vemos un carrito en que está sujeto un montante con una polea. Por ésta pasa un hilo, uno de cuyos extremos se encuentra enrollado en el eje de las ruedas del carrito. Del otro extremo del hilo está suspendida una pequeña carga. Cuando ésta cae, pone en movimiento el carrito, con lo que se realiza trabajo.

Todo cuerpo en movimiento tiene capacidad de realizar trabajo. Así, por ejemplo, la bola de acero *A* que rueda por un plano inclinado (fig. 174), al chocar con el cilindro de madera *B*, lo desplaza a cierta distancia. En este caso se verifica trabajo.

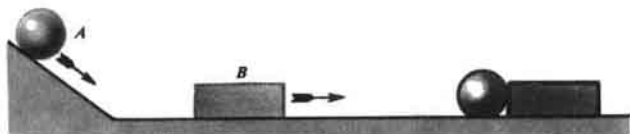


Fig. 174

Si un cuerpo o varios cuerpos en interacción (sistema de cuerpos) pueden realizar trabajo, decimos que ellos poseen energía.

En los ejemplos examinados, la carga elevada sobre la Tierra, el muelle comprimido, la bola de acero en movimiento, tienen energía.

La energía es una magnitud física que muestra qué trabajo puede realizar un cuerpo (o varios cuerpos). La energía se mide en las mismas unidades que el trabajo, es decir, en julios.

Cuanto mayor sea el trabajo que puede realizar un cuerpo, tanto mayor energía éste poseerá.

Quando se realiza trabajo, la energía de los cuerpos varía. *El trabajo efectuado es igual a la variación de la energía.*

¿?

1. ¿En qué ejemplos podemos mostrar que el trabajo y la energía son magnitudes físicas relacionadas entre sí?
2. ¿En qué caso podemos decir que un cuerpo posee energía?
3. ¿En qué unidades se mide la energía?
4. ¿Qué definición del trabajo podemos dar utilizando la noción "energía"?

68. Energía potencial y cinética

Recibe el nombre de energía potencial aquella que se determina por la posición mutua de los cuerpos en interacción o bien de las partes de un mismo cuerpo.

Por ejemplo, posee energía potencial un cuerpo elevado sobre la superficie de la Tierra, ya que dicha energía del cuerpo depende de la disposición mutua entre él y la Tierra, así como de la atracción entre ellos. Vamos a considerar que la energía potencial de un cuerpo que yace en la Tierra es nula. Entonces, la energía potencial de un cuerpo, elevado a cierta altura, quedará determinada por el trabajo que realiza la fuerza de la gravedad cuando el cuerpo cae a la Tierra. Como sabemos, el trabajo es igual al producto de la fuerza por el recorrido, es decir,

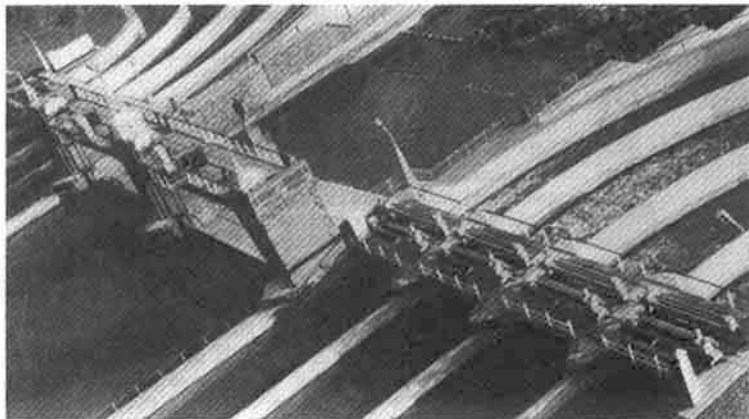
$$A = Fh,$$

lo que significa que en este caso la energía potencial

$$\underline{E = Fh.}$$

El agua de los ríos, elevada por las presas (véase la foto en la pág. 139), posee enorme energía potencial. Al bajar, el agua realiza trabajo para accionar las potentes turbinas de las centrales eléctricas.

La energía potencial del martinete (fig. 175) es utilizada en las obras de



La prensa Chumishkaya en el río Chu, en la República Socialista Soviética de Kirguisia.

construcción para hincar pilotes.

Cuando abrimos una puerta con muelle, realizamos trabajo para estirar (comprimir) éste. A cuenta de la energía adquirida, el muelle al acortarse (o alargarse), realiza trabajo y cierra la puerta.

La energía de los muelles comprimidos o torsionados es utilizada en los fusiles, para animar el movimiento del percutor con la punta, en los relojes de pulsera y los más diversos juguetes de cuerda.

Todos los cuerpos elásticos deformados poseen energía potencial. Esta energía de un gas comprimido se utiliza durante el trabajo de los motores térmicos, en los martillos neumáticos, que extensamente se emplean en la industria minera, en la construcción de carreteras, movimientos de tierras, etc.

Mientras más comprimido está el gas, mayor energía potencial posee, por lo tanto, mayor trabajo efectuará al dilatarse.

La energía de un cuerpo debida a su movimiento recibe el nombre de energía cinética¹⁾.

El agua en movimiento, al accionar la rotación de las turbinas de una central eléctrica, consume su energía cinética y realiza trabajo. También posee energía cinética el aire en movimiento, es decir, el viento.

¿De qué depende la energía cinética? Dirijámonos a un experimento. En la fig. 174 está representado un canal inclinado, al que se une otro canal horizontal. En este último, se encuentra un pequeño cilindro de madera *B*. Si hacemos que la bola *A* rueda de distintas alturas, podemos observar que mientras mayor sea la altura desde la que rueda la bola, mayor resulta su

¹⁾ Del vocablo griego "KINETICÓS", referente al movimiento.



Fig. 175. Martillete para hincar pilones.

velocidad y a mayor distancia desplaza el cilindro, es decir, efectúa mayor trabajo.

A cuenta de la velocidad, una bala en vuelo posee una energía cinética de muy alto valor.

Si realizamos un experimento con bolas de diversas masas, podremos cerciorarnos que la energía cinética de la bola depende de su masa.

Cuanto mayores son la masa del cuerpo y su velocidad, tanto mayor será su energía cinética.

Este tipo de energía se utiliza en la técnica. Con particular amplitud es empleada la energía cinética del agua corriente. Cayendo de la presa, ella pone en movimiento la turbina, unida con el generador de corriente eléctrica. A cuenta de la energía cinética del agua se produce la energía eléctrica.

En los últimos tiempos, la energía del agua ha adquirido enorme importancia en la economía nacional y se denomina "carbón blanco". La energía de éste se utiliza por medio de potentes centrales hidroeléctricas. La construcción de éstas es una de las importantísimas tareas de la economía nacional de cada país. En el presente, en la URSS, funciona una serie de centrales hidroeléctricas muy potentes: una en el Dniéper de 648 mil kW de potencia; dos en el Volga de 2,3 y 2,53 millones de kW de potencia; la Brátskaya en el río Angará, de 4,5 millones de kW de potencia. La central hidroeléctrica más potente del mundo, la Krasnoyárskaya, cuya potencia es de 6 millones de kW, ha sido construida en el río Yenisei, además han sido puestas en funcionamiento nuevas hidrounidades en la central hidroeléctrica Sayano-Shúshenskaya, cada una de ellas con potencia de 640 mil kW. Estas máquinas son las más potentes en el mundo.

En la naturaleza, todos los cuerpos poseen ya sea energía potencial o bien cinética, con relación a un valor nulo convencional, y a veces ambas conjuntamente. Por ejemplo, un avión que realiza un vuelo respecto de la Tierra tiene tanto energía cinética, como también potencial.

Hemos estudiado dos tipos de energía mecánica. Otros de los tipos de energía (eléctrica, química, etc.) se estudiarán en los siguientes capítulos de física.

¿ ?

1. ¿Qué energía se llama potencial?
2. Aducid ejemplos de cuerpos que poseen energía potencial.
3. ¿En qué caso la energía potencial se considera nula?
4. ¿Qué consideramos como medida de la energía potencial de un cuerpo, elevado a cierta altura sobre la superficie de la Tierra?
5. ¿Cómo se puede mostrar que un muelle deformado posee energía potencial? ¿Qué se emplea en calidad de medida de dicha energía? ¿En qué estado del muelle es cómodo considerar nula su energía potencial?

6. ¿Qué llamamos energía cinética?
7. ¿En qué caso consideramos nula la energía cinética?
8. Cita casos en que los cuerpos poseen energía cinética.
9. ¿Cómo depende la energía cinética de un cuerpo de su masa y velocidad?
10. ¿Qué energía posee un avión que realiza un vuelo con relación a la Tierra?
11. ¿Qué energía posee el agua elevada mediante una presa?
12. ¿Dónde se emplea la energía cinética del agua fluyente?

Ejercicios
36

1. ¿Qué energía potencial con relación a la Tierra posee un cuerpo de 100 kg de masa a una altura de 10 m?
2. La maza de un martinete para hincar pilotes (fig. 175) de 500 kg de masa cae de una altura de 10 m. ¿A qué será igual la energía potencial de la maza a una altura de 4 m? ¿A qué será igual el trabajo realizado por ella?
3. ¿En qué lugar de la corriente del río, en su manantial o desembocadura, cada metro cúbico de agua tiene mayor energía potencial? Fundamentad la respuesta.
4. ¿En qué río, de llanura o de montaña, cada metro cúbico de agua posee mayor energía cinética?
5. La altura de la caída del agua en la central hidroeléctrica Nuréskaya es igual a 275 m. Cada segundo, por una de las turbinas de la central pasan 155 m^3 de agua. ¿Cuánta energía consume la turbina por 1 s? ¿A qué es igual el rendimiento de la turbina, si su potencia eléctrica es igual a 300 MW?

69 * . Transformación de un tipo de energía mecánica en otro

En la naturaleza, la técnica y la vida cotidiana observamos con frecuencia la transformación de un tipo de energía mecánica en otro: la potencial en cinética y viceversa, por ejemplo, al caer el agua de una presa, su energía potencial se convierte en cinética. Durante las oscilaciones de un péndulo, estos tipos de energía se transforman periódicamente uno en otro.

Es muy cómodo observar la transformación de un tipo de energía en otro en el dispositivo que ofrece la fig. 176. Enrollando el hilo en el eje, el disco del dispositivo se levanta. El disco subido posee cierta energía potencial. Si lo soltamos, él comenzará a caer girando. En el transcurso de la caída, la energía potencial del disco disminuye, pero al mismo tiempo crece su energía cinética. Al final de la caída, el disco posee una reserva tal de dicha energía, que puede subir de nuevo casi hasta la anterior altura¹⁾. Después de acabar la subida, el disco cae de nuevo y, a continuación, sube otra vez. En este experimento, durante el movimiento del disco hacia abajo, su energía potencial se convierte en cinética, mientras que al subir, ésta se transforma en potencial.

También tiene lugar la transformación de la energía de un tipo a otro durante el choque de dos cuerpos elásticos, por ejemplo, de una pelota de goma contra el suelo o de una bola de acero contra una plancha de este

¹⁾ Una parte de la energía se consume para el trabajo contra las fuerzas de rozamiento, por lo que el disco no alcanza la altura inicial.

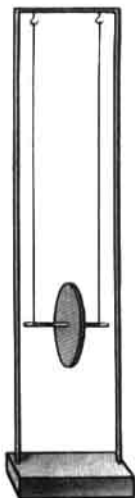


Fig. 176



Fig. 177

mismo metal.

Si sobre una plancha de acero elevamos una bola de ese mismo metal (fig. 177) y luego la soltamos, ella empezará a caer. Durante la caída de la bola su energía potencial disminuye, mientras que la cinética crece, ya que aumenta la velocidad de movimiento de la bola. Al chocar la bola contra la plancha, tanto la una como la otra se comprimen y la energía cinética que poseía la bola se convertirá en la energía potencial de la plancha y la bola comprimidas. A continuación, por la acción de las fuerzas elásticas, la plancha y la bola adquieren su forma inicial, la bola rebota de la plancha y su energía potencial de nuevo se convierte en la cinética de la bola: ésta rebota a una velocidad igual a la que tenía en el momento del choque contra la plancha. Al subir, la velocidad de la bola disminuye y, por consiguiente, también decrece su energía cinética, mientras que la potencial aumenta. Después de rebotar de la plancha, la bola sube casi a la misma altura que aquella desde donde se la dejó caer. En el punto superior de la subida, la energía cinética se convierte de nuevo en potencial.

Los fenómenos de la naturaleza van acompañados, en general, por la transformación de un tipo de energía en otro.

La energía puede ser transmitida de un cuerpo a otro. Por ejemplo, al tirar del arco, la energía potencial de la cuerda tensa se transforma en la energía cinética de la flecha en vuelo.

¿ ?

1. ¿Cómo mostrar en un experimento la transformación de un tipo de energía en otro?
2. ¿Qué transformaciones de energía se producen al chocar una bola de acero contra una plancha de ese mismo metal?

3. ¿Qué transformaciones de energía tienen lugar al caer el agua de una presa?

Ejercicios
37

1. Indicad la transformación de un tipo de energía en otro en los casos siguientes:
 - a) al caer el agua por una catarata;
 - b) al lanzar una pelota en dirección vertical hacia arriba;
 - c) al dar cuerda al reloj;
 - d) en el ejemplo del muelle de la puerta.
2. La masa de los cuerpos que caen es la misma. ¿Serán iguales los valores de la energía potencial y de la cinética a una misma altura?
3. Aducid ejemplos de cuerpos que al mismo tiempo poseen energía potencial y cinética.

Tareas

1. Haced péndulos de hilo y de resorte. Observad sus oscilaciones. Describid con brevedad las transformaciones de energías que se producen durante estas oscilaciones.
Indicación.
El péndulo de hilo, consta de un hilo del que está suspendida una carga.
El péndulo de resorte, es un resorte del que está suspendida una carga. Durante el experimento, el extremo superior del resorte se fija o se sujeta con la mano, se tira ligeramente de la carga y se suelta.
 2. Leed en el final del libro el párrafo 9. "La energía del agua y del viento en movimiento. Motores hidráulicos y eólicos". Preparad conferencias sobre los temas:
 - 1) De las norias hasta las hidroturbinas modernas.
 - 2) Motores eólicos y su aplicación.
-

PARTE SEGUNDA

Fenómenos térmicos

Transmisión de calor y trabajo

70. Movimiento térmico

Como sabemos, los cuerpos están compuestos de moléculas, que se encuentran en constante movimiento. El movimiento de cada una de las moléculas es mecánico, podemos determinar la distancia recorrida y la velocidad media de una molécula aislada. Es posible imaginarse cómo choca ésta con otras moléculas del cuerpo. En la fig. 178 están representados segmentos de las trayectorias de moléculas por separado de un gas, aumentados millones de veces.

Pero cuando se mueven todas las moléculas en su conjunto, este movimiento es muy complicado. Recordemos, que 1 cm^3 de gas contiene unas 25 000 000 000 000 000 000 ($2,5 \cdot 10^{19}$) moléculas. Cada una de ellas está en movimiento por una complicada trayectoria. Es difícil darse una idea del cuadro del movimiento general de las moléculas en un cuerpo. Miles y miles de billones de pequeñas partículas se mueven a grandes velocidades en diversas direcciones, chocan entre sí y contra las paredes del recipiente, por lo que varían sus velocidades y de nuevo se mueven hasta el siguiente choque.

Semejante movimiento es desordenado, caótico¹⁾. Los fenómenos térmicos son una manifestación del constante movimiento de las moléculas (§ 10). Por esto, el movimiento caótico de las moléculas en un cuerpo recibe el nombre de movimiento térmico.

El conocimiento de la estructura interior de la sustancia y del movimiento térmico permite explicar diversos fenómenos térmicos.

¿ ?

1. ¿Qué sabemos acerca del movimiento de una molécula del cuerpo?
 2. ¿Por qué el movimiento general de las moléculas es muy complicado?
 3. ¿Por qué el movimiento desordenado de las moléculas se llama térmico?
 4. Aducid ejemplos de fenómenos térmicos.
-

71. Energía interna

Como ya sabemos, existen dos tipos de energía mecánica: *potencial y cinética*.

Los cuerpos que están en interacción, que se atraen o repulsan, poseen energía potencial. Por ejemplo, poseen dicha energía una piedra elevada

¹⁾ Del griego, KHAOS—abertura.

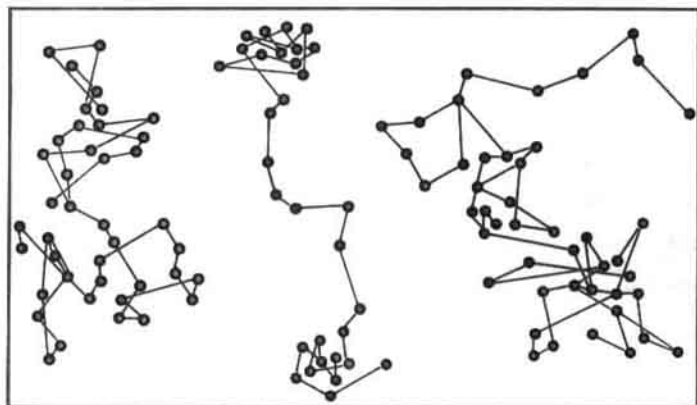


Fig. 178

sobre la Tierra, un muelle estirado o comprimido, un gas comprimido.

Los cuerpos en movimiento tienen energía cinética: el agua fluyente, el viento, una pelota que rueda, una bala que vuela. El valor de este tipo de energía depende de la masa y la velocidad del cuerpo en movimiento.

Las energías potencial y cinética pueden convertirse una en otra. En el § 69 ya hemos aducido ejemplos de semejantes conversiones.

Examinemos un ejemplo más de transformación de la energía.

Sobre una plancha de plomo yace una bola de este mismo metal. Elevemos ésta y soltémola (fig. 179). Cuando elevamos la bola, le comunicamos energía potencial. Durante su caída ésta disminuye, ya que la bola baja, por lo que la altura disminuye gradualmente. Por el contrario, su energía cinética aumenta poco a poco, ya que la velocidad de la bola crece. Se produce la transformación de la energía potencial del cuerpo en la cinética. Pero, por fin, la bola choca contra la plancha de plomo y se para (fig. 180). Tanto su energía cinética como la potencial, son en este momento iguales a cero con relación a la plancha.

¿Quiere decir esto que la energía que la bola poseía hasta ese momento ha desaparecido sin dejar huella? No, semejante deducción sería errónea. Si después del choque examinamos *la bola y la plancha*, veremos que la bola se ha aplastado un poco, mientras que en la plancha ha surgido una pequeña abolladura, es decir, *tanto la una como la otra se deformaron durante el choque*.

Si inmediatamente después del choque medimos la temperatura de la bola y de la plancha (lo que es posible hacer), advertiremos que se han calentado.

De este modo, *como resultado del choque de la bola contra la plancha, varió el estado de los dos cuerpos, se deformaron y calentaron*. Pero si cambió el estado de los cuerpos, también varió la energía de las partículas de las que



Fig. 179



Fig. 180

está formado el cuerpo.

En efecto, ya sabemos que cuando los cuerpos se calientan, aumenta la velocidad media de movimiento de las moléculas (§ 10) y, por lo tanto, crece su energía cinética media. Las moléculas también tienen energía potencial: ellas están en interacción (§ 11), es decir, se atraen, mientras que al acercarse estrechamente, se repelen. Durante la deformación del cuerpo cambia la disposición mutua de sus moléculas, por lo que varía también su energía potencial. Así, pues, durante el choque varían tanto la energía cinética, como la potencial de las moléculas.

Recibe el nombre de interna la energía de movimiento e interacción de las partículas de las que consta el cuerpo.

Ahora sabemos que además de la energía mecánica, hay otro tipo de energía, la interna.

La energía interna de un cuerpo no depende ni del movimiento de éste, ni de la posición con relación a otros cuerpos. Teniendo siempre cierta reserva de energía interna, el cuerpo puede poseer, simultáneamente, energía mecánica. Por ejemplo, un avión que vuela a cierta altura sobre la Tierra, además de la energía interna, posee asimismo energía mecánica, potencial y cinética.

Las energías potencial y cinética de una molécula son muy pequeñas, ya que lo es su masa. Pero en un cuerpo hay muchas moléculas, por lo que la energía interna del cuerpo, igual a la suma de las energías de todas sus moléculas, es suficientemente grande.

Por ejemplo, la energía cinética de una molécula de hidrógeno a temperatura ambiente es igual a $0,000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 005\ \text{J}$ ($5/10^{21}\ \text{J} = 5 \cdot 10^{-21}\ \text{J}$). Los cálculos nos muestran que la suma de la energía cinética de todas las moléculas de hidrógeno, contenidas en $1\ \text{m}^3$ de éste, a las condiciones indicadas, es igual a $140\ 000\ \text{J}$, lo que ya es una cifra considerable. Si a una altura de $3\ \text{m}$ elevamos un enorme martillo de forjar de $5\ \text{t}$ de masa, su energía potencial también será de unos $140\ 000\ \text{J}$. Pero la energía potencial del martillo es más fácil de utilizar que la energía interna de $1\ \text{m}^3$ de hidrógeno. Es suficiente hacer bajar el martillo y al caer sobre la pieza realizará trabajo: su energía potencial será empleada.

Pero no es sencillo y siempre posible utilizar la energía interna de un cuerpo. A los procedimientos de su aplicación se presta gran atención. Los éxitos de la técnica están en alto grado ligados con el hecho de hasta qué punto la humanidad ha aprendido a "extraer" la energía interna de los cuerpos.

La energía llamada atómica, también es una energía interna. Durante el estudio de los fenómenos térmicos sólo se toma en consideración la energía de las moléculas, ya que durante dichos fenómenos es precisamente ella la que varía. Por ello, en adelante, al hablar de la energía interna de un cuerpo vamos a entender por ella la energía cinética del movimiento térmico y la energía potencial de interacción de las moléculas de gas.

¿ ?

1. ¿Qué transformaciones de energía se producen al elevar una bola y al dejarla caer?
2. ¿Cómo varía el estado de una bola de plomo y de una plancha de ese mismo metal como resultado de su choque?
3. ¿En qué energía se transforma la energía mecánica de la bola al chocar contra la plancha?
4. ¿Qué llamamos energía interna de un cuerpo?
5. ¿Depende la energía interna de un cuerpo de que éste posea energía cinética y potencial?
6. ¿Qué energía es más fácil de utilizar: la mecánica o la interna?

72. Procedimientos para variar la energía interna de un cuerpo

La energía interna de un cuerpo no es una magnitud constante: en un mismo cuerpo ella puede variar. *Al elevar la temperatura del cuerpo, la energía interna de éste crece*, ya que aumenta la velocidad media y, por lo tanto, la energía cinética de las moléculas de dicho cuerpo. Y viceversa, *al bajar la temperatura, la energía interna del cuerpo disminuye*. De este modo, la energía interna de un cuerpo cambia al variar la velocidad de movimiento de sus moléculas. ¿Con qué procedimientos es posible aumentar o disminuir dicha velocidad? Dirijámonos a los experimentos.

Sobre un cuerpo (fig. 181) está fijado un tubo de latón de finas paredes, en el que se ha echado un poco de éter. El tubo está herméticamente cerrado con un tapón. El tubo se rodea de una cuerda, que se hace mover con rapidez en una y otra dirección. Después de pasar cierto tiempo, el éter ebulle y su vapor expulsa el tapón. Este experimento muestra que la energía interna del éter aumentó: él se calentó e incluso ebulló. *El aumento de la energía interna se produjo a causa del trabajo* realizado al frotar el tubo con la cuerda.

Los cuerpos también se calientan durante los choques, al doblarlos y desdoblarlos, en general, durante las deformaciones. En todos los casos, a cuenta del trabajo realizado, aumenta la energía interna de los cuerpos.

Así, pues, la energía interna de un cuerpo se puede aumentar realizando trabajo sobre él.

Si el trabajo es efectuado por el propio cuerpo, con ello disminuirá su energía interna. Esto puede ser observado en el siguiente experimento.

Se toma un recipiente de vidrio de gruesas paredes, cerrado con un tapón. Por un agujero especial, se bombea al recipiente aire que contiene vapor de agua. Al pasar cierto tiempo, el tapón sale disparado de él (fig. 182). En el instante en que el tapón salta, en el recipiente surge niebla. Su aparición significa que el aire en éste se ha enfriado (recordad, que en la

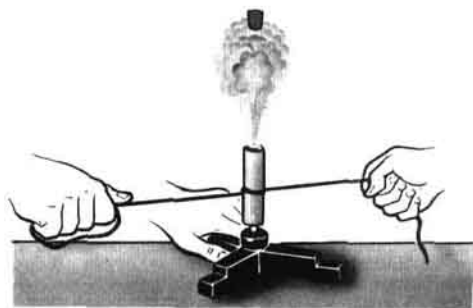


Fig. 181



Fig. 182

calle la niebla aparece al bajar la temperatura).

El aire comprimido que contiene el recipiente, al expulsar el tapón, realiza trabajo a cuenta de su energía interna, que por ello disminuye. Sobre este fenómeno juzgamos por el enfriamiento del aire en el recipiente.

La energía interna de un cuerpo puede ser variada por otro procedimiento.

Como sabemos, la tetera con agua puesta en la cocina, una cuchara metálica metida en un vaso con té caliente, el horno en el que se ha encendido fuego, el tejado de una casa alumbrada por el sol, se calientan. En todos los casos enumerados, sube la temperatura de los cuerpos y, por lo tanto, también aumenta su energía interna. ¿Cómo explicar este aumento?

Por ejemplo, ¿cómo se calienta una cuchara metálica metida en té caliente? Primero, la velocidad y la energía cinética de las moléculas del agua caliente es mayor que esas dos magnitudes de las partículas del metal frío. En aquellos lugares donde la cuchara hace contacto con el agua, las moléculas del agua caliente transmiten parte de su energía cinética a las partículas del metal frío. Por esto, la velocidad y la energía cinética de las moléculas de agua, en término medio, disminuyen, mientras que la velocidad y la energía de las partículas del metal aumentan: la temperatura del agua disminuye, mientras que la del metal aumenta, es decir, *gradualmente sus temperaturas se nivelan*. Con la disminución de la energía cinética de las moléculas del agua, también se reduce la energía interna de toda el agua en el vaso, en tanto que la energía interna de la cuchara aumenta.

El proceso de variación de la energía interna, durante el cual sobre el cuerpo no se realiza trabajo, siendo transmitida la energía de unas partículas a otras, recibe el nombre de transmisión o transferencia de calor.

Así, pues, la energía interna de un cuerpo puede ser variada por dos procedimientos: realizando trabajo mecánico o bien por la transmisión de calor.

Cuando el cuerpo ya está caliente, no podemos indicar cuál de los dos

procedimientos fue aplicado. Por ejemplo, teniendo en las manos una aguja de acero caliente, no podemos decir de qué modo fue calentada: frotándola o bien introduciéndola en una llama.

- ¿ ?
1. Aducid ejemplos que muestren que la energía interna de un cuerpo aumenta al realizar trabajo sobre éste.
 2. Describid el experimento que muestra que, a cuenta de la energía interna, el cuerpo realiza trabajo.
 3. Aducid ejemplos de aumento de la energía interna de un cuerpo por el procedimiento de transmisión de calor.
 4. Explicad el fenómeno de la transmisión de calor desde el punto de vista de la estructura molecular de la materia.
 5. ¿Con qué dos procedimientos podemos variar la energía interna de un cuerpo?

Tarea Colocad una moneda de 5 kopeks sobre una tabla contrachapada o de madera. Apretad la moneda contra la tabla y ponedla en movimiento rápido hacia uno y otro lado. Observad cuántas veces hay que mover la moneda para que ésta se ponga templada, caliente. Deducid qué relación hay entre el trabajo realizado y el aumento de la energía interna del cuerpo.

73. Conductividad térmica

Lo mismo que cualquier otro tipo de energía, la interna puede ser transmitida de un cuerpo a otro. Ya hemos examinado uno de los ejemplos de semejante transmisión, es decir, la transferencia de la energía del agua caliente a la cuchara fría. Semejante forma de transmisión de calor, recibe el nombre de conductividad térmica.

En el siguiente experimento podemos observar la conductividad térmica. Un extremo de un alambre grueso de cobre se fija en un soporte, mientras que con cera se fijan en el alambre varios clavos (fig. 183). Durante el calentamiento del extremo libre del alambre en la llama de un infiernillo, la cera se funde y los clavos se caen gradualmente. Primero, se caerán aquellos que están más cerca de la llama, a continuación, uno tras otro, los restantes.

¿Cómo transcurre la transmisión de energía por el alambre?

Primero, la llama ardiente provoca la intensificación del movimiento vibratorio de las partículas del metal en uno de los extremos del alambre, por lo que sube su temperatura. Después, esta intensificación del movimiento se transmite a las partículas vecinas y la velocidad de sus vibraciones también crece, es decir, sube la temperatura de la parte siguiente del



Fig. 183

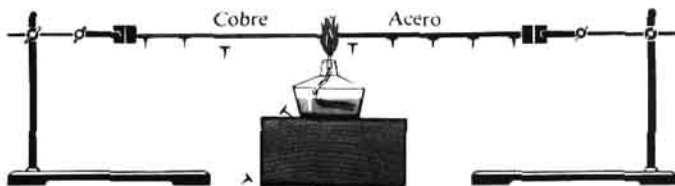


Fig. 184

alambre. Más adelante, aumenta la velocidad de las vibraciones de las siguientes partículas, etc. Con ello, es de importancia indicar que en caso de la conductividad térmica la sustancia no se desplaza de un extremo del cuerpo a otro.

Diversos cuerpos tienen diferente conductividad térmica. De esto podemos cerciorarnos en el experimento, donde la energía se transmite por barras de distintos materiales (fig. 184). Como sabemos por experiencia, unas sustancias tienen mayor conductividad térmica que otras. Un clavo no se puede calentar largo tiempo sujetándolo con la mano, mientras que una cerilla encendida se puede sujetar hasta que la llama haga contacto con la mano.

Los metales, en particular el cobre y la plata, tienen elevada conductividad térmica.

Salvo los metales fundidos, por ejemplo, el mercurio, los líquidos tienen pequeña conductividad térmica. Ésta es aún menor en los gases. Esto se debe a que sus moléculas están alejadas unas de otras y resulta dificultosa la transmisión del movimiento entre ellas.

La lana, la pluma, las pieles y otros cuerpos, entre cuyas fibras hay aire, poseen mala conductividad térmica. Por esta razón, aquéllas protegen a los animales contra el frío. También defiende a los animales contra el enfriamiento la capa de grasa que tienen las aves acuáticas, las ballenas, morsas y focas.

El vacío, es decir, el aire muy enrarecido, posee la más baja conductividad térmica. Esto se explica a causa de que *la conductividad térmica, o sea, la transferencia de energía de una parte del cuerpo a otra, es realizada por las moléculas u otras partículas*, de forma que allí donde se carece de éstas, no puede haber la conductividad térmica.

Allí donde hay que conservar la energía se utilizan sustancias con pequeña conductividad térmica. Por ejemplo, los muros de ladrillos ayudan a conservar la energía interna en el local. También podemos proteger los cuerpos contra el calentamiento, por ejemplo, el hielo en el sótano se conserva cubriéndolo con paja, serrín y tierra, cuya conductividad térmica es muy baja.

¿ ?

1. ¿En qué experimento podemos observar la transmisión de la energía por un sólido?
2. ¿Cómo transcurre la transmisión de energía por un alambre metálico?
3. ¿Qué sustancias tienen la mayor y menor conductividad térmica?
¿Dónde se emplean las unas y las otras?

1. ¿Por qué la nieve profunda y mullida protege los cereales de invierno contra la congelación?
2. Explicad por qué la paja, el heno, las hojas secas tienen mala conductividad térmica.
3. Se ha calculado que la conductividad de las tablas de pino es 3,7 veces mayor que la del serrín de pino, la del hielo 21,5 veces mayor que la de la nieve recién caída (la nieve consta de pequeños cristales de hielo). ¿Cómo se puede explicar esto?
4. ¿Por qué la expresión "el abrigo caliente" no es correcta?
5. Las tijeras y los lápices que hay sobre la mesa tienen la misma temperatura. ¿Por qué a tientas parece que las tijeras están más frías?
6. Explicad de qué modo la piel, las plumas y el plumón sobre el cuerpo de los animales, así como la ropa del hombre, protegen contra el frío?

74. Convección

Por regla, los líquidos y los gases se caldean por abajo. La tetera con agua se pone sobre el fuego, los radiadores de la calefacción, con los que en la habitación se calienta el aire, están ubicados debajo de las ventanas, cerca del suelo. ¿Es esto casual?

Si ponemos las manos sobre la cocina caliente o sobre una bombilla incandescente, advertiremos que desde ellas ascienden corrientes de aire templado. Estos flujos pueden incluso hacer girar un molinillo de papel, situado sobre una lámpara (fig. 185). Aquí observamos otro tipo de transmisión de calor llamado convección.

Durante la convección, la energía se transmite por los propios flujos del gas o del líquido. El aire, que hace contacto con la cocina o la bombilla, se calienta sobre su superficie y se dilata. La densidad del aire dilatado es menor que la del frío, por lo que la capa de aire caliente asciende en el aire frío. Esto es debido, a que la fuerza de empuje (ascensional) que actúa sobre



Fig. 185

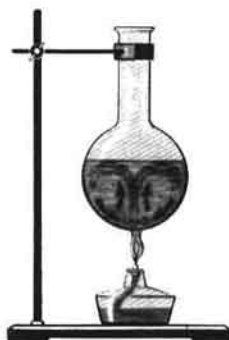


Fig. 186

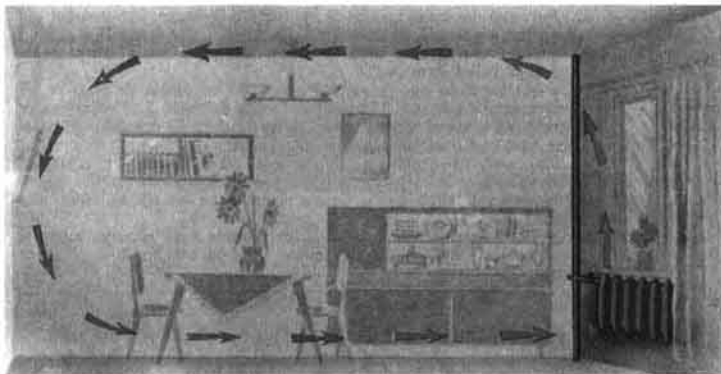


Fig. 187

el aire caliente desde abajo, por parte del aire frío, es mayor que la fuerza de la gravedad ejercida sobre el primero y dirigida hacia abajo. Seguidamente, se calienta y tiende hacia arriba la segunda capa de aire frío y así sucesivamente.

Del mismo modo se transfiere la energía al calentar un líquido. Con el fin de observar el desplazamiento de las capas de líquido durante su calentamiento, al fondo de un matraz de vidrio echamos unos cristales de una materia colorante, por ejemplo, de manganato de potasio y colocamos el matraz sobre el fuego. Observaremos que el agua comienza a desplazarse por líneas cerradas, es decir, CIRCULA: las capas de agua inferiores calientes se desalojan por el agua fría y ascienden (fig. 186). Gracias a la circulación, toda el agua se calienta de modo uniforme. Como en el gas, aquí la energía se transfiere de uno a otro lugar con los flujos de la sustancia, en el caso dado, con el agua.

La convección transcurre en las habitaciones donde vivimos (fig. 187), gracias a lo cual en ellas se calienta el aire.

Hemos examinado la convección que es llamada *natural* o *libre*. Pero si un líquido (o gas) irregularmente calentado se agita con una bomba o mezclador, tropezaremos con la convección *forzada*.

Ahora ya podemos dar respuesta a la pregunta planteada al comienzo del presente parágrafo: ¿por qué los líquidos y los gases se caldean, por lo general, por abajo?

Probemos calentar el agua en la probeta de la forma mostrada en la fig. 188. La capa superior del agua ebullicará, quedando frías las capas inferiores. Trocitos de hielo introducidos en el fondo de la probeta no se derretirán. ¿Por qué? Con semejante calentamiento no puede producirse la convección, ya que las capas calientes de agua no pueden descender a un nivel inferior que las capas frías, más pesadas. ¿Es posible que el agua se caliente gracias a la conductividad térmica? Pero como vemos en este

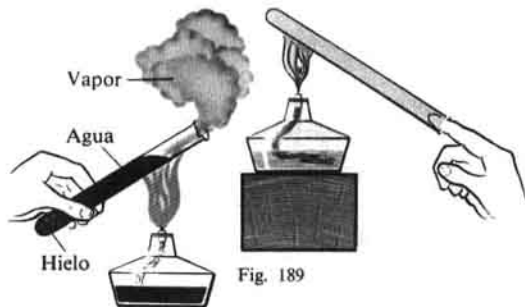


Fig. 188

Fig. 189



Fig. 190

experimento, la conductividad térmica del agua es pequeña y tendríamos que esperar largo tiempo hasta que el agua se calentara. De la misma forma podemos explicar por qué causa no se calienta el aire en una probeta, si lo calentamos por arriba (fig. 189).

En los sólidos, donde la libertad de movimiento de las moléculas es limitada, la convección no puede producirse. Recordemos que cada partícula de un sólido cristalino sólo vibra alrededor de un punto, manteniéndose en esta posición gracias a la fuerte atracción mutua entre las partículas. Por esto, al calentar un sólido, no se pueden formar en él flujos de la sustancia. La experiencia cotidiana lo certifica. En los sólidos la transferencia de energía transcurre gracias a la conductividad térmica.

¿ ?

1. Describid el experimento que muestra que sobre una bombilla caliente el aire se desplaza.
2. Explicad cómo y por qué tiene lugar el desplazamiento del aire sobre una bombilla incandescente.
3. Explicad cómo transcurre el calentamiento del agua en un matraz colocado sobre el fuego.
4. ¿En qué consiste el fenómeno de la convección?
5. ¿En qué difiere la convección libre de la forzada?
6. ¿Por qué los líquidos y los gases se caldean por abajo?
7. ¿Por qué resulta imposible la convección en los sólidos?

75.

Ejemplos de la convección en la naturaleza y la técnica

1. LOS VIENTOS. Todos los vientos en la atmósfera son corrientes convectivas de enorme envergadura.

Por la convección, se explican los vientos llamados BRISAS, que surgen en el litoral. Durante los días veraniegos, la tierra se calienta por el Sol con mayor rapidez que el agua, por esta razón el aire sobre ella se calienta más que sobre el agua, su densidad disminuye, por lo que su presión será menor que la del aire más frío sobre el mar. Como resultado, lo mismo que en los vasos comunicantes, *el aire frío por abajo se desplaza desde el mar a la tierra,*

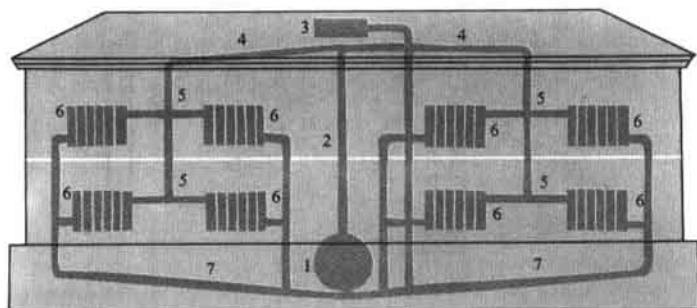


Fig. 191

es decir, surge el viento. A esto llamamos brisa. Por la noche, el agua se enfría con mayor lentitud que la tierra, a causa de lo cual, sobre ésta el aire se enfría más que sobre el agua. Se crea *la brisa nocturna, o sea, el movimiento de aire frío de la tierra al mar.*

2. EL TIRO. Sabemos que sin una corriente de aire fresco resulta imposible quemar el combustible. Cuando no ingresa aire al hogar, al horno, al tubo de un samovar, la ignición del combustible cesa. Por regla, se hace uso de la corriente natural de aire, del tiro. Con el fin de crearlo, por ejemplo, sobre el hogar de las instalaciones de caldera de las fábricas y las centrales termoelectricas, se construye la chimenea. Al quemarse el combustible, el aire sobre él se calienta. Como ya sabemos, por esta causa disminuye su densidad. Por lo tanto, la presión del aire en el hogar y chimenea será menor que la del aire exterior. A causa de la diferencia de presiones, el aire frío entra en el hogar, mientras que el caliente asciende, es decir, se crea el tiro. En la fig. 190 vemos la instalación para un experimento que aclara la formación del tiro.

Mientras más alta sea la chimenea construida sobre el hogar, mayor será la diferencia de presiones entre el aire exterior y el aire en la chimenea. Por esto, al aumentar la altura de la chimenea se refuerza el tiro.

3. CALEFACCIÓN CENTRAL DE AGUA. En muchos grandes edificios modernos se construye la calefacción central de agua.

En el sótano del edificio se monta la caldera 1 (fig. 191), en la que se calienta el agua. Desde la parte superior de la caldera, el tubo principal 2 se dirige al desván, donde se une al tanque de dilatación 3. Éste se denomina de dilatación, porque a él se alimenta el volumen excesivo de agua que se forma cuando ésta se dilata al calentarse. Desde el tanque de dilatación, por el desván se tiende el sistema de tubos de distribución 4, de los que hacia abajo parten los tubos verticales 5, que pasan por las habitaciones del edificio. De estos tubos, el agua llega a los radiadores de calefacción 6, formados por tubos de hierro colado y que, por regla, se instalan debajo de las ventanas.

El agua caliente cediendo parte de su energía, calienta los tubos de los radiadores. Desde éstos, la energía se transmite al aire de la habitación. La

propia agua se enfría y por el sistema de los tubos inferiores de descarga 7, situados en el sótano, se alimenta a la caldera, de nuevo se calienta, asciende al desván y, de nuevo, llega a los radiadores, les cede parte de su energía, etc. Semejante movimiento del agua en el sistema de calefacción central y, por consiguiente, la transferencia de energía desde la caldera a los radiadores, transcurre de modo permanente, mientras funciona la caldera, a causa de la convección.

En los grandes edificios, se crea la circulación artificial (forzada) con ayuda de una bomba que continuamente impulsa el agua en la dirección necesaria.

En los sistemas de calefacción utilizados en las ciudades y en algunos poblados, el agua caliente se produce no en su propia caldera, sino en las centrales termoeléctricas de calefacción que abastecen de agua caliente varias manzanas de viviendas e incluso, varios barrios de la ciudad.

Desde nuestras viviendas, la energía se transmite al exterior, incluso al haber buen aislamiento térmico. Por esta causa, en invierno es necesario calentar permanentemente el local, con el fin de mantener en él la temperatura constante.

-
- Ejercicios 39
1. Explicad cómo se forma el tiro, el viento.
 2. *¿Cómo se realiza la transferencia de energía desde la caldera a los radiadores en el sistema de calefacción central?*
 3. *¿Por qué el sótano es el sitio más frío en la casa?*
 4. *¿Por qué los póstigos para ventilar las habitaciones se disponen en la parte superior de la ventana?*
 5. *¿Con qué fin las chimeneas de las fábricas se hacen altas?*
 6. *¿Por qué en invierno el tiro en las chimeneas es mayor que en verano? Fundamentad la respuesta.*
 7. *¿Por qué en las chimeneas de metal el tiro es menor que en las de ladrillo de igual altura?*
-

76. Radiación

Estudiemos en un experimento un tipo más de transmisión de calor.

Tomemos un receptor de calor, que es una caja plana redonda. Una de sus caras está pulida como un espejo, la otra, está cubierta de pintura negra mate. Dentro de la caja hay aire, que puede salir por un orificio en el receptor. Unamos el receptor de calor con un manómetro de líquido (fig. 192) y acerquemos al receptor un hornillo eléctrico o bien un trozo de metal calentado a alta temperatura. Veremos que la columna de líquido en el manómetro se desplazará. Por lo visto, el aire en el receptor de calor se ha calentado y dilatado. El calentamiento del aire en el receptor de calor sólo puede explicarse por el hecho de que le fue transmitida energía del cuerpo caliente. *¿Cómo fue transmitida la energía en este caso? Está claro, que no a cuenta de la conductividad térmica, ya que entre el cuerpo caliente y el receptor de calor había aire, que posee pequeña conductividad térmica. Tampoco tuvo aquí lugar la convección, puesto que el receptor de calor no estaba sobre el cuerpo caliente, sino junto a él. Por lo tanto, la energía fue*

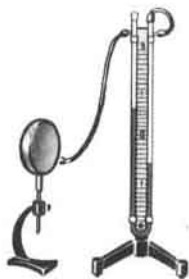


Fig. 192

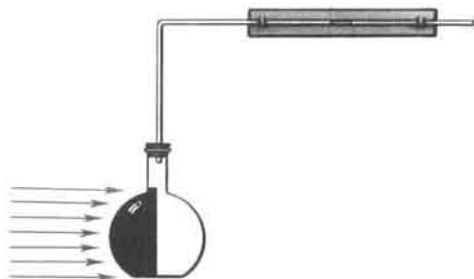


Fig. 193

transmitida desde el cuerpo caliente al receptor de calor con ayuda de un nuevo tipo de transmisión de calor, que recibe el nombre de radiación, la que es emitida por todos los cuerpos calientes.

El experimento descrito se puede realizar mediante un instrumento hecho por los propios escolares. Éste es un matraz ennegrecido por un lado. Por el tapón se introduce en el matraz un tubo de vidrio, doblado bajo un ángulo recto, con estrecho canal, en el que se encuentra cierta cantidad de líquido colorado (fig. 193).

La transmisión de la energía por radiación se distingue de otros tipos de transmisión de calor porque ella puede transcurrir en el vacío profundo. Por radiación se transmite a la Tierra la energía solar.

Todos los cuerpos irradian energía tanto los que están muy calientes, como los calentados débilmente: el cuerpo del hombre, una estufa, una bombilla eléctrica. Pero cuanto más alta es la temperatura del cuerpo, mayor cantidad de energía éste transmite por radiación.

La energía de la radiación, que incide sobre los cuerpos, se absorbe parcialmente por éstos, convirtiéndose en su energía interna, por lo que ellos se calientan. Con esto, los cuerpos se calientan de diferente manera, en dependencia del estado de su superficie.

Si en el experimento con el receptor de calor, lo colocamos primero de manera que dé al cuerpo caliente con el lado negro y después con el brillante, la columna de líquido en el manómetro se desplazará en el primer caso a mayor distancia que en el segundo. Esto nos muestra que los cuerpos con superficie negra absorben mejor la energía y se calientan más. Pero al mismo tiempo, los cuerpos con superficie oscura se enfrían con mayor rapidez por radiación que los cuerpos con superficie clara. Por ejemplo, en una tetera de color claro, el agua caliente se enfría con mayor lentitud que en una tetera oscura.

La capacidad de los cuerpos de absorber la energía de la radiación de distinto modo se utiliza por el hombre. Por ejemplo, los globos y las alas de los aviones se pintan, con el fin de que se calienten menos por el Sol, con pintura plateada. Si, por el contrario, es preciso utilizar la energía solar, por ejemplo, para calentar partes de algunos instrumentos instalados en los satélites artificiales de la Tierra, éstos se pintan de color oscuro.

¿ ?

1. ¿Qué estructura tiene el receptor de calor?
2. ¿Cómo se puede mostrar recurriendo a un experimento la transferencia de la energía por radiación?
3. ¿Qué cuerpos absorben mejor y cuáles peor la energía de la radiación?
4. ¿Cómo considera el hombre en la práctica la distinta capacidad de los cuerpos de absorber la energía de la radiación?

Ejercicios
40

1. Durante el verano el aire en el edificio se calienta recibiendo energía por diferentes procedimientos: a través de las paredes, de la ventana abierta, por la que entra el aire caliente, del cristal que deja pasar la energía solar. ¿Con qué tipo de transmisión de calor tropezamos en cada caso?
2. Cuando nos encontramos cerca de una hoguera o junto a una estufa abierta, sentimos cómo se calienta nuestro cuerpo. ¿Por qué procedimiento se nos transmite la energía de la hoguera? Fundamentad la respuesta.
3. Aducid ejemplos que muestren que los cuerpos de superficie oscura se calientan más por radiación que los de superficie clara.
4. ¿Por qué podemos afirmar que desde el Sol a la Tierra no puede transmitirse la energía por convección o por conductividad térmica?

77.

Ejemplos de transmisión de calor

1. TRANSMISIÓN DE CALOR Y EL MUNDO VEGETAL.

La temperatura de la capa inferior de aire y de la capa superficial del terreno tiene gran importancia para el desarrollo de las plantas.

En la capa de aire contigua a la Tierra y en la capa superior del terreno, tiene lugar la variación continua de la temperatura. Durante el día, la tierra absorbe la energía y se calienta, por la noche, a la inversa, se enfría. Sobre su calentamiento y enfriamiento influye la presencia de la vegetación. Por ejemplo, la tierra oscura arada, se calienta por radiación más fuertemente, pero se enfría con mayor rapidez que la tierra cubierta de vegetación.

Sobre el intercambio de calor entre el terreno y el aire también influye el tiempo. En las noches claras, sin nubes, el terreno se enfría en alto grado, pues la radiación emitida por éste se dirige sin obstáculos al espacio. Durante la primavera temprana, en semejantes noches puede haber heladas sobre la tierra. Si hace tiempo nublado, las nubes cubren la tierra y desempeñan el papel de pantallas peculiares que protegen la tierra contra la pérdida de energía por radiación.

Uno de los medios que permiten elevar la temperatura de un sector del terreno y del aire adyacente a éste, son los invernáculos, que permiten utilizar más plenamente la radiación del Sol. Un sector del terreno, por regla, algo profundizado, se cubre con marcos de vidrio. Éste transmite bien la radiación solar *visible*, que al incidir sobre la tierra oscura la calienta. Pero el vidrio obstaculiza el enfriamiento del aire adyacente a la tierra, ya que transmite mal la radiación *invisible* que emite la superficie calentada de la Tierra. De este modo, el vidrio de los invernáculos funciona como "trampa" para la energía. Dentro de éstos, la temperatura es unos 10°C mayor que en el terreno sin protección.



Fig. 194

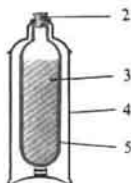


Fig. 195

2. TERMO. La transmisión de calor de un cuerpo más caliente a otro más frío, conduce a la nivelación de sus temperaturas. Por esta razón, si traemos a la habitación una tetera con agua caliente, ésta se enfría. Parte de su energía interna pasará a los cuerpos que la rodean. Con el fin de impedir que el cuerpo se enfríe o se caliente, hay que disminuir la transmisión de calor. Con esto, se tiende a proceder de forma que la energía no se transfiera por ninguno de los tres tipos de transmisión de calor: convección, conductividad térmica y radiación.

Para conservar calientes el agua, los alimentos o, a la inversa, proteger al hielo o los helados contra el derretimiento se utilizan los termos (fig. 194).

La fig. 195 nos ofrece la estructura del termo para líquidos 3. Consta de la botella 5 de vidrio de paredes dobles. La superficie interior de las paredes está cubierta de una capa brillante de metal, mientras que del espacio entre las paredes se ha extraído el aire. El espacio exento de aire entre las paredes no posee conductividad térmica, mientras que la capa brillante obstaculiza la transmisión de energía por radiación a causa de la reflexión. Para proteger el vidrio contra los deterioros, el termo se ubica en el estuche de cartón o metálico 4. El recipiente se cierra con el tapón 2. Sobre el estuche se enrosca el vaso 1 (fig. 194).

Ejercicios
41

1. Durante el vuelo de una nave cósmica, su envoltura se calienta a causa del rozamiento con el aire, así como por la radiación solar. ¿Cuál de estas causas del calentamiento adquiere mayor importancia al aumentar la altura de vuelo y al disminuir la misma? Fundamentada la respuesta.
2. Uno de los procedimientos para mantener una determinada temperatura en una nave cósmica o en un satélite artificial, consiste en que la envoltura de éste se hace doble y la cavidad se llena de gas (por ejemplo, de nitrógeno). Con ayuda de un ventilador, se hace que el gas circule junto a los instrumentos fuentes de calor y que transfiera la energía a la envoltura. ¿Por qué es preciso emplear la convección forzada en lugar de la libre?

78.

Cantidad de calor. Unidades de cantidad de calor

En los párrafos anteriores hemos estudiado los tipos de transmisión de calor.

Retornemos ahora al problema de utilización de la energía interna. Aclaremos cómo calcular, cuánto ha variado, en uno u otro caso, la energía interna de un cuerpo.

Comencemos por el caso de la transmisión de calor. Durante este fenómeno transcurre la transmisión de la energía interna de unos cuerpos a otros por medio de la conductividad térmica, la radiación o la convección.

Recibe el nombre de cantidad de calor aquella parte de la energía interna que el cuerpo adquiere o pierde por transmisión de calor.

La denominación "cantidad de calor" se refiere a la variación de la energía interna que tiene lugar *sólo mediante la transmisión de calor*. Este nombre no se utiliza para la variación de la energía interna obtenida al realizar trabajo sobre el cuerpo.

Para aprender a calcular la cantidad de calor, vamos a aclarar de qué magnitudes depende.

Si queremos calentar el agua en una tetera de forma que sólo llegue a estar templada, la calentamos poco tiempo, comunicándole una pequeña cantidad de calor. A la inversa, si queremos que el agua esté caliente, le transmitiremos mayor cantidad de calor. Por lo tanto, *mientras mayor sea el número de grados a que calentamos el agua, mayor cantidad de calor hay que transmitirle*. Claro está, que al enfriar el agua, ésta cede a los cuerpos que la rodean tanto mayor cantidad de calor, cuanto a mayor número de grados ella se enfria.

Pero para juzgar acerca de la cantidad de calor recibida por el cuerpo al calentarlo o cedida por él al enfriarse, no es suficiente saber a cuántos grados subió o bajó la temperatura. En efecto, una plancha incandescente, que no se puede tocar, no calienta una habitación, mientras que una estufa o un radiador de la calefacción central templado, cuya temperatura es de unos 60°C, puede calentar muy bien dicho local.

Todos nosotros hemos tenido que calentar agua y bien sabemos que una tetera llena de agua requiere para ser calentada mayor cantidad de calor que esa misma tetera llena sólo hasta la mitad. Cercioremónos en un experimento.

Pongamos en una misma cocina dos jarras, la primera con 200 g de agua, la segunda con 400 g. En la primera jarra, donde hay 200 g de agua, ésta se calienta hasta la ebullición antes que en la segunda. Quitémosla de la cocina y observemos la segunda jarra. Es preciso transmitirle cierta cantidad adicional de calor antes de que en ella el agua se caliente hasta la ebullición. Por lo tanto, *la cantidad de calor transmitida al cuerpo durante el calentamiento depende de su masa*: mientras mayor es la masa de agua, mayor cantidad de calor hay que consumir para su calentamiento.

Al enfriarse los cuerpos también se transmite a los objetos que los rodean tanto mayor cantidad de calor, cuanto mayor es la masa del cuerpo que se enfria. Por ejemplo, mientras más secciones contenga el radiador de la calefacción, mejor calienta éste la habitación.

Calentemos en dos quemadores idénticos dos recipientes que contengan: el primero 400 g de agua y el segundo 400 g de aceite vegetal. Así, pues, en los dos recipientes hay 400 g de cierta sustancia, es decir, las masas de los cuerpos que calentamos son iguales (fig. 196). También son iguales las condiciones de su calentamiento, ya que los recipientes reciben la energía de iguales quemadores. La diferencia sólo consiste en que en el segundo recipiente, en lugar de 400 g de agua, hay 400 g de aceite vegetal.

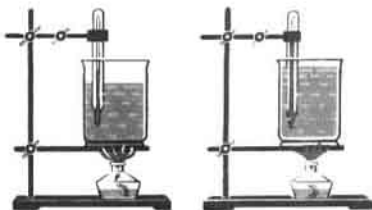


Fig. 196

Los termómetros nos mostrarán que en el segundo recipiente el calentamiento es más rápido. Para que la temperatura del agua se nivele con la del aceite, a ella hay que transmitirle una cantidad adicional de calor. Es evidente que para calentar iguales masas de agua y aceite a un mismo número de grados, se requiere diferente cantidad de calor: para el agua mayor que para el aceite. Por lo tanto, *la cantidad de calor transmitida al cuerpo durante su calentamiento depende también de la sustancia de que está compuesto.*

Así, pues, la cantidad de calor transmitida al cuerpo durante su calentamiento depende del género de la sustancia de que está compuesto, de la masa del cuerpo y de la variación de su temperatura.

Lo mismo que cualquier otro tipo de energía, la interna se mide en julios.

Como ya hemos establecido, recibe el nombre de cantidad de calor aquella parte de la energía interna que el cuerpo adquiere o pierde durante la transmisión de calor. Por consiguiente, la cantidad de calor también se mide en julios (J). También se utiliza la unidad kilojulio (kJ):

$$1 \text{ kJ} = 1000 \text{ J.}$$

¿ ?

1. ¿Qué comprendemos por cantidad de calor? ¿A qué procedimiento de variación de la energía interna se refiere esta denominación?
2. ¿Qué dependencia existe entre la cantidad de calor y la variación de la temperatura del cuerpo?
3. ¿Por qué sólo ateniéndose a la variación de la temperatura del cuerpo no se puede juzgar sobre la cantidad de calor que éste adquirió?
4. ¿Cómo depende la cantidad de calor en función de la masa del cuerpo?
5. Describid el experimento que muestra que la cantidad de calor es función del género de la sustancia de que el cuerpo está compuesto.
6. ¿De qué depende la cantidad de calor transmitida al cuerpo al calentarlo?
7. ¿Mediante qué unidades se miden la energía interna y la cantidad de calor?

Información histórica

Desde hace mucho tiempo, para medir la cantidad de calor se empleaba una unidad especial, la caloría.

La caloría es la cantidad de calor que hay que transmitir a 1 g de agua

para calentarla a 1°C. Su designación-cal.

También podemos decir que la caloría es la cantidad de calor que pierde un gramo de agua al enfriarse en 1°C.

Se hacía uso también de una unidad más grande de cantidad de calor, la kilocaloría: 1 kcal = 1000 cal.

Entre estas unidades y las unidades 1 J y 1 kJ existen las correlaciones:

$$1 \text{ cal} = 4,19 \text{ J} \approx 4,2 \text{ J}; \quad 1 \text{ kcal} = 4190 \text{ J} \approx 4200 \text{ J}.$$

79. Calor específico

Para calentar 1 kg de agua a 1°C, es preciso una cantidad de calor igual a 4200 J. Pero si a 1°C calentamos 1 kg de otra sustancia, será necesaria otra cantidad de calor (§ 78).

La cantidad de calor, necesaria para calentar una sustancia de 1 kg de masa a 1°C, recibe el nombre de calor específico de dicha sustancia.

El calor específico de la sustancia se designa con la letra *c* y se mide en J/kg·°C.

El calor específico del plomo es igual a 140 J/kg·°C. Esto quiere decir que para calentar una masa de 1 kg de plomo a 1°C hace falta una cantidad de calor igual a 140 J (o bien al enfriar 1 kg de plomo a 1°C se desprende una cantidad de calor de 140 J).

El calor específico muestra en cuántos julios varía la energía interna de una sustancia de 1 kg de masa al variar la temperatura en 1°C.

El calor específico de la sustancia cambia al pasar ésta de un estado a otro. Por ejemplo, el calor específico del agua es de 4200 J/kg·°C, mientras que el calor del hielo, 2100 J/kg·°C.

Cabe señalar que el calor específico del agua es muy alto. Por ello, el agua en los mares y los océanos, calentándose durante el verano absorbe gran cantidad de calor, por lo que en los lugares cercanos a grandes embalses de agua no hace tanto calor en verano, como en los sitios alejados del agua. En invierno, el agua se enfría y cede gran cantidad de calor y, por esto, en los primeros lugares el invierno no es muy riguroso.

Gracias a su gran calor específico, el agua es el líquido más cómodo para llenar los radiadores de la calefacción central y los calentadores.

Tabla 6

CALOR ESPECÍFICO DE ALGUNAS SUSTANCIAS, J/kg·°C

Oro	130	Hierro	460	Aceite vegetal	2000
Mercurio	140	Acero	500	Hielo	2100
Plomo	140	Hierro colado	540	Queroseno	2100
Estaño	230	Ladrillo	750	Éter	2350
Plata	250	Vidrio de laboratorio	840	Madera (roble)	2400
Cobre	380	Aluminio	920	Alcohol	2500
Zinc	380			Agua	4200
Latón	380				

¿ ?

1. ¿Qué llamamos calor específico de una sustancia?
2. ¿A qué es igual el calor específico del agua?
3. El calor específico del plomo es igual a $140 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$. ¿Qué significa esto?
4. ¿Cómo se relacionan el calor específico de una sustancia y la variación de su energía interna?
5. ¿Por qué la cercanía de los embalses de agua influye sobre la temperatura del aire?

80. Cálculo de la cantidad de calor, comunicada al cuerpo al calentarlo o que éste cede al enfriarse

Hemos aprendido de qué magnitudes depende la cantidad de calor y en qué unidades se mide.

Para calcular la cantidad de calor hay que conocer el calor específico de la sustancia con la que está hecho el cuerpo, la masa de éste y la diferencia entre su temperatura final e inicial.

Por ejemplo, hay que calcular qué cantidad de calor recibió una pieza de hierro de 5 kg de masa, al calentarla hasta 600°C .

El calor específico del hierro es igual a $460 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$, lo que significa que para calentar un trozo de hierro de 1 kg de masa a 1°C necesitamos 460 J .

Para calentar una pieza de hierro de 5 kg de masa a 1°C hará falta una cantidad de calor 5 veces mayor, es decir, $460 \text{ J} \times 5 = 2300 \text{ J}$; para calentar 5 kg de hierro a 600°C hará falta una cantidad de calor 600 veces mayor, o sea, $2300 \text{ J} \times 600 = 1\,380\,000 \text{ J}$.

Así, pues, para calcular la cantidad de calor necesaria para calentar un cuerpo, hay que multiplicar el calor específico por la masa del cuerpo y por la diferencia entre sus temperaturas final e inicial.

Esta regla, se puede escribir en forma de una fórmula, introduciendo las siguientes designaciones: Q —cantidad de calor, c —calor específico de la sustancia, m —masa del cuerpo, t_1 y t_2 —temperatura inicial y final del cuerpo, respectivamente. Entonces,

$$Q = cm(t_2 - t_1)$$

EJEMPLO 1. En una caldera de hierro de 10 kg de masa hay 20 kg de agua. ¿Qué cantidad de calor habrá que transmitir a la caldera para calentarla, junto con el agua, desde 10 hasta 100°C ?

Ambos cuerpos—la caldera y el agua—se calentarán conjuntamente. Entre ellos habrá intercambio de calor, y podemos considerar que sus temperaturas son iguales. Por esto, la caldera y el agua se calentarán a un mismo número de grados: $100^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C} = 90^\circ\text{C}$. Pero la cantidad de calor recibida por la caldera y por el agua, no serán iguales, ya que sus masas y calores específicos son diferentes.

La cantidad de calor recibida por la caldera

$$Q_1 = c_1 m_1 (t_2 - t_1),$$

$$Q_1 = 460 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C} \cdot 10 \text{ kg} \cdot 90^\circ\text{C} = 414\,000 \text{ J} \approx 400 \text{ kJ}.$$

La cantidad de calor recibida por el agua

$$Q_2 = c_2 m_2 (t_2 - t_1),$$

$$Q_2 = 4200 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C} \cdot 20 \text{ kg} \cdot 90^\circ\text{C} = 7\,560\,000 \text{ J} \approx 7600 \text{ kJ}.$$

Para calentar la caldera y el agua se ha consumido una cantidad de calor igual a

$$Q = Q_1 + Q_2,$$

$$Q = 400 \text{ kJ} + 7600 \text{ kJ} = 8000 \text{ kJ}.$$

EJEMPLO 2. Se han mezclado 0,8 kg de agua a una temperatura de 25°C y 0,2 kg de agua hirviendo. La temperatura de la mezcla fue medida y resultó ser igual a 40°C . Calcular qué cantidad de calor cedió al enfriarse el agua hirviendo y qué cantidad de calor recibió al calentarse el agua más fría. Comparar estas dos cantidades de calor.

El agua hirviendo se enfrió desde 100°C hasta 40°C , con ello cedió una cantidad de calor:

$$Q_1 = c_1 m_1 (t_2 - t_1),$$

$$Q_1 = 4200 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C} \cdot 0,2 \text{ kg} \cdot (100^\circ\text{C} - 40^\circ\text{C}) = 50\,400 \text{ J}.$$

El agua a la que fue vertida el agua hirviendo se calentó desde 25° hasta 40°C y recibió la cantidad de calor

$$Q_2 = c_2 m_2 (t - t_1),$$

$$Q_2 = 4200 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C} \cdot 0,8 \text{ kg} \cdot (40^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C}) = 50\,400 \text{ J}.$$

Como vemos, *la cantidad de calor cedida por el agua caliente y la cantidad de calor recibida por el agua fría, son iguales*. Este resultado no es casual. La experiencia muestra que si entre los cuerpos hay intercambio de calor, la energía interna de todos los cuerpos que se calientan aumenta tanto, como disminuye la energía interna de los cuerpos que se enfrían.

No obstante, si realizamos mediciones más exactas en los experimentos, en los que se mezcla el agua caliente con la fría, no obtendremos la igualdad exacta de la energía cedida y recibida. La energía cedida será mayor que la recibida. Esto encuentra su explicación en que, durante el experimento, parte de la energía se transmite al aire y al recipiente. La diferencia entre la cantidad de calor cedida y recibida, será tanto menor, cuanto menores sean las pérdidas de energía que se consiguen durante el experimento.

¿ ?

1. ¿Qué es preciso saber para poder calcular la cantidad de calor que ha recibido un cuerpo al calentarlo?
2. Explicad con un ejemplo cómo se calcula la cantidad de calor comunicada a un cuerpo al calentarlo o que se desprende del mismo al enfriarlo.
3. ¿Cómo se escribe la fórmula para calcular la cantidad de calor?
4. ¿A qué conclusión podemos llegar en el experimento donde se mezclan agua caliente y fría?

Ejercicios
42

1. El calor específico del aluminio es igual a $920 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$. ¿Qué significa esto?
2. ¿Cuál de los líquidos indicados en la tabla 6 se calienta con mayor rapidez a iguales condiciones de calentamiento? ¿Por qué?
3. ¿Por qué en calidad de medio refrigerador (por ejemplo, al refrigerar

los motores de combustión interna) el agua es el más ventajoso de los líquidos?

4. Calculad la cantidad de calor necesaria para calentar: a) una plancha de hierro fundido de 1,5 kg de masa en 200°C; b) una cuchara de aluminio de 50 g de peso desde 20 hasta 90°C; c) un horno de ladrillo de 2 t de masa, desde 10 hasta 60°C.

81 * Energía del combustible. Poder calorífico del combustible

Como sabemos, las moléculas constan de átomos. Por ejemplo, una molécula de agua está formada por un átomo de oxígeno y dos de hidrógeno. Las moléculas pueden ser divididas en átomos. Semejante división de una molécula recibe el nombre de reacción de descomposición. Para dividir una molécula en átomos hay que vencer las fuerzas de atracción entre éstos, realizar trabajo, es decir, consumir energía. Los experimentos nos muestran que, a la inversa, al agrupar átomos en moléculas se desprende energía.

Podemos aducir la siguiente comparación: entre la Tierra y todos los cuerpos existen fuerzas de atracción, por ello, cuando elevamos un cuerpo, alejándolo de la Tierra, se consume energía y realiza trabajo. Pero si el cuerpo, por ejemplo un martillo de forja, cae hacia la Tierra, el mismo realiza trabajo y su energía se puede utilizar.

El empleo del combustible está precisamente basado en el desprendimiento de energía durante la unión de los átomos en moléculas. El combustible usual (carbón, petróleo, gasolina, etc.) contiene carbono. Durante la combustión, los átomos de carbono se unen con los de oxígeno que contiene el aire. Cada átomo de carbono se une con dos átomos de oxígeno (fig. 197). La molécula que el tal caso se forma, es la molécula de óxido carbónico (IV) (gas carbónico). Durante su formación se desprende energía.

Existen diversos tipos de combustible: carbón, turba, leña, petróleo, esquistos y gas natural. Cuando un ingeniero tiene que calcular todo tipo de motores, él debe conocer con precisión la cantidad de calor que puede ceder el combustible que se quema. Con este fin, por vía experimental, hay que hallar que cantidad de calor se desprende al quemar la misma cantidad de diferentes tipos de combustible.

Se llama poder calorífico o potencia calorífica de un combustible la

Tabla 7

PODER CALORÍFICO DEL COMBUSTIBLE, J/kg

Leña seca	$1,0 \cdot 10^7$	Carbón vegetal	$3,4 \cdot 10^7$
Turba	$1,4 \cdot 10^7$	Gas natural	$4,4 \cdot 10^7$
Carbón pardo	$1,3 \cdot 10^7$	Petróleo	$4,4 \cdot 10^7$
Carbón de piedra	$2,7 \cdot 10^7 - 3,0 \cdot 10^7$	Gasolina	$4,6 \cdot 10^7$
Alcohol	$2,7 \cdot 10^7$	Queroseno	$4,6 \cdot 10^7$
Coque	$2,9 \cdot 10^7$	Hidrógeno	$12 \cdot 10^7$
Antracita	$3,0 \cdot 10^7$		



Fig. 197

cantidad de calor que se desprende al quemar por completo 1 kg del mismo.

El poder calorífico del combustible se designa con la letra q y se mide en J/kg.

El poder calorífico del combustible se determina por vía experimental. Los resultados de los experimentos se ofrecen en la tabla 7.

En la tabla, por ejemplo, vemos que el poder calorífico de la turba es igual a $1,4 \cdot 10^7$ J/kg. Esto significa que durante la combustión total de una masa de turba igual a 1 kg se desprenden $1,4 \cdot 10^7$ J.

Con el fin de calcular la cantidad de calor Q que se desprende al quemarse por completo una masa cualquiera de combustible m , hay que multiplicar su poder calorífico q por la masa del combustible que se quema

$$Q = qm.$$

¿ ?

1. ¿Qué es el poder calorífico de un combustible?
2. ¿En qué unidades se mide el poder calorífico del combustible?
3. ¿Qué significa la expresión "el poder calorífico del combustible es igual a $1,4 \cdot 10^7$ J/kg"?
4. ¿Cómo se calcula la cantidad de calor que se desprende al quemar el combustible?

Ejercicios
43

1. En la tabla 7, junto a la palabra "petróleo" está la cifra $4,4 \cdot 10^7$. ¿Qué significa esto? ¿Qué unidades de medida hay que poner junto a este número?
2. ¿Qué combustible—la leña seca o el carbón pardo—desprenderá, al quemarlo a iguales condiciones, mayor cantidad de calor? Fundamentad la respuesta.
3. ¿Qué cantidad de calor se desprende al quemar por completo 15 kg de carbón vegetal? ¿200 g de alcohol?
4. ¿Cuánto calor se desprenderá al quemar por completo un volumen de 2 l de queroseno?
5. Al quemar por completo leña seca, se han desprendido 50 000 J de energía. ¿Qué masa de leña se ha quemado?

82.

Principio de conservación y transformación de la energía en los procesos mecánicos y térmicos

En el § 71 ya hemos considerado la transformación de un tipo de energía en otro. Cuando un cuerpo cae, su energía potencial se convierte en cinética. Al caer una bola de plomo sobre una plancha de ese mismo metal, la energía mecánica se transforma en energía interna de la bola y la plancha. En el motor de un automóvil o tractor la energía interna del combustible se convierte en la energía mecánica de movimiento.

La energía mecánica y la interna pueden pasar de un cuerpo a otro. La

energía cinética del agua fluyente se transmite, por ejemplo, a la rueda de una turbina, en tanto que la energía del viento, a la hélice del motor eólico. La transición de la energía interna de un cuerpo a otro se observa durante la transferencia de calor, cuando dicha energía era transmitida de un cuerpo (por ejemplo, la estufa caliente) a otro (el aire de la habitación).

¿Se conservará la energía al pasar ella de un cuerpo a otro o al transformarse de un tipo a otro?

Después de examinar el ejemplo (pág. 163) y de hacer el trabajo de laboratorio para mezclar el agua caliente con la fría (pág. 286), nos hemos cerciorado que la cantidad de calor cedida por el agua caliente era igual a la cantidad de calor recibida por el agua fría. Así, pues, *la cantidad de energía interna cedida por un cuerpo, es igual a la recibida por el otro, es decir, el valor de la energía interna se ha conservado al pasar de un cuerpo a otro.*

Esta conclusión es válida no sólo para la energía interna.

Todos los demás complicados experimentos, que realizaremos más adelante, mostrarán que, durante cualesquiera transformaciones, el valor de la energía se conserva.

Las observaciones y experimentos condujeron al descubrimiento de uno de los fundamentales principios de física — el principio de conservación y transformación de la energía.

Este principio establece que la energía no desaparece ni se crea. Ella sólo se transforma de un tipo a otro o bien pasa de un cuerpo a otro.

La energía no puede aparecer en ningún cuerpo, a no ser que la ha recibido de otro cualquier cuerpo. Como ya sabemos, la energía del agua fluyente y del viento es obtenida a cuenta de la energía solar, la energía potencial de un cohete lanzado hacia arriba, a cuenta de la energía del combustible consumida durante su lanzamiento; en la habitación el aire se calienta, es decir, su energía interior aumenta a cuenta de la energía recibida de la estufa o del radiador de la calefacción.

El principio de conservación de la energía es uno de los más importantes principios de la naturaleza. Nosotros observamos sus manifestaciones tanto en la naturaleza viviente, como en la inanimada, este principio siempre se tiene en cuenta en las ciencias y en la técnica.

Al estudiar diversos mecanismos, hemos conocido la "regla de oro" de mecánica, de acuerdo con la cual ningún mecanismo puede proporcionar ganancia de trabajo. Esta regla es una de las manifestaciones del principio de conservación de la energía. En efecto, si al elevar un cuerpo con una palanca, hubiéramos recibido mayor trabajo del que realizamos, la energía potencial del cuerpo elevado sería mayor que la energía consumida, lo que de acuerdo con el principio de conservación de la energía es imposible.

El principio de conservación de la energía desmiente el mito de la creación del universo por Dios. De aquél se desprende que el mundo material no ha sido creado por nadie, existe eternamente en constante desarrollo.

¿ ?

1. Aducid ejemplos de transformación de la energía mecánica en interna y viceversa.
2. Aducid ejemplos de transición de la energía mecánica de un cuerpo a otro.

3. ¿Qué experimento nos muestra que al pasar la energía interna de un cuerpo a otro su valor se conserva?
4. ¿En qué consiste el principio de conservación de la energía?
5. ¿Qué importancia tiene el principio de conservación de la energía en las ciencias y la técnica?

Ejercicios
44

1. La maza de un martinete choca al caer contra el pilote y lo hinca en la tierra. ¿Qué transformaciones y transiciones de energía se producen en este caso? (Hay que tomar en consideración que durante el choque el pilote y la tierra se calientan.)
2. ¿Qué transformaciones de la energía cinética de un automóvil se producen durante su frenado?
3. Dos bolas iguales de acero caen de igual altura. Una cae sobre una plancha de acero y rebota, la segunda, cae sobre la arena y se atasca en ella. ¿Qué transiciones de energía se producen en cada caso?
4. Describid todas las transformaciones y transiciones de energía que se producen al frotar un tubo con éter, cerrado con un tapón (fig. 181).

Variación de los estados de agregación de la sustancia

83. Estados de agregación de la sustancia

En dependencia de las condiciones, una misma sustancia puede hallarse en estado sólido, líquido o gaseoso. Un evidente ejemplo, es el hielo, agua y vapor de agua. Estos estados reciben el nombre de estados de agregación.

La transición de la sustancia de un estado de agregación a otro, es utilizada extensamente en la práctica. Por ejemplo, en metalurgia funden los metales para obtener de ellos aleaciones: hierro colado, acero, bronce, latón y otras. El vapor, que obtenemos del agua al calentarla, es utilizado en las centrales termoeléctricas, en las turbinas de vapor y para otros muchos fines técnicos. Los gases licuados se emplean en las instalaciones refrigeradoras.

En la naturaleza, en amplia escala, transcurren las variaciones de los estados de agregación. De las superficies de los océanos, mares, lagos y ríos se evapora el agua, mientras que al enfriarse el vapor de agua se forman las nubes, el rocío, la niebla o la nieve. En muchos lugares de la Tierra, en invierno se congelan los ríos y los lagos, mientras que en primavera se derriten la nieve y el hielo.

Para comprender todos los procesos indicados más arriba y con el fin de poder gobernar muchos de ellos, debemos conocer cuándo y a qué condiciones la sustancia se encuentra en uno u otro estado de agregación, cuáles son las propiedades de cada uno de estos estados y qué es necesario para la transformación de la sustancia de un estado de agregación a otro.

Ya sabemos, que *en una misma sustancia en estado sólido, líquido y gaseoso las moléculas son las mismas*, en nada difieren entre sí. Uno u otro estado de agregación de la sustancia se determina por la disposición o el carácter de la interacción de sus moléculas (§ 13).

A la presión atmosférica, la distancia entre las moléculas de los gases es mucho mayor que las propias moléculas, por lo que la atracción entre ellas es pequeña. La energía cinética media de las moléculas de un gas es más que suficiente para realizar trabajo con el fin de vencer las fuerzas de atracción molecular. Por esta causa, si el gas no es obstaculizado por las paredes del recipiente, sus moléculas vuelan en todas las direcciones.

En los líquidos y sólidos, cuya densidad es mucho mayor que la de los gases, las moléculas se disponen entre sí más cerca. Su energía cinética media ya no es suficiente para realizar trabajo con el fin de vencer las fuerzas de la atracción molecular. Por este motivo, en los líquidos y, en particular, en los sólidos, las moléculas no pueden alejarse mucho unas de otras.

En física, reciben el nombre de sólidos los cuerpos de estructura cristalina. A diferencia de los líquidos y los gases, sus partículas están dispuestas de *forma ordenada*. Para que éstas pasen de la disposición ordenada a la desordenada, es preciso realizar trabajo para vencer las fuerzas de atracción molecular. Con esto, varía la energía interna de la sustancia. Cuando una sustancia pasa del estado sólido al líquido y, seguidamente, al gaseoso, la energía interna del cuerpo aumenta incluso en caso de que su temperatura no varíe. Durante la transición inversa de la sustancia del estado gaseoso al líquido y de éste, al sólido, se desprende una cantidad determinada de energía, por lo que su energía interna disminuye.

¿ ?

1. ¿En qué tres estados de agregación puede encontrarse una misma sustancia?
2. ¿Qué valor práctico tienen los fenómenos de transición de una sustancia de un estado de agregación a otro?
3. ¿Qué es lo que determina uno u otro estado de agregación de la sustancia?
4. ¿Cuáles son las particularidades de la estructura molecular de los gases, líquidos y sólidos?
5. ¿Cómo varía la energía interna de un cuerpo cuando una sustancia pasa del estado sólido al líquido y de éste al gaseoso?

84 * . Fusión y solidificación de los cuerpos cristalinos

Si comunicamos energía a un cuerpo, podemos hacerlo pasar del estado sólido al líquido (por ejemplo, derretir el hielo) y de éste al gaseoso (convertir el agua en vapor). Cuando quitamos energía a un gas, podemos obtener un líquido, y de éste, un sólido.

La transición de una sustancia del estado sólido al líquido recibe el nombre de fusión.

Para fundir un cuerpo, hay que calentarlo primero hasta determinada temperatura.

La temperatura a la que la sustancia se funde es denominada de fusión de la materia.

Unos cuerpos cristalinos se funden a baja temperatura, otros, a alta. Por ejemplo, el hielo se funde a 0°C , la naftalina, a 80°C . Al colocar una probeta con naftalina sólida en agua hirviendo, podemos obtener naftalina líquida. Un trozo de plomo o estaño puede ser fundido en una cuchara de acero que

calentamos sobre un invernillo de alcohol. En lo que atañe al hierro colado y al acero, éstos se funden a muy alta temperatura, cerca de mil quinientos grados centígrados.

La transición de una sustancia del estado líquido al sólido recibe el nombre de solidificación o cristalización.

Para que comience la cristalización de un cuerpo fundido, éste debe enfriarse hasta determinada temperatura.

La temperatura a la que la sustancia se solidifica (cristaliza) es llamada de solidificación o cristalización.

La experiencia muestra que las sustancias se solidifican a la misma temperatura que se funden. Por ejemplo, el agua se cristaliza (lo mismo que el hielo se funde) a 0°C , el hierro puro se funde y cristaliza a la temperatura de 1539°C .

Podremos advertir, que si calentamos cierto cuerpo cristalino, su temperatura crecerá sólo hasta el momento en que comienza la fusión del cuerpo, durante todo el proceso de fusión la temperatura del cuerpo queda invariable. A esta temperatura, parte del cuerpo está en estado líquido, otra parte, en sólido.

Tabla 8

TEMPERATURA DE FUSIÓN DE ALGUNAS SUSTANCIAS. $^{\circ}\text{C}$ (A PRESIÓN ATMOSFÉRICA NORMAL)

Hidrógeno	-259	Sodio	98	Cobre	1085
Oxígeno	-219	Estaño	232	Hierro	1100-1300
Nitrógeno	-210	Plomo	327	colado	
Alcohol	-114	Ambar	350-380	Acero	1300-1500
Mercurio	-39	Zinc	420	Hierro	1539
Hielo	0	Aluminio	660	Platino	1772
Cesio	29	Plata	962	Osmio	3045
Potasio	63	Oro	1064	Tungsteno	3387

En la tabla 8 podemos advertir que las temperaturas de fusión de diversas sustancias abarcan amplios límites.

¿ ?

1. ¿Qué proceso se llama fusión?
2. ¿Qué proceso se llama solidificación?
3. ¿Cómo se denomina la temperatura a la que la sustancia se funde o solidifica?

Ejercicios

45

1. Comparad la temperatura de fusión del mercurio y alcohol sólidos.
2. ¿Cuál de los metales enumerados en la tabla 8 es el de menor temperatura de fusión? ¿Cuál es el más refractario?
3. ¿Si echamos en estaño fundido un trazo de plomo, éste se fundirá? Fundamentad la respuesta.
4. ¿Es posible fundir zinc en un recipiente de aluminio? Fundamentad la respuesta.
5. ¿Por qué en regiones frías se emplean termómetros de alcohol y no de mercurio para medir la temperatura del aire exterior?
6. Leed al final del libro el parágrafo 11. "Cuerpos amorfos. Fusión de los cuerpos amorfos". Sobre este tema preparad una conferencia.

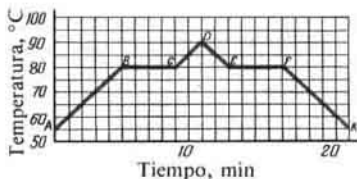


Fig. 198

85. Gráfica de fusión y solidificación de cuerpos cristalinos

La fig. 198 nos ofrece la gráfica de fusión y cristalización de la naftalina. Comenzamos a observar la temperatura de la naftalina sólida desde los 55°C . Durante el posterior calentamiento, la temperatura de la naftalina creció hasta que llegó a 80°C (en la gráfica, el sector AB). A esta temperatura la naftalina comenzó a fundirse. En el transcurso de toda la fusión, la temperatura de la naftalina no varió, aunque el quemador seguía encendido. A esto corresponde el sector horizontal BC de la gráfica.

Después de la fusión de toda la naftalina, es decir, de que ésta se convirtió en líquido, la temperatura empezó a subir y alcanzó 90°C (en la gráfica, el punto D). A continuación, el quemador fue apagado y la naftalina líquida comenzó a enfriarse. Cuando la temperatura disminuyó hasta 80°C , se inició el proceso de cristalización y hasta que toda la naftalina se cristalizó, la temperatura no varió. En la gráfica esto corresponde al sector horizontal EF . Sólo después de esto, la temperatura de la naftalina, ya sólida, empezó a bajar (en la gráfica, sector FK).

¿ ?

1. ¿Cómo analizando una gráfica podemos juzgar sobre las variaciones de la temperatura de la sustancia al calentarla y enfriarla?
2. ¿Qué sectores de la gráfica se refieren a la fusión y solidificación de la naftalina? ¿Por qué estos sectores son paralelos al eje del tiempo?

86. Fusión y solidificación sobre la base de la teoría de la estructura molecular de la materia

La fusión y solidificación de los cuerpos cristalinos puede ser explicada sobre la base de la teoría atómico-molecular de la materia.

Como sabemos, las moléculas (o los átomos) están dispuestas en los cristales en riguroso orden. De este modo se explica que todos los cristales de una misma sustancia tienen determinada forma. No obstante, en los cristales, las moléculas o bien los átomos también se encuentran en movimiento. Pero a diferencia, por ejemplo, de los gases, donde las partículas se desplazan independientemente unas de otras, en los sólidos, cada una de ellas ejerce influencia sobre el movimiento de las demás.

Además sabemos que de la velocidad del movimiento de las moléculas

depende la temperatura del cuerpo. A medida de calentarlo, la velocidad media de movimiento de las moléculas crece por lo que también aumenta su energía cinética media. Por esta causa, la *amplitud de las vibraciones* de las moléculas (o los átomos) *aumenta* y, con ello, las *fuerzas* que las ligan entre sí, *disminuyen*. Cuando el cuerpo se calienta hasta la temperatura de fusión, la amplitud de las vibraciones aumenta hasta tal grado que *se altera el orden en la disposición de las partículas en los cristales*. Éstos pierden su forma: la sustancia se funde y pasa del estado sólido al líquido.

Durante la cristalización de la sustancia todo transcurre en orden inverso: disminuye la energía cinética media y la velocidad de las moléculas en la sustancia fundida que se enfría. Las fuerzas de atracción pueden de nuevo mantener las moléculas en lento movimiento unas junto a otras. Como resultado, *la disposición de las partículas se hace otra vez ordenada.*

Si desde un principio están presentes en el líquido cualesquiera partículas ajenas, por ejemplo, granos de polvo, esto favorece a la cristalización. Dichas partículas se convierten en centros de cristalización. En condiciones corrientes, en el líquido hay múltiples centros de cristalización, alrededor de los cuales transcurre la formación de cristales.

¿ ?

1. ¿Cómo se puede explicar el proceso de fusión y solidificación de la sustancia desde el punto de vista de la estructura molecular de la materia?
2. ¿Bajo qué condición comienza la cristalización de la materia?

87.

Calor específico de fusión

En la gráfica (fig. 198) vemos de modo muy evidente que, mientras la naftalina se funde, su temperatura no cambia. Sólo después de que ella se ha fundido por completo, comienza a subir la temperatura del líquido formado. Pero, durante el proceso de fusión, la naftalina también recibe la energía del combustible que arde en el quemador. Del principio de conservación de la energía sigue, que ésta no puede desaparecer. ¿En qué se consume la energía del combustible en el proceso de fusión?

Podremos responder a esta pregunta si recordamos que durante la fusión se produce la destrucción del cristal. Para este fin se consume la energía.

Por consiguiente, después de que un cuerpo cristalino ya se ha calentado hasta la temperatura de fusión, la energía que recibe éste se consume para variar su energía interna durante la transición al estado líquido.

Recibe el nombre de *calor específico de fusión* la cantidad de calor necesaria para, a la temperatura de fusión, convertir en líquido una sustancia cristalina de masa igual a 1 kg.

El calor específico de fusión se mide en J/kg y designa por $\lambda^{1)}$.

Esta magnitud se determina por vía experimental. Por ejemplo, de este modo fue establecido que el calor específico de fusión del hielo es igual

¹⁾ λ —letra griega lambda.

a $3,4 \cdot 10^5$ J/kg. Esto significa, que para convertir un trozo de hielo de 1 kg de masa, tomado a 0°C , en agua a esa misma temperatura hay que consumir $3,4 \cdot 10^5$ J.

Tabla 9

CALOR ESPECÍFICO DE FUSIÓN DE ALGUNAS SUSTANCIAS, J/KG (A PRESIÓN ATMOSFÉRICA NORMAL)

Aluminio	$3,9 \cdot 10^5$	Acero	$0,84 \cdot 10^5$
Hielo	$3,4 \cdot 10^5$	Oro	$0,67 \cdot 10^5$
Hierro	$2,7 \cdot 10^5$	Estaño	$0,59 \cdot 10^5$
Cobre	$2,1 \cdot 10^5$	Plomo	$0,25 \cdot 10^5$
Plata	$0,87 \cdot 10^5$	Mercurio	$0,12 \cdot 10^5$

Por lo tanto, a la temperatura de fusión, la energía interna de una sustancia de 1 kg de masa en estado líquido es mayor que la energía interna de esa misma masa de sustancia en estado sólido en el valor del calor específico de fusión.

Por ejemplo, la energía interna de 1 kg de agua a la temperatura de 0°C es $3,4 \cdot 10^5$ J mayor que la energía interna de un trozo de hielo de masa igual a 1 kg a esa misma temperatura.

Para calcular la cantidad de calor Q necesaria para la fusión de un cuerpo de masa m , tomado a la temperatura de fusión, hay que multiplicar el calor específico de fusión λ por la masa del cuerpo:

$$Q = \lambda m.$$

EJEMPLO. Para preparar el té, un turista puso en una caldereta 2 kg de hielo a la temperatura de 0°C . ¿Qué cantidad de calor es necesaria para convertir en agua hirviendo a 100°C de temperatura esta masa de hielo?

¿Cuánto calor sería necesario si, en lugar de hielo, el turista hubiera tomado 2 kg de agua a 0°C de temperatura?

Datos:

$$m = 2 \text{ kg}$$

$$t_1 = 0^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 100^\circ\text{C}$$

$$\lambda = 3,4 \cdot 10^5 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$

$$c = 4,2 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$Q = ?$

Solución:

Ante todo, el hielo debe derretirse para lo que es precisa la cantidad de calor:

$$Q_1 = \lambda m,$$

$$Q_1 = 3,4 \cdot 10^5 \frac{\text{J}}{\text{kg}} \cdot 2 \text{ kg} = 6,8 \cdot 10^5 \text{ J.}$$

Para calentar el agua obtenida del hielo de 0 a 100°C es necesaria la cantidad de calor:

$$Q_2 = cm(t_2 - t_1),$$

$$Q_2 = 4,2 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 2 \text{ kg} \cdot (100^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C}) = 8,4 \cdot 10^5 \text{ J.}$$

La cantidad total de calor

$$Q = Q_1 + Q_2$$

$$Q = 6,8 \cdot 10^5 \text{ J} + 8,4 \cdot 10^5 \text{ J} = 1,52 \cdot 10^6 \text{ J.}$$

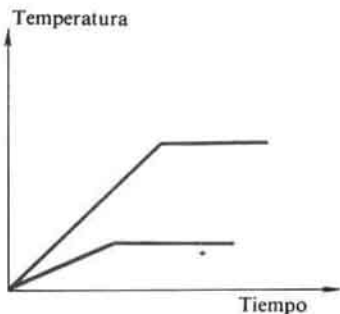


Fig. 199

Si en lugar de hielo hubiésemos tomado 2 kg de agua a 0°C de temperatura, sólo sería necesaria la cantidad de calor precisa para su calentamiento de 0 a 100°C , es decir, $Q_2 = 8,4 \cdot 10^5 \text{ J}$.

¿ ?

1. ¿Cómo se puede explicar que durante todo el proceso de fusión de un cuerpo cristalino su temperatura no varía?
2. ¿En qué se gasta la energía del combustible que se quema en el calentador durante la fusión de un cuerpo cristalino?
3. ¿Qué llamamos calor específico de fusión?
4. ¿En qué unidades se expresa el calor específico de fusión?

Ejercicio
46

En la fig. 199 vemos la gráfica de la dependencia entre la variación de la temperatura y el tiempo de dos cuerpos de igual masa. ¿Para cuál de ellos es más alto el punto de fusión? ¿Cuál de ellos tiene mayor calor de fusión? ¿Es igual el calor específico de los cuerpos?

88. Desprendimiento de energía durante la solidificación de la sustancia

Retornemos a la gráfica de fusión y cristalización de la naftalina (fig. 198) y examinemos aquella de sus partes que se refiere al enfriamiento de ésta.

Durante el enfriamiento de la naftalina fundida, su temperatura baja. Pero en cuanto ella comienza a solidificarse, la disminución de la temperatura cesa, a pesar de que la naftalina continúa cediendo su energía interna a los cuerpos que la rodean, ya que su temperatura es más alta que la de éstos. Por esto, hasta que toda la naftalina no se solidifique, su temperatura no variará. Pero en el momento en que quede cristalizada por completo, la temperatura comenzará de nuevo a descender.

En todo cuerpo cristalino podemos observar semejante fenómeno. ¿Por que no baja la temperatura de un cuerpo cristalino durante su solidificación?

Ya sabemos que a la temperatura de solidificación, la energía interna del cuerpo en estado líquido es mayor que la de ese mismo cuerpo en estado sólido. Durante todo el tiempo que dura la solidificación, la energía interna excesiva se desprende y compensa la pérdida de energía a causa del enfriamiento. Por esta causa, la energía media de las moléculas y, por lo

tanto, la temperatura del cuerpo quedan invariables hasta el momento en que termina el proceso de solidificación. A partir de este lapso, empieza a bajar la temperatura del sólido, ya que la reducción de la energía interna de éste ya no será compensada.

Experimentos realizados con minuciosidad nos muestran que durante la solidificación de una sustancia cristalina, se desprende una cantidad de calor exactamente igual a la que se absorbió durante su fusión. Por ejemplo, durante la solidificación de una masa de agua igual a 1 kg a la temperatura de 0°C , se desprenden $3,4 \cdot 10^5$ J. Pero, precisamente esa misma cantidad de calor, necesitaremos para la fusión de un trozo de hielo de 1 kg de masa a la temperatura de 0°C .

-
- ¿ ?
1. Cómo podemos explicar que, durante el proceso de solidificación de la sustancia, la temperatura de ésta se mantiene invariable?
 2. ¿Qué cantidad de energía se desprende durante la solidificación de 1 kg de agua?

-
- Ejercicios
47
1. Un trozo de hielo en fusión fue traído a una habitación en la que la temperatura era 0°C . ¿Continuará deritiéndose el hielo en esa habitación?
 2. En un cubo con agua flotan dos trozos de hielo. La temperatura común del agua y el hielo es de 0°C . ¿Se fundirá el hielo o se congelará el agua? ¿De qué depende esto?
 3. ¿Cuánta energía hay que consumir para fundir 4 kg de hielo a 0°C ?
 4. ¿Cuánta energía hay que consumir para fundir 20 kg de plomo a la temperatura de fusión? ¿Cuánta energía será necesaria para esto, si la temperatura inicial del plomo era 27°C ?

-
- Tareas
1. Poned en un infiernillo dos botes iguales de hojalata. En uno de ellos echamos 0,5 kg de agua, en el otro, 0,5 kg de nieve. Advertid cuánto tiempo hará falta para que hierva el agua en los dos botes. Escribid un breve resumen acerca del experimento y explicad sus resultados.
 2. Preparad una conferencia sobre el tema "Fundición de los metales" y leed el parágrafo 12 al final del manual.

89. Evaporación y condensación

Como sabemos, la temperatura de un líquido, lo mismo que la de un sólido o gas, está ligada con la velocidad de movimiento de sus moléculas. Mientras mayor sea la velocidad media de éstas, más alta será la temperatura del líquido. Pero hay moléculas aisladas de éste que se mueven a velocidades tanto mayores, como menores que la media. Si cierta molécula, lo suficientemente "rápida", va a parar a la superficie del líquido, aquélla puede vencer la atracción de las moléculas vecinas y abandonar el líquido. Las moléculas que abandonan este último forman vapor sobre la superficie del mismo. Recibe el nombre de evaporación el fenómeno de transición de las moléculas del líquido al vapor.

La velocidad de evaporación depende de varias causas.

Si una hoja de papel se moja por un lado de éter y, por el otro, de agua, notaremos que el primero se evaporará con mayor rapidez que el agua. Así,

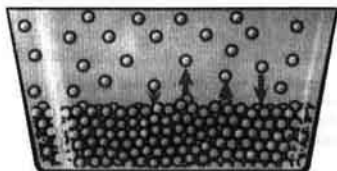


Fig. 200

pues, la velocidad de evaporación depende del género del líquido. Con mayor rapidez se evapora aquel líquido, cuyas moléculas atraerse entre sí con menos fuerza, ya que en semejante caso pueden vencer la fuerza de atracción y escapar del líquido mayor cantidad de moléculas.

Como en todo líquido siempre hay cierta cantidad de moléculas en rápido movimiento, la evaporación debe transcurrir a toda temperatura. Las observaciones nos lo demuestran. Por ejemplo, los charcos de agua, formados después de la lluvia, se secan tanto en verano, cuando hace calor, como en otoño, cuando ya hace frío. Pero en verano se secan con mayor rapidez. La cuestión radica en que mientras más alta sea la temperatura del líquido, mayor será la parte de moléculas en rápido movimiento, capaces de vencer la fuerza de atracción de las moléculas circundantes y volar de la superficie del líquido. Por esta razón, cuanto más alta sea la temperatura del líquido, tanto con mayor rapidez transcurre la evaporación.

Del mismo modo que las moléculas del líquido pasan al vapor, transcurre el proceso inverso. Parte de las moléculas que han abandonado el líquido, al moverse de forma caótica sobre la superficie de éste, de nuevo retornan a él. Semejante transición de las moléculas del vapor al líquido, recibe el nombre de condensación.

Si la evaporación del líquido se produce en un recipiente cerrado, el número de moléculas de vapor que retorna de nuevo al líquido. Por esta razón, no varía la cantidad de líquido en el recipiente cerrado a pesar de que él continúa evaporándose (fig. 200).

En un recipiente abierto, a causa de la evaporación, la cantidad de líquido disminuye, ya que la mayoría de las moléculas de vapor se disipan por el aire y no retornan al líquido. Sólo una pequeña parte de ellas vuelve al líquido, frenando así la evaporación de éste. Por esto, al hacer viento, cuando éste se lleva las moléculas, la evaporación del líquido transcurre más rápidamente.

Si echamos un mismo volumen de agua en un recipiente estrecho y en otro ancho, en el segundo, el líquido se evaporará con mayor rapidez. Por ejemplo, si el agua se encuentra en un plato, ella se evaporará más de prisa que al estar en un vaso. La ropa tendida, se seca antes que al estar arrugada. La explicación de este fenómeno yace en que el líquido se evapora de la superficie y mientras mayor sea la superficie libre del líquido, mayor cantidad de moléculas sale simultáneamente de ella al aire. Es decir, la velocidad de evaporación de un líquido depende del área de su superficie.

Las observaciones y los experimentos muestran que los sólidos también se evaporan. Por ejemplo, se evapora el hielo, por esto, la ropa se seca

también en el aire helado. El olor de los sólidos puede ser explicado por su evaporación.

¿ ?

1. ¿Cómo está relacionada la temperatura del líquido con la velocidad de movimiento de las moléculas?
2. ¿Qué fenómeno se llama evaporación?
3. ¿Cómo explicar que la evaporación del líquido tiene lugar a cualquier temperatura?
4. ¿Cómo llamamos el proceso de transición del vapor al líquido?
5. Enumerad y explicad todas las causas de las que depende la velocidad de evaporación del líquido.

90 * **Absorción de la energía durante la evaporación de un líquido y desprendimiento de la misma durante la condensación del vapor**

Cuando las moléculas salen de un líquido, éstas vencen la fuerza de atracción por parte de las restantes moléculas, es decir, realizar trabajo contra estas fuerzas. Sin embargo, no todas las moléculas del líquido pueden realizar el necesario trabajo, sino que sólo aquellas que poseen la energía cinética y la velocidad suficientes para ello.

Pero si durante la evaporación salen del líquido las moléculas más rápidas, la velocidad media de las restantes disminuye y, con ello, la energía cinética media de las moléculas que han quedado en el líquido se reduce. Esto significa que la energía interna del líquido en evaporación disminuye. Por esto, si no hay aportación de energía del exterior, el líquido que se evapora se enfriará.

En un experimento podemos observar el enfriamiento del líquido durante la evaporación. Con este fin, envolvamos en algodón el depósito de un termómetro (o con un trozo de tejido) e impregnémoslo de éter. Esta sustancia, que se evapora rápidamente, absorbe parte de la energía interna del depósito del termómetro, a causa de lo cual la temperatura de éste baja. Si mojamos la mano con éter, sentiremos que ésta se enfría.

Incluso durante un día caluroso, al salir del agua, sentimos frío. Al evaporarse de la superficie de nuestro cuerpo, el agua absorbe de él cierta cantidad de calor.

Sin embargo, durante la evaporación del agua de un vaso, no observamos la reducción de su temperatura. ¿Cómo explicar esto? La cuestión reside en que en nuestro caso la evaporación transcurre con lentitud y la temperatura del agua se mantiene constante a cuenta de la cantidad de calor que afluye del aire circundante. Así, pues, para que la evaporación de un líquido transcurra sin cambio de su temperatura, debemos transmitir al líquido energía. Por ejemplo, para evaporar una masa de agua igual a 1 kg, a la temperatura de 35 °C, se necesitan $2,4 \cdot 10^6$ J, mientras que para evaporar esa misma masa de éter, a la misma temperatura (35 °C), $0,4 \cdot 10^6$ J de energía.

La evaporación tiene gran importancia en la vida de los animales. La obstaculización de la evaporación altera la termotransferencia y puede provocar el sobrecalentamiento del cuerpo.

Dijimos que el proceso de transición de las moléculas del vapor al líquido se llama condensación.

La condensación del vapor va acompañada del desprendimiento de energía.

Por las tardes veraniegas, cuando el aire se enfría, se precipita el rocío. Éste es vapor de agua que se encuentra en el aire y que al enfriarse, se precipita, sobre la hierba y las hojas en forma de pequeñas gotas de agua.

Por la condensación del vapor se explica la formación de las nubes. Los vapores de agua que se elevan sobre la Tierra, crean en las capas altas, más frías del aire las nubes, que constan de pequeñísimas gotitas de agua.

¿ ?

1. ¿Qué trabajo realizan las moléculas que abandonan el líquido durante la evaporación?
2. ¿Cómo se explica la reducción de la temperatura de un líquido durante su evaporación?
3. ¿Cómo podemos mostrar en un experimento el enfriamiento de un líquido durante la evaporación?
4. ¿Cómo podemos explicar que a iguales condiciones unos líquidos se evaporan con mayor rapidez, otros con menor?
5. ¿A qué condiciones transcurre la condensación del vapor?
6. Qué fenómenos de la naturaleza se pueden explicar por la condensación del vapor?

Ejercicios
48

1. ¿Con qué tiempo se secan con mayor rapidez los charcos de agua después de la lluvia? ¿Cómo explicar esto?
2. ¿Por qué el té caliente enfría antes si soplamos sobre él?
3. Cuando hace calor el sudor enfría el cuerpo. ¿Por qué?
4. ¿Por qué el calor se soporta mejor cuando el aire es seco y peor, al ser húmedo?
5. Con objeto de obtener agua fría durante el calor veraniego, ésta se echa en recipientes de arcilla débilmente cocida, a través de la cual el agua sale con lentitud por los poros. En semejantes recipientes el agua está más fría que el aire circundante. ¿Por qué?
6. Una pequeña cantidad de agua se encuentra en un vaso y una cantidad igual, en un plato. ¿De dónde se evaporará el agua con mayor rapidez? ¿Por qué?
7. Sobre un vidrio o una tabla se aplican con un pincel diversos líquidos: éter, alcohol, agua y aceite. Observándolos, advertiremos que los líquidos se evaporarán a diferentes velocidades. Realizad este experimento y explicadlo.
8. ¿Con qué objeto, en verano, después de la lluvia o del regadío, el sector junto al tronco de los árboles frutales se cubre con una capa de mantillo, estiércol o turba?
9. Leed al final del libro el parágrafo 13. "Refrigeradores".

91.

Ebullición

Es interesante observar en un experimento los fenómenos que transcurren en un líquido en calentamiento. Con ese fin, vamos a calentar el agua en un recipiente abierto de vidrio (fig. 201, a). Ante todo, veremos que de la superficie del agua hay evaporación. A veces incluso es posible observar la neblina que se forma sobre el recipiente: el vapor de agua se mezcla con el aire frío y se condensa en forma de pequeñas gotitas.

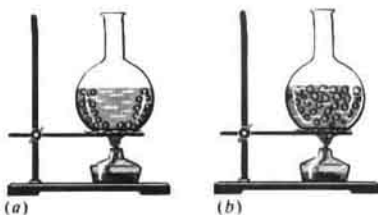


Fig. 201

Claro está, que el propio vapor es invisible.

Si continuamos elevando la temperatura, observaremos en el agua la aparición de múltiples pequeñas burbujas. Sus dimensiones crecen gradualmente. Éstas son burbujas de aire, que siempre está diluido en el agua. Mientras más fría esté ésta, mayor cantidad de aire puede ser diluido en ella. Por esta razón, durante el calentamiento, el exceso de aire se desprende del agua en forma de burbujas. Éstas no sólo contienen aire, sino también vapor de agua, ya que ésta se evapora también en el interior de las burbujas de aire.

A medida que el agua se calienta, las burbujas se hacen mayores y su cantidad aumenta. Con el crecimiento del tamaño de las burbujas, crece asimismo la fuerza de empuje que las expulsa del agua y ellas emergen. En este momento, es cuando se oye el "ruido" que, por regla, precede a la ebullición. A determinada temperatura, al aproximarse a la superficie, el volumen de las burbujas aumenta bruscamente. Ellas revientan y el vapor de agua que contienen sale a la atmósfera, es decir, el agua hierve (fig. 201, *b*).

Recibe el nombre de temperatura de ebullición (o punto de ebullición) aquella a la que el líquido ebulle.

Durante la ebullición, la temperatura del líquido no varía.

Tabla 10

TEMPERATURA DE EBULLICIÓN DE ALGUNAS SUSTANCIAS,
°C (A PRESIÓN ATMOSFÉRICA NORMAL)

Hidrógeno	-253	Agua	100
Oxígeno	-183	Mercurio	357
Amoníaco	-33	Plomo	1740
Éter	35	Cobre	2567
Alcohol	78	Hierro	2750

En la tabla podemos observar que las sustancias, que a condiciones normales son gases, siendo suficiente su enfriamiento, se convierten en líquidos con temperaturas muy bajas de ebullición. Por ejemplo, el oxígeno líquido hierve a presión atmosférica normal a -183°C . A la inversa, sustancias que a condiciones normales se encuentran en estado sólido se convierten durante la fusión en líquidos que hierven a temperaturas muy altas. Por ejemplo, el cobre ebulle a 2567°C ; el hierro, a 2750°C .

¿ ?

1. Qué fenómenos observamos en un líquido que se calienta, antes de que comience a hervir?
2. ¿Qué fuerzas actúan sobre las burbujas de aire, llenas de vapor, cuando se encuentran en el seno del líquido?
3. ¿Qué se llama temperatura de ebullición de un líquido?

92. Calor específico de vaporización y condensación

Ya sabemos (§ 90) que, para mantener la temperatura constante de un líquido en evaporación, hay que transmitirle determinada cantidad de calor.

Como hemos visto, la ebullición también es evaporación, sólo que va acompañada de la formación y crecimiento rápido de las burbujas de vapor. Es evidente que durante la ebullición es necesario suministrar al líquido cierta cantidad de calor, necesaria para la formación del vapor.

Recibe el nombre de calor específico de vaporización la cantidad de calor necesario para convertir en vapor una masa de líquido igual a 1 kg, sin variación de la temperatura.

El calor específico de vaporización se designa con la letra L y es medido en J/kg.

Por vía experimental se ha establecido, que el calor específico de vaporización del agua a 100°C es igual a $2,3 \cdot 10^6$ J/kg, con otras palabras, para transformar en vapor una masa de agua igual a 1 kg a una temperatura de 100°C , son necesarios $2,3 \cdot 10^6$ J de energía.

Tabla 11

CALOR ESPECÍFICO DE VAPORIZACION DE ALGUNAS SUSTANCIAS (A LA TEMPERATURA DE EBULLICIÓN Y PRESIÓN ATMOSFÉRICA NORMAL)

Agua	$2,3 \cdot 10^6$	Éter	$0,4 \cdot 10^6$
Amoniaco (líquido)	$1,4 \cdot 10^6$	Mercurio	$0,3 \cdot 10^6$
Alcohol	$0,9 \cdot 10^6$		

El calor específico de vaporización muestra cuánto aumenta la energía interna de una sustancia de 1 kg de masa, al pasar ésta del estado líquido a vapor sin variar la temperatura.

Por ejemplo, la energía del vapor de agua de una masa igual a 1 kg a la temperatura de 100°C es $2,3 \cdot 10^6$ J veces mayor, que la de 1 kg de agua a esa misma temperatura; la energía del vapor de alcohol de 1 kg de masa a una temperatura de 78°C es $0,9 \cdot 10^6$ J mayor que la de una masa de alcohol líquido igual a 1 kg a esa misma temperatura, etc.

Cuando el vapor de agua hace contacto con un objeto frío (fig. 202), aquél se condensa, con lo que se desprende la energía absorbida al formarse el vapor. Como muestran experimentos de precisión, cuando el vapor se condensa, cede aquella cantidad de energía que fue consumida para su formación.

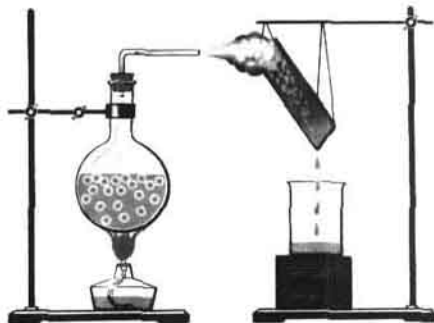


Fig. 202

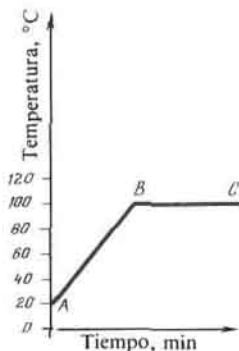


Fig. 203

Por consiguiente, cuando 1 kg de vapor de agua a la temperatura de 100°C se transforma en agua, a esa misma temperatura, se desprenden $2,3 \cdot 10^6$ J de energía. Como vemos, al compararla con otras sustancias (véase la tabla 11), esta energía es bastante grande.

La energía que se libera, durante la condensación del vapor, se puede utilizar. En las grandes centrales termoeléctricas se calienta el agua con el vapor empleado en las turbinas. El agua calentada de este modo es utilizada para la calefacción de los edificios, en los baños públicos, lavanderías y con otros fines.

¿ ?

1. ¿En qué se gasta la energía que se transmite al líquido durante la ebullición?
2. ¿Qué es lo que denominamos calor específico de vaporización?
3. ¿Qué significa la expresión: el calor específico de vaporización del agua es igual a $2,3 \cdot 10^6$ J/kg?
4. ¿Cuántas veces es mayor la energía interna de 1 kg de vapor de agua a 100°C que la de 1 kg de ésta a esa misma temperatura?
5. ¿Cómo mediante un experimento podemos mostrar que durante la condensación del vapor se desprende energía?
6. ¿A qué es igual la energía que se desprende cuando se condensa 1 kg de vapor de agua?
7. ¿Dónde se utiliza en la técnica el desprendimiento de energía durante la condensación del vapor de agua?

93. Ejemplos de cálculo de la cantidad de calor

EJEMPLO 1. ¿Qué cantidad de energía hay que consumir para convertir 5 kg de amoníaco líquido en gas a la temperatura de ebullición del amoníaco?

En la tabla 11 hallamos que el calor específico de vaporización del amoníaco a presión normal $L = 1,4 \cdot 10^6$ J/kg. De aquí se deduce que, para convertir 5 kg de amoníaco líquido en gas a la temperatura de ebullición,

hay que consumir una cantidad cinco veces mayor de energía, o sea,

$$Q = 1,4 \cdot 10^6 \frac{\text{J}}{\text{kg}} \cdot 5 \text{ kg} = 7 \cdot 10^6 \text{ J.}$$

Así, pues, para calcular la cantidad de calor necesaria al transformar en vapor cualquier masa m de líquido, tomada a la temperatura de ebullición, hay que multiplicar el calor específico de vaporización por la masa:

$$Q = Lm.$$

EJEMPLO 2. ¿Qué cantidad de energía es necesaria para transformar 2 kg de agua a la temperatura de 20°C en vapor a 100°C?

Datos:

$$m = 2 \text{ kg}$$

$$t_1 = 20^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 100^\circ\text{C}$$

$$c = 4,2 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$L = 2,3 \cdot 10^6 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$

$Q = ?$

Solución:

Cantidad total de la energía consumida:

$$Q = Q_1 + Q_2,$$

donde Q_1 es la energía empleada para calentar el agua de 20°C a 100°C:

$$Q_1 = cm(t_2 - t_1),$$

Q_2 , la energía utilizada para convertir el agua en vapor sin variar la temperatura:

$$Q_2 = Lm.$$

Ponemos los valores numéricos y obtenemos:

$$Q = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 2 \text{ kg} (100^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}) + 2,3 \cdot 10^6 \frac{\text{J}}{\text{kg}} \times 2 \text{ kg} \approx 5,3 \cdot 10^6 \text{ J.}$$

Este problema puede ser resuelto representando previamente el proceso de calentamiento del agua en una gráfica (fig. 203), trazando en determinada escala por el eje horizontal el tiempo de calentamiento y por el vertical, la temperatura.

El sector AB de la gráfica muestra que el agua se calienta desde 20°C hasta la ebullición, para lo que se consume la energía $Q_1 = cm(t_2 - t_1)$.

El sector BC muestra que el agua se convierte en vapor sin variación de la temperatura, absorbiendo, en tal caso, la energía $Q_2 = Lm$.

La cantidad total de energía consumida: $Q = Q_1 + Q_2$.

Ejercicios
49

1. ¿Cómo hay que entender que el calor específico de condensación del amoníaco es igual a $1,4 \cdot 10^6 \text{ J/kg}$?
2. ¿En cuál de las sustancias indicadas en la tabla 11 la energía interna aumenta más cuando ella se convierte de líquido en gas? Fundamentad la respuesta.
3. ¿Qué cantidad de energía es necesaria para convertir en vapor 150 g de agua a 100°C?
4. ¿Qué cantidad de energía hay que consumir para que 5 kg de agua a 0°C hiervan y el agua se evapore?
5. ¿Qué cantidad de energía se desprenderá de 2 kg de agua al

enfriarse ésta desde 100 hasta 0 °C? ¿Qué cantidad de energía se desprenderá si en lugar de agua se toma la misma cantidad de vapor a 100 °C?

Tareas

Preparad conferencias sobre los temas:

- 1) Cómo se forma el rocío, la escarcha, la lluvia y la nieve.
- 2) El origen de las nubes.
- 3) La circulación del agua en la naturaleza.

Motores térmicos

94. Trabajo del gas y del vapor durante su expansión

Ya hemos dicho que el fomento de la técnica depende de la maestría con que se empleen del modo más completo las gigantescas reservas de energía interna que contiene el combustible.

Aprovechar la energía interna significa realizar, a cuenta de ésta, trabajo útil, por ejemplo, subir una carga, desplazar vagones, etc. Esto, a su vez, quiere decir que la energía interna debe ser transformada en mecánica.

¿Cómo hacer esto?

Echemos en una probeta un poco de agua, cerrémosla herméticamente con un tapón y calentemos el agua hasta que ésta hierva. Bajo la presión del vapor, el tapón sale disparado y se desplaza hacia arriba. En este caso, la energía del combustible se convirtió en la energía interna del vapor, mientras que éste, al dilatarse, realizó trabajo, desplazó el tapón. La energía interna del vapor se convirtió en la energía cinética del tapón.

Sustituyamos la probeta por un cilindro metálico resistente y el tapón, por un pistón bien ajustado que puede moverse a lo largo del cilindro. De esta forma, obtenemos el más sencillo motor térmico, en el que la energía interna del combustible se convierte en la energía mecánica del pistón. Semejante motor fue inventado a finales del siglo XVII y perfeccionado más adelante.

Llamamos motor térmico a aquellas máquinas en las que la energía interna del combustible se convierte en energía mecánica.

Existen diferentes tipos de motores térmicos: la máquina de vapor, el motor de combustión interna, las turbinas de vapor y de gas, el motor de retropropulsión. En todos estos motores, la energía del combustible se convierte primero en la energía del gas (o del vapor). Al expandirse el gas realiza trabajo y, con esto, se enfría, su energía interna se transforma en energía mecánica.

Entre todos los motores térmicos existentes sólo vamos a examinar el de combustión interna y la turbina de vapor.

¿ ?

1. Aducid ejemplos de transformación de la energía interna de los gases en energía mecánica de los cuerpos.
2. ¿Qué motores se llaman térmicos?
3. ¿Qué tipos de motores térmicos conocéis?
4. ¿Qué transiciones y transformaciones de energía transcurren en todos los motores térmicos?

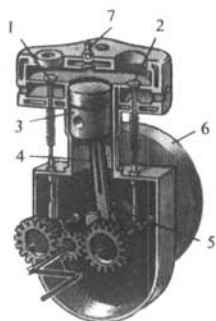


Fig. 204

95. Motores de combustión interna

Estos motores son un tipo muy difundido de motores térmicos, en los que el combustible se quema directamente en el cilindro, en el interior del propio motor. En este hecho tiene su origen la denominación de dicho motor.

Los motores de combustión interna trabajan con combustible líquido (gasolina, queroseno, petróleo) o bien mediante gas combustible.

Por regla, semejante tipo de motor térmico se instala en la mayoría de los automóviles.

En la fig. 204 se muestra el corte del motor más sencillo de combustión interna.

El motor consta del cilindro, por el que se desplaza el pistón 3, unido por medio de la biela 4 con el cigüeñal 5. En éste se encuentra asentado el pesado volante 6, que sirve para reducir la irregularidad de rotación del cigüeñal.

En la parte superior del cilindro hay dos válvulas 1 y 2, que durante el funcionamiento del motor se abren y cierran automáticamente en los momentos necesarios. Por la válvula 1 se alimenta al cilindro la mezcla combustible que, con ayuda de la bujía 7, se inflama. Por la válvula 2 salen los gases de escape.

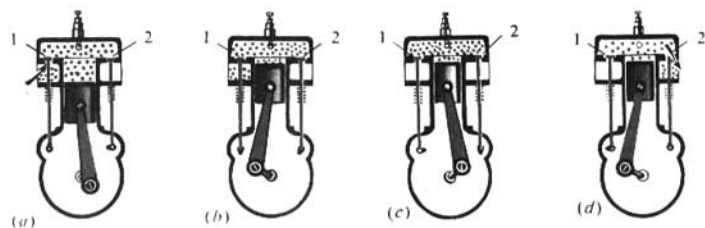


Fig. 205

En el cilindro de semejante motor se produce periódicamente la inflamación de la mezcla combustible, constituida de los vapores de gasolina y de aire. La temperatura de los productos gaseosos de la combustión alcanza 1600-1800°C. En este caso, crece bruscamente la presión sobre el pistón. Al dilatarse, los gases empujan a éste y, junto con él, al cigüeñal, realizando así trabajo mecánico. Con ello, los gases se enfrían, ya que parte de su energía interna se convierte en energía mecánica.

Examinemos con mayor detalle el esquema de funcionamiento de semejante motor. Las posiciones extremas del pistón en el cilindro, reciben el nombre de puntos muertos. La distancia que recorre el pistón de un punto muerto a otro se denomina carrera del pistón.

En el motor, un ciclo de trabajo transcurre durante cuatro carreras del pistón o, como suelen decir, cuatro tiempos. Por esto, tales motores se llaman de cuatro tiempos.

Una carrera del pistón, o un tiempo del motor, se realiza durante media vuelta del cigüeñal.

Al girar el cigüeñal del motor, al comienzo del primer tiempo, el pistón se desplaza hacia abajo (fig. 205, a). El volumen sobre el pistón aumenta, por lo que en el cilindro surge enrarecimiento. En este momento se abre la



El buque Diesel electropulsado "Ob".

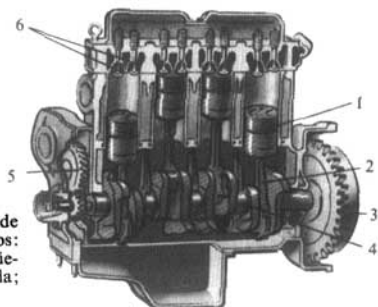


Fig. 206. Corte de un motor de combustión interna de cuatro tiempos: 1-pistón; 2-biela; 3-volante; 4-cigüeñal; 5-ruedas de la transmisión dentada; 6-válvulas de entrada y escape.

válvula 1 y al cilindro entra la mezcla combustible. Al final del primer tiempo, el cilindro es llenado de dicha mezcla y la válvula 1 se cierra.

Durante el posterior giro del cigüeñal, el pistón sube (segundo tiempo) y comprime la mezcla combustible (fig. 205, b). Al final del segundo tiempo, cuando el pistón llega a la posición extrema superior, la mezcla combustible comprimida se inflama (con una chispa eléctrica), quemándose con rapidez.

Los gases formados durante la combustión presionan sobre el pistón y lo empujan hacia abajo (fig. 205, c). Por el efecto de los gases calientes en expansión (tercer tiempo) el motor realiza trabajo, por lo que este tiempo recibe el nombre de carrera de trabajo. El movimiento del pistón es transmitido a la biela, ésta lo transmite al cigüeñal con el volante. Éste recibe un fuerte impulso y, a continuación, sigue girando por inercia y, durante los siguientes tiempos, desplaza el pistón unido a él.

Al final del tercer tiempo se abre la válvula 2, por lo que los productos de la combustión salen del cilindro a la atmósfera. La salida de dichos productos sigue durante el cuarto tiempo, cuando el pistón está en movimiento hacia arriba (fig. 205, d). Al final del cuarto tiempo la válvula 2 se cierra.

Después, los ciclos de trabajo del motor vuelven a repetirse.

Así, pues, el ciclo del motor consta de los siguientes cuatro procesos (tiempos): admisión, compresión, carrera de trabajo (expansión), escape.

En los motores de los automóviles, la puesta en marcha de éstos se efectúa con un electromotor adicional, llamado arrancador.

Con la mayor frecuencia, en los automóviles son utilizados motores de combustión interna de cuatro cilindros. En la fig. 206 vemos el corte de semejante motor. El funcionamiento de los cilindros se concuerda de forma que en cada uno de ellos transcurre consecutivamente la carrera de trabajo y el cigüeñal de forma constante recibe energía de uno de los pistones.

También hay motores para automóviles de ocho cilindros.

Los motores de múltiples cilindros aseguran en mejor grado la uniformidad de rotación del cigüeñal y poseen mayor potencia.

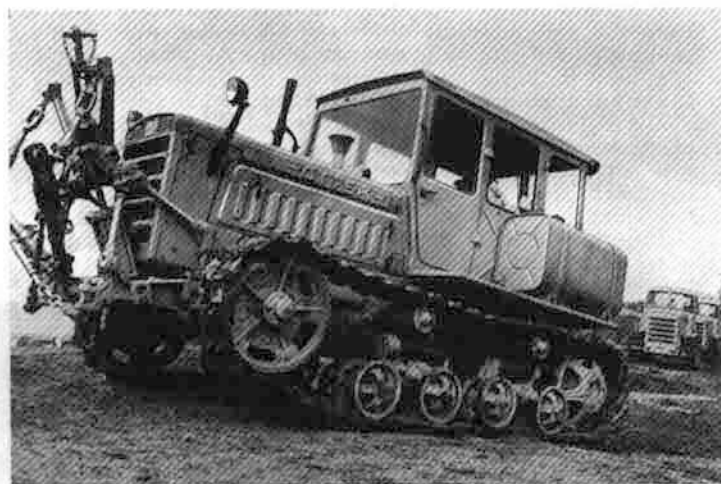
Parte indispensable de todo motor de combustión interna es el sistema de

refrigeración, ya que son posibles inflamaciones prematuras de la mezcla combustible e incluso su explosión. La refrigeración de los cilindros se realiza con agua fluyente o con aire, por lo que los motores de combustión interna pueden ser de refrigeración con líquido o con aire.

La aplicación de los motores de combustión interna es muy diversa. Animan el movimiento de los aviones, motonaves, automóviles, tractores, locomotoras Diesel. Potentes motores de combustión interna son instalados en los buques fluviales y marítimos.

¿ ?

1. ¿Qué motor se llama de combustión interna?
2. ¿De qué partes fundamentales consta el motor más sencillo de combustión interna?
3. ¿Qué fenómenos físicos transcurren al quemar la mezcla inflamable en el motor de combustión interna?
4. ¿Durante cuántas carreras o tiempos se produce un ciclo de trabajo del motor? ¿Cuántas vueltas da el cigüeñal del motor durante un ciclo?
5. ¿Qué procesos transcurren en el motor durante cada uno de los cuatro tiempos? ¿Cómo se llaman éstos?
6. ¿Qué función desempeña el volante en el motor de combustión interna?
7. ¿Qué motores de combustión interna se utilizan con mayor frecuencia en los automóviles?
8. Además de los automóviles ¿dónde se utilizan los motores de combustión interna?



Tractor ДТ75К (DT75K) para trabajar en vertientes abruptas.

96. Turbina de vapor

En la técnica moderna encuentra extensa aplicación un tipo singular de motor térmico en el que el vapor o un gas, calentado a alta temperatura, hace girar el árbol del motor sin ayuda del pistón, la biela y el cigüeñal. Semejantes motores son denominados turbinas (fig. 207).

El esquema de funcionamiento de la turbina más sencilla de vapor se aduce en la fig. 208. En el árbol 5 está asentado el disco 4, por cuya periferia se hallan fijadas las paletas 2. Junto a éstas se disponen tubos, las toberas 1 a las que es alimentado el vapor 3 de la caldera. Los chorros de vapor, que salen a presión de las toberas, someten a las paletas a una considerable presión y ponen el disco de la turbina en rápida rotación.

En las turbinas modernas se instalan no uno sino varios discos, asentados en un mismo árbol. El vapor pasa consecutivamente por las paletas de todos los discos, cediendo parte de su energía a cada uno de ellos.

En la fig. 209 está representado el rotor de una turbina de vapor de gran potencia. En ella vemos los discos con las coronas de aletas sobre ellos. En las centrales eléctricas, el árbol de la turbina se une con el del generador de corriente eléctrica.

La frecuencia de rotación del árbol de las turbinas alcanza 3000 revoluciones por minuto, lo que es muy cómodo para animar la rotación de los generadores de corriente eléctrica.

En la actualidad, en las fábricas de la Unión Soviética se producen turbinas hasta de 1200 000 kW de potencia.

Las turbinas se utilizan en las centrales eléctricas y en los buques. Cada vez con mayor profusión se aplican las turbinas de gas, en las que

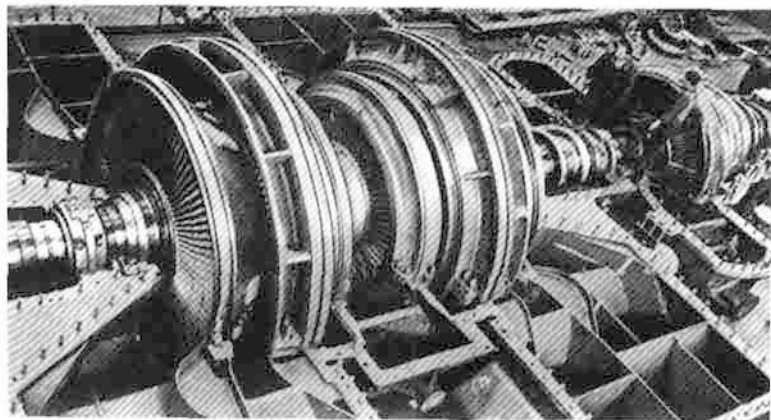


Fig. 207. Turbina de vapor

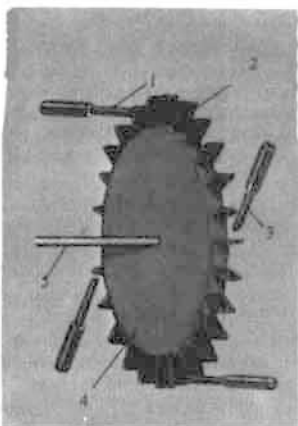


Fig. 208.

en lugar de vapor se hace uso de los productos de la combustión de los gases.

¿ ?

1. ¿Qué motores térmicos recibieron el nombre de turbinas de vapor?
2. ¿En qué difiere la estructura de las turbinas y la de las máquinas de pistón?

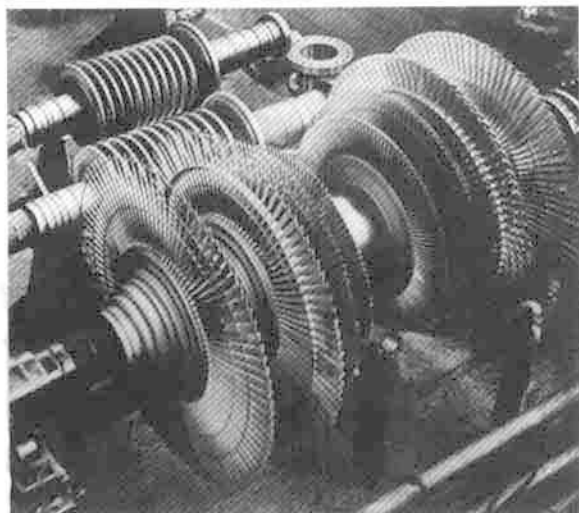


Fig. 209. Rotor de una turbina de vapor

97.

Rendimiento del motor térmico

Todo motor térmico sólo transforma en energía mecánica parte de la energía que se desprende del combustible, ya que tanto el gas, como el vapor, después de realizar trabajo, sale del motor poseyendo aún energía.

Para apreciar el motor térmico, es de importancia conocer qué parte de la energía, liberada del combustible, es convertida en él en trabajo útil. Cuanto mayor sea esta parte, más económico será el motor.

Con el fin de caracterizar la capacidad económica de diversos motores, ha sido introducido el concepto de rendimiento del motor.

Recibe el nombre de rendimiento de un motor térmico, la razón entre aquella parte de la energía que fue invertida para realizar trabajo útil y toda la energía desprendida al quemar por completo el combustible.

Por ejemplo, si el motor consume para realizar trabajo útil sólo la cuarta parte de toda la energía desprendida al quemar por completo el combustible, se dice que el rendimiento del motor es igual a $1/4$ ó al 25%, ya que el rendimiento es, generalmente, expresado en tanto por ciento.

El rendimiento de un motor es siempre menor que la unidad, es decir, que el 100%. Esto sigue del principio de conservación de la energía. Por ejemplo, el rendimiento de los motores de combustión interna es el 20-40%; el de las turbinas de vapor, cerca del 30%.

El aumento de la cantidad de automóviles, en particular en las ciudades, conduce a una fuerte contaminación de la atmósfera con los gases de escape de los motores de combustión interna. Dichos gases son nocivos para los organismos vivos y, además, provocan la destrucción de valiosas obras de arquitectura.

En la actualidad, la lucha contra la contaminación de la atmósfera es un serio problema a nivel estatal.

El método más eficaz de lucha, es la sustitución de los motores de combustión interna por motores eléctricos. Las fuentes de corriente eléctrica necesarias para semejantes vehículos deben poseer grandes reservas de energía. Los científicos trabajan en la creación de semejantes fuentes de corriente.

Con el fin de que los automóviles existentes contaminen el aire en menor grado, sus motores deben estar siempre en buen estado y trabajar con el tipo de combustible para el que están fabricados. Todos nosotros debemos prestar a esto gran atención.

¿ ?

1. ¿Por qué en los motores térmicos sólo parte de la energía del combustible se transforma en energía mecánica?
2. ¿Qué llamamos rendimiento de un motor térmico?
3. ¿Puede un motor tener el rendimiento igual al 100%? ¿Por qué?
4. Cita los rendimientos de los motores térmicos modernos.

Tareas

Preparad conferencias sobre los temas:

- 1) Historia de la invención de las máquinas de vapor.
- 2) Historia de la invención de las turbinas.
- 3) Las primeras locomotoras.
- 4) Los éxitos de las ciencias y técnicas soviéticas en la construcción de turbinas de vapor.

Electricidad

Estructura del átomo

98. Electrización de los cuerpos por contacto. Carga eléctrica

Las palabras "electricidad", "corriente eléctrica" son conocidas hoy por cada persona. En nuestras viviendas, en el transporte, las fábricas, la agricultura se emplea la corriente eléctrica (véanse las láminas en colores VI, VII). Pero, ¿qué es la electricidad? ¿Cuál es su naturaleza? No es fácil responder a estas preguntas. Para ello, hay que conocer un amplio círculo de fenómenos, llamados eléctricos.

Para empezar, examinemos el origen del término "electricidad".

Si frotamos una varilla de vidrio con una hoja de papel y la acercamos a la mano, oiremos un ligero chasquido, mientras que en la oscuridad veremos, además, pequeñas chispas. Asimismo, la varilla adquiere la capacidad de atraer pedacitos de papel, de plumón, pequeños chorritos de agua (fig. 210). También advertimos semejantes fenómenos, al peinar el pelo seco.

Estos fenómenos fueron descubiertos en la profunda antigüedad. Los científicos de la antigua Grecia utilizaban con frecuencia el ámbar¹⁾ al hacer semejantes experimentos. Ellos advirtieron que al frotar el ámbar con lana, éste comenzaba a atraer diferentes cuerpos. En griego ámbar—electrón. De aquí se originó la denominación "electricidad".

Del cuerpo, que después de ser frotado atrae otros cuerpos, decimos que está electrizado o bien que se le ha comunicado una carga eléctrica.

Pueden electrizarse cuerpos hechos de diferentes materiales. Frotándolas con lana, es fácil electrizar varillas de caucho, de azufre, de ebonita²⁾, de plástico, de caprón.

La electrización de los cuerpos se produce al hacer éstos contacto y, después, separarlos. Los cuerpos se frotan sólo para aumentar el área de contacto.

En la electrización siempre actúan dos cuerpos: en los experimentos estudiados más arriba, la varilla de vidrio hacia contacto con la hoja de papel; el trozo de ámbar, con la piel o lana; la varilla de plexiglás, con la seda. Con esto, se electrizan ambos cuerpos. Por ejemplo, durante el contacto de una varilla de vidrio con un trozo de caucho, la carga eléctrica surge tanto en el vidrio, como en el caucho. Lo mismo el uno que el otro, comienzan a atraer ligeros objetos (fig. 211).

La carga eléctrica puede ser transmitida de un cuerpo a otro. Para ello,

¹⁾ AMBAR—resina fósil de los coníferos que crecieron en la Tierra muchas centenas de miles de años atrás.

²⁾ EBONITA—caucho con alto contenido de azufre.



Fig. 210



Fig. 211



Fig. 212



Fig. 213



Fig. 214

hay que poner en contacto el cuerpo electrizado con otro cuerpo, con lo que parte de la carga eléctrica pasará a éste. Con el fin de cerciorarse de que el segundo cuerpo está electrizado es preciso acercar a éste pequeños trocitos de papel y comprobar si se atraen ellos o no.

¿ ?

1. ¿Cómo mediante un experimento se puede advertir el surgimiento de una carga eléctrica en los cuerpos frotados entre sí?
2. ¿Cuál es el origen de la palabra "electricidad"?
3. ¿Cómo mostrar que durante su contacto se electrizan ambos cuerpos?

99. Dos géneros de cargas. Interacción de los cuerpos cargados

Todos los cuerpos electrizados adquieren la propiedad de atraer otros cuerpos, por ejemplo, trocitos de papel. Por la atracción de los cuerpos no se puede distinguir la carga eléctrica de la varilla de vidrio, frotada con la seda, de la carga que surge en la varilla de ebonita, al frotarla con la piel. Las dos varillas electrizadas atraen los trocitos de papel.

¿Quiere decir esto que las cargas obtenidas en cuerpos hechos de diferentes materiales en nada se diferencian entre sí?

Dirijámonos a los experimentos. Electricemos una varilla de ebonita colgada de un hilo. Aproximemos a ella otra varilla igual y electrizada frotándola con el mismo trozo de piel. Las varillas se repelerán (fig. 212). Ya que las varillas son idénticas y fueron electrizadas frotándolas con cuerpos iguales, podemos decir que las cargas en ellas son de un mismo género. Esto

significa que los cuerpos, a los que se han comunicado cargas de un mismo género, se repelen.

A continuación, aproximemos a la varilla electrizada de ebonita una varilla de vidrio frotada con seda. Veremos que ambas se atraen (fig. 213). Por lo tanto, la carga creada en el vidrio, frotado con seda, es de otro género que la de la ebonita, frotada con piel. Esto quiere decir que existen dos géneros de cargas eléctricas.

Aproximemos a una varilla de ebonita electrizada, suspendida de un hilo, otros cuerpos electrizados de diferentes sustancias: caucho, plexiglás, plástico, caprón. Veremos que en unos casos la varilla de ebonita se repele por los cuerpos que se le aproximan, en otros, se atrae. Si la varilla de ebonita fue repelida, esto significa que en el cuerpo que acercamos a ella, la carga es del mismo género que la de la ebonita. Por el contrario, la carga de aquellos cuerpos, a los que fue atraída la varilla de ebonita, es la misma que al frotar el vidrio con la seda. Por esta causa, podemos considerar que existen sólo dos géneros de cargas eléctricas.

La carga que surge en el vidrio frotado con la seda (como en todos los cuerpos donde se obtiene una carga de ese mismo género) fue llamada positiva, mientras que la carga surgida en el ámbar (así como en la ebonita, azufre, caucho), frotada con la lana, negativa.

Así, pues, los experimentos han mostrado que existen dos géneros de cargas eléctricas, es decir, positivas y negativas y que la interacción entre los cuerpos electrizados es diferente.

Los cuerpos de cargas eléctricas de signo igual se repelen, en tanto que los cuerpos de cargas eléctricas de signo contrario, se atraen.

¿ ?

1. ¿Cómo transcurre la interacción entre dos varillas de ebonita electrizadas frotándolas con piel?
2. ¿Cómo mostrar que la carga obtenida en el vidrio frotado con seda es de otro género que la carga de una varilla de ebonita frotada con lana?
3. ¿Qué dos géneros de cargas eléctricas existen en la naturaleza? ¿Cómo se llaman?
4. ¿Cuál es la interacción de los cuerpos que tienen cargas de un mismo signo y de signos contrarios?

Tarea

Enrollad un lápiz redondo en laminilla y sacadlo con precaución del casquillo formado. Colgad este último de un hilo de seda o de caprón, como viene mostrado en la fig. 214. Acercad hacia el casquillo un cuerpo electrizado, cuya carga es conocida. A continuación, electrizad otros cuerpos y acercándolos al casquillo determinad el signo de la carga de aquéllos.

100. Electroscopio. Conductores y aisladores (no conductores) de la electricidad

Si los cuerpos están electrizados, ellos o se atraen o bien se repelen. Por la atracción o la repulsión, podemos juzgar si al cuerpo ha sido o no comunicada una carga eléctrica. Por esta razón, la estructura del electroscopio, aparato con el que se aclara si un cuerpo está



Fig. 215

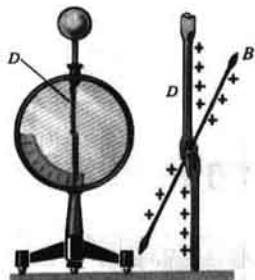


Fig. 216

electrizado o no, se basa en la interacción de los cuerpos cargados.

En la fig. 215 vemos un espectroscopio escolar. Por un tapón de plástico, acoplado en un soporte metálico, pasa una varilla de metal en cuyo extremo están fijadas dos tiras de papel fino. Por sus dos costados, el soporte está cerrado con cristales.

Cuanto más grande sea la carga del electroscopio, tanto mayor será la fuerza de repulsión de las tiras de papel y se separarán a un ángulo mayor. Esto quiere decir que, por la variación del ángulo de separación de las tiras de papel del electroscopio, podemos juzgar si su carga ha aumentado o disminuido.

En el laboratorio de física de la escuela, hay también un electroscopio de otro tipo (fig. 216). En él, la ligera aguja *B*, al cargarse mediante la varilla *D*, es repulsada por ella a cierto ángulo.

Si tocamos con la mano un cuerpo cargado (por ejemplo, el electroscopio), éste se descargará. Las cargas eléctricas pasarán a nuestro cuerpo y, por él, pueden huir a la tierra. También se descargará un cuerpo cargado si lo unimos con la tierra por medio de un objeto metálico, por ejemplo, con un alambre de hierro o de cobre. Pero si ese mismo cuerpo se une con la tierra con una varilla de vidrio o de ebonita, por ella las cargas eléctricas no pasarán a la tierra. En este caso, el cuerpo cargado no se descarga.

Todas las sustancias se dividen convencionalmente en conductores y aisladores (no conductores) de la electricidad según su capacidad de conducir cargas eléctricas. Todos los metales, la tierra, las soluciones de las sales y los ácidos en el agua, son buenos conductores de la electricidad. Como ya vimos, el cuerpo del hombre también conduce bien las cargas eléctricas.

Entre los no conductores de la electricidad o bien dieléctricos, podemos enumerar la ebonita, el vidrio, el ámbar, caucho, la seda, el caprón, queroseno, los plásticos.

Los cuerpos fabricados de dieléctricos reciben el nombre de aisladores.

¿ ?

1. ¿Cómo podemos determinar con ayuda de unas tiras de papel si está o no electrizado un cuerpo?

2. Describid la estructura del electroscopio escolar.
 3. ¿Cómo se juzga sobre la carga del electroscopio, ateniéndose al ángulo de separación de las tiras de papel?
 4. ¿Cómo mostrar en un experimento que unos cuerpos son conductores de la electricidad y otros, no?
-

101. Campo eléctrico

Como muestran los experimentos, los cuerpos electrizados están en interacción, es decir, se atraen o repelen. Ahora, examinemos cómo se transmite la acción de un cuerpo electrizado a otro. ¿Puede ser que se transmita por el aire? Aclaremoslo en un experimento. Ubiquemos el electroscopio cargado debajo de la campana de una bomba de aire y creemos en ella enrarecimiento (fig. 217). El experimento demuestra que en el vacío, las tiritas de papel del electroscopio continúan repeliéndose lo mismo que antes. Esto significa que la interacción eléctrica no se transmite por el aire. Pero a base del experimento anterior no podemos aún establecer: actúan las cargas eléctricas entre sí a distancia o bien entre ellas hay algo material por lo que se transmite dicho efecto, algo que nosotros no sentimos. Este problema es complicado, de él se ocuparon los científicos de muchos países durante muchos años. Los científicos ingleses FARADAY y MAXWELL, fueron los que en sus obras hallaron su solución.

De acuerdo con la teoría de estos sabios, el espacio que rodea al cuerpo electrizado, se distingue de el que rodea a cuerpos no electrizados. En el espacio donde se encuentra la carga eléctrica existe el campo eléctrico, que es un singular tipo de materia que se distingue de la sustancia. El hombre no puede percibir el campo eléctrico con ayuda de sus órganos sensitivos. Acerca de la existencia del campo eléctrico sólo podemos juzgar por sus efectos. El campo eléctrico de una carga actúa con cierta fuerza sobre cualquier otra carga que se encuentre en el campo de la primera.

La fuerza con la que el campo eléctrico actúa sobre la carga eléctrica introducida en él recibe el nombre de fuerza eléctrica.

En los experimentos descritos en el § 99, no sólo el campo eléctrico de la varilla de vidrio actuaba sobre el casquillo cargado, sino que también el campo eléctrico de éste actuaba sobre la primera. Por lo tanto, como siempre, vemos la interacción de los cuerpos.

Colguemos de un hilo un cilindro cargado y aproximemos a él, como se muestra en la fig. 218, una varilla de carga contraria. A continuación, acerquemos el soporte con el cilindro a la varilla cargada. Por el ángulo de desviación del hilo advertiremos que mientras más cerca de la varilla esté el cilindro, con mayor fuerza actúa sobre él el campo eléctrico de la varilla cargada. Por lo tanto, junto a los cuerpos cargados el efecto del campo es más fuerte, en tanto que al alejarse de ellos, el campo se debilita.

¿ ?

1. Describid el experimento que muestra que la interacción eléctrica no se transmite por el aire.
2. ¿En qué se distinguen el espacio que rodea a un cuerpo electrizado del que rodea a un cuerpo no electrizado?

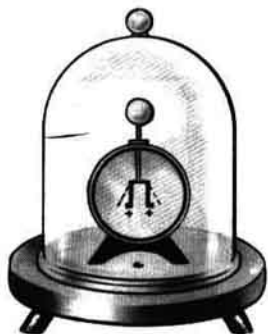


Fig. 217

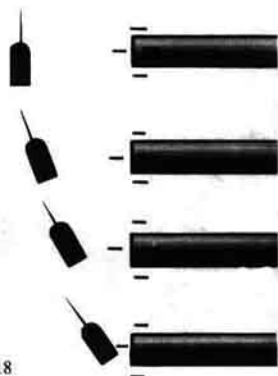


Fig. 218

3. ¿Cómo se puede revelar el campo eléctrico?
4. ¿Cómo varía la fuerza que actúa sobre un cilindro cargado, al ir alejándolo del cuerpo cargado?

102. Divisibilidad de la carga eléctrica

Al explicar los fenómenos térmicos hicimos uso de los conocimientos sobre la estructura molecular de la sustancia. Pero, ¿cómo explicar el fenómeno de la electrización? ¿Por qué en dos cuerpos en contacto surgen obligatoriamente cargas de signos opuestos? Con el fin de hallar respuesta a éstas y otras muchas preguntas, son insuficientes los conocimientos acerca de la estructura molecular de la materia. Hay que tener en cuenta que, en su estado corriente, las moléculas y los átomos no tienen carga eléctrica, por lo que la electrización de los cuerpos no puede ser explicada por el movimiento de aquéllos. ¿Es posible que en la naturaleza haya partículas que tienen carga eléctrica? Si esto es precisamente así, la carga del cuerpo podrá ser dividida en partes, hasta aquel momento en que sea descubierto el límite de la división, es decir, la partícula cargada. Examinemos un experimento. Carguemos una bola metálica fijada en la varilla de un electroscopio (fig. 219, a). Unamos nuestra bola con otra idéntica, pero no cargada, mediante el conductor *A*, sujetándolo por la manecilla *B* de material no conductor (fig. 219, b). La mitad de la carga pasará de la primera a la segunda bola (véase la fig. 219, b). Es decir, *la carga inicial se ha dividido en dos partes iguales*.

Ahora, desunamos las bolas y toquemos la segunda con la mano. Por esta causa, ella pierde su carga, o sea, se descarga. Unamos de nuevo la segunda bola con la primera, en la que quedaba la mitad de la carga inicial. La carga restante se dividirá otra vez en dos partes iguales y en la primera bola quedará una cuarta parte de la carga inicial.

De este mismo modo, podemos obtener la octava, la decimosexta, etc.

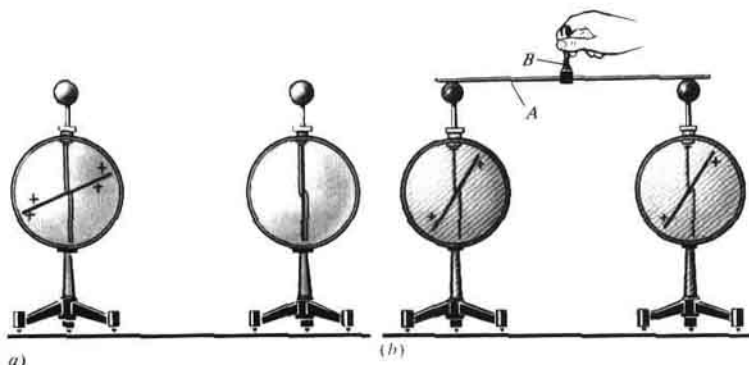


Fig. 219

partes de la carga inicial. Pero, con rapidez, la carga que queda en la bola será tan pequeña, que ya no podremos revelarla con un electroscopio corriente. Por esta causa, es preciso realizar experimentos más complicados y de mayor precisión.

Para dividir la carga en porciones muy pequeñas, es menester transmitirla no a bolas, sino que a pequeños granos de metal o gotas de líquido. Midiendo la carga obtenida en tan pequeños cuerpos, fue establecido que es posible obtener una cantidad de carga miles de miles de millones menor que en el experimento que hemos descrito. No obstante, dividir la carga más allá de cierto determinado valor no se consiguió en ningún experimento. Esto permite suponer que existe una partícula cargada que tiene la más pequeña carga.

¿ ?

1. ¿Cómo mediante un experimento se puede mostrar que la carga eléctrica se divide en partes?
2. ¿Podemos dividir la carga eléctrica infinitamente?

103. Experimentos de Ioffe y Millikan. Electrón

En múltiples experimentos ha sido demostrado que existen partículas que tienen la más pequeña carga eléctrica. Examinemos los experimentos realizados por el científico soviético A. F. IOFFE y, por su cuenta, el científico norteamericano R. MILLIKAN.

Primero, examinemos el fenómeno físico utilizado en dichos experimentos. Dicho fenómeno consiste en que por el efecto de la luz (ante todo ultravioleta¹⁾) la carga negativa de un cuerpo disminuye. Por ejemplo, una placa de zinc de carga negativa, se descarga por efecto de la luz ultravioleta (fig. 220).

¹⁾ La radiación ultravioleta es aquella que tuesta la piel del hombre, ella existe no sólo en la luz solar, sino que además en lámparas eléctricas especiales.

Abram Fiódorovich Ioffe (1880–1960) – físico soviético, académico. Le pertenece una serie de descubrimientos en el ámbito de la teoría del sólido, dieléctricos y semiconductores. A. F. Ioffe es uno de los principales organizadores de las investigaciones físicas en la URSS.



En la fig. 221 está representada la instalación que A. F. Ioffe utilizó en su experimento. En un recipiente cerrado había dos placas metálicas P horizontales. Por el orificio O de la cámara A al espacio entre las placas penetraban pequeños granitos cargados de zinc. Estos granitos eran observados por un microscopio.

Supongamos que el grano estaba cargado negativamente. Bajo la acción de la fuerza de la gravedad F_G éste comienza a caer. Pero su caída puede ser detenida si la placa inferior tiene carga negativa y la superior, positiva. En el campo eléctrico entre las placas actuará sobre el grano la fuerza eléctrica F_{elec} . Esta fuerza es proporcional a la carga del grano: cuanto mayor sea ésta, tanto más grande será la fuerza F_{elec} que sobre el grano actúa. Pero es posible cargar las placas de tal manera que esta última fuerza equilibre la fuerza de la gravedad: $F_{elec} = F_G$. A estas condiciones, el grano estará en equilibrio tanto tiempo como se quiera. Seguidamente, disminuyeron la carga negativa del grano, actuando sobre él con luz ultravioleta. El grano comenzaba a caer, ya que la fuerza F_{elec} , que sobre él actuaba, disminuía a causa de la reducción de la carga del grano. Comunicando a las placas una carga adicional y, por lo tanto, aumentando el campo eléctrico entre las placas, de nuevo se detenía el grano. Esta operación fue repetida varias veces.

Los experimentos mostraron que, con ello, las variaciones de la carga del grano eran un número entero (o sea, 2, 3, 4, 5, etc.) veces mayores que la

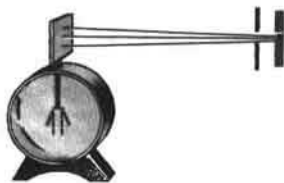


Fig. 220

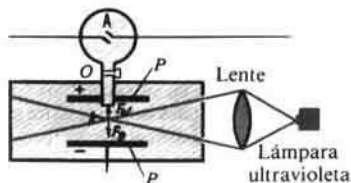


Fig. 221

carga inicial del grano. Esto quiere decir que la carga del grano variaba en porciones determinadas. A.F. Ioffe hizo la siguiente conclusión: "Al alumbrar el grano con luz ultravioleta, éste pierde su carga negativa no de forma constante, sino que por porciones aisladas. La carga del grano siempre se expresa por valores enteros múltiples de la carga elemental e_0 . Pero el grano pierde la carga junto con una partícula de la sustancia. Por consiguiente, en la naturaleza existe una partícula tal de la sustancia, que tiene la más pequeña carga, que en adelante ya no es divisible. Esta partícula recibió el nombre electrón".

Por primera vez, la carga del electrón fue determinada por R. Millikan. En sus experimentos él utilizaba pequeñas gotas de aceite, observando su movimiento en el campo eléctrico.

La masa del electrón resultó ser igual a $9,1 \cdot 10^{-28}$ g, es decir, 3700 veces menor que la masa de la más pequeña de las moléculas, la cual es la de hidrógeno.

Una de las fundamentales propiedades del electrón es la carga eléctrica. Es imposible imaginarse que al electrón se le pueda "quitar" dicha carga, que es una propiedad inseparable de éste.

El electrón es la partícula con la menor carga negativa.

Ejercicio
50

En el experimento descrito (§ 103), la placa inferior fue cargada negativamente. La gota que al principio estaba en equilibrio comenzó a desplazarse hacia arriba. ¿Cómo varió su carga? ¿Aumentó o disminuyó en ella el número de electrones?

104. Experimento de Rutherford. Modelo nuclear del átomo

Los experimentos de Ioffe y Millikan y una serie de otros demostraron la existencia del electrón, la partícula con la más pequeña carga eléctrica. ¿De dónde surgen los electrones?

Podemos suponer que en todos los cuerpos hay electrones, ya que todos los cuerpos pueden ser electrizados. Sabemos que todos los cuerpos constan de moléculas y éstas, de átomos, por lo tanto, los electrones deben ser buscados en ellos.

A comienzo de nuestro siglo, el físico inglés RUTHERFORD realizó un experimento para investigar la composición y la estructura del átomo. La idea del experimento consiste en lo siguiente. Por una fina placa metálica, hácese pasar partículas muy pequeñas, por su tamaño comparables con el átomo, que tienen carga eléctrica y que vuelan a gran velocidad. En dependencia de cómo vuelan estas partículas—"proyectiles" a través de los átomos del metal, es posible saber, si en el átomo hay o no otras partículas cargadas.

Hacia el momento en que fueron realizados los experimentos, los científicos tenían en su arsenal los "proyectiles" necesarios. Resultó, que en la naturaleza hay tales sustancias (uranio, radio, etc.) de cuyos átomos salen constantemente partículas muy pequeñas que tienen carga positiva. Son las llamadas partículas α (α es la primera letra del alfabeto griego, se lee—"alfa"). Ellas alcanzan una enorme velocidad, cerca de 15 000 km/s. Estos pequeños proyectiles, que la misma naturaleza puso en manos de los científicos, fueron

Ernesto Rutherford (1871-1937) - físico inglés, miembro de la Royal Society de Londres (académico). Miembro honorífico de la Academia de Ciencias de la URSS y de otras muchas academias. Estudiaba la estructura del átomo y los procesos radiactivos, fue el primero en conseguir la fisión del átomo.



utilizados por Rutherford en sus experimentos. Estudiemos dicho experimento (fig. 222).

En la cajita de plomo 1 fue ubicada una sustancia que emitía partículas α . Por un pequeño agujero éstas salían de la cajita en forma del estrecho haz 2. En su recorrido estaba instalado el finísimo pan de oro 3. Aunque el pan era muy fino (su grosor, 0,001 mm), a lo largo de su grosor se disponían cerca de 3300 capas de átomos de oro.

Para detectar las partículas α que habían pasado a través del pan de oro, hicieron uso de la pantalla 4, cubierta de una composición especial, gracias a la cual al chocar cada partícula α se producía un destello. De otro modo hubiese sido imposible detectar dichas partículas, ya que ellas no pueden verse incluso con un microscopio.

¿Cómo pasarán las partículas α a través del pan de oro?

Los resultados de los experimentos mostraron que la mayoría de las partículas α atravesaban el pan de oro como si en su camino no hubiese ningún obstáculo. Al pasar por el pan, cierta cantidad de partículas α se desviaba un poco de la dirección inicial. Una parte insignificante de las partículas se desviaba a un ángulo grande y algunas de ellas incluso se repelían casi hacia atrás.

Los resultados del experimento fueron explicados por Rutherford. Él supuso que en el átomo hay vacíos, cavidades no llenas de partículas de la sustancia, ya que de lo contrario las partículas α no hubiesen atravesado el pan de oro sin encontrar obstáculo.

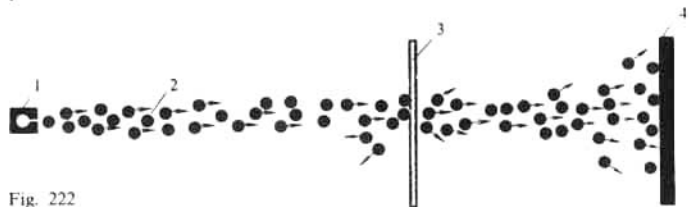


Fig. 222

La pequeña desviación de las partículas α fue explicada del modo siguiente: por lo visto, ellas pasaron junto a ciertas *partículas cargadas*, pero comparativamente lejos de ellas, ya que la atracción y la repulsión no fueron muy fuertes.

La tercera deducción de gran importancia fue hecha sobre la base de que algunas partículas α fueron repelidas hacia atrás por los átomos de oro. La causa de este fenómeno podría residir en la interacción directa de la partícula α con otra partícula, también de carga positiva, pero de mayor masa.

Así, pues, Rutherford mostró que *en el interior del átomo hay partículas con carga eléctrica positiva, cuya masa es mayor que la de la partícula α .*

Pero, ¿dónde se encuentran los electrones?

Rutherford supuso que el átomo tiene una complicada estructura. En el centro del átomo se dispone una partícula de carga positiva—el núcleo del átomo. Precisamente de los núcleos se repelían aquellas pocas partículas α que pasaban cerca de ellos.

En el átomo a gran distancia del núcleo (en comparación con sus dimensiones) se encuentran los electrones. Éstos son atraídos por el núcleo, pero no se aproximan mucho a él, puesto que a gran velocidad giran alrededor del núcleo. La masa de todos los electrones constituye una parte insignificante de la masa del átomo, centésimas de tanto por ciento.

Por su estructura el átomo se parece a nuestro Sistema Solar. De forma semejante a como los planetas, atraídos por el Sol, giran alrededor de él, los electrones en el átomo muévense alrededor del núcleo, sujetos por las fuerzas de atracción hacia él.

Las distancias entre el núcleo y los electrones son muy grandes en comparación con las dimensiones de dichas partículas. Si el átomo aumentara, de forma que el núcleo adquiriera las dimensiones de una moneda de diez kopecks, la distancia entre el núcleo y los electrones ¡sería igual a un kilómetro! Ha sido calculado que si todos los electrones se unieran sin holgura al núcleo, es decir, si no existieran los intervalos intraatómicos, el volumen del cuerpo de un adulto sería igual a una millonésima de milímetro cúbico.

Como ya hemos dicho, la carga del núcleo es positiva. Ésta es igual al valor absoluto de la carga de todos los electrones del átomo. Pero la carga de éstos es negativa, por lo que en su total el átomo no tiene carga, o sea, es neutro. Semejante representación de la estructura del átomo, propuesta por Rutherford, recibió el nombre de modelo nuclear del átomo.

¿ ?

1. ¿Con qué fin fue realizado el experimento de Rutherford?
 2. ¿De dónde surgen las partículas α ? ¿Qué conocéis de ellas?
 3. Describid el experimento de Rutherford.
 4. ¿Cuáles fueron los resultados del experimento?
 5. ¿Cómo explicó Rutherford los resultados del experimento?
 6. ¿Cuál es el modelo nuclear del átomo?
-

105. Estructura de los átomos

En su estado normal, los átomos de diferentes elementos se distinguen, unos de otros, por el número de electrones que giran alrededor del núcleo. Por ejemplo, en el átomo del hidrógeno, alrededor del núcleo está en movimiento un electrón, en el de helio, dos electrones. Hay átomos con tres, cuatro electrones, etc. Alrededor del núcleo del átomo de oxígeno giran 8 electrones, de hierro-26, de uranio-92.

No obstante, la característica fundamental del elemento químico dado, no es el número de electrones, sino la carga del núcleo.

La cuestión radica en que, a veces, los electrones pueden separarse del átomo y, por lo tanto, la carga total de éstos en el átomo varía. En lo que se refiere a la carga del núcleo, variarla es muy difícil. Cuando ésta varía, obtenemos otro elemento químico.

Como la carga total de los electrones es igual a la del núcleo, podemos suponer que en la composición del núcleo hay partículas de carga positiva. En efecto, si "bombardeamos" la materia con partículas aún más rápidas, que las empleadas en el experimento de Rutherford, del núcleo pueden ser expulsadas partículas de carga positiva que fueron llamadas protones. Cada protón tiene masa 1840 veces mayor que la del electrón. La carga del protón es positiva y su valor absoluto, igual al de la carga del electrón.

Después de que fue realizado el experimento de Rutherford y demostrada la existencia del protón, los científicos continuaron las investigaciones de la composición del núcleo. Fue descubierto, que además de los protones, en los núcleos de los átomos hay también partículas neutras (sin carga), que llamaron neutrones, cuya masa no es mucho mayor que la del protón.

Así, pues, la estructura del átomo es la siguiente: en el centro de éste se halla el núcleo, formado de protones y neutrones, mientras que alrededor del núcleo giran los electrones.

En la fig. 223 vemos los modelos de los átomos de hidrógeno, helio y litio. En la figura, los protones están designados por un círculo con signo "más", los neutrones con círculos colorados (en la figura no se ha observado la correlación de los tamaños y distancias).

Recordemos que en su total el átomo no tiene carga, es neutro. Esto es resultado de que la carga positiva de su núcleo es igual a la carga negativa de todos sus electrones.

Pero el átomo que perdió uno o varios electrones deja de ser neutro y tendrá carga positiva. Semejante átomo es llamado ion positivo.

Podemos observar los casos inversos: un electrón excesivo se une al

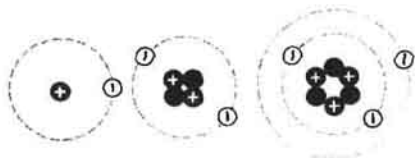


Fig. 223

átomo neutro. En tal caso, el átomo adquiere carga negativa y se convierte en un ion negativo.

-
- ¿ ?
1. ¿En qué difieren entre sí los átomos de diversos elementos químicos?
 2. ¿Cuál es la característica fundamental del elemento químico dado?
 3. ¿Qué partículas componen el núcleo?
 4. ¿Cuál es la estructura de los átomos de hidrógeno, helio y litio?
 5. ¿Cómo se forman los iones positivos y cómo los negativos?

-
- Ejercicios
51
1. Las partículas α atraviesan una placa de litio. ¿Por dónde pasan aquellas partículas α que casi no se desviaron? ¿Las que se desviaron un poco? ¿Las que fueron repelidas hacia atrás?
 2. En el núcleo del átomo de carbono hay 12 partículas. En torno del núcleo giran 6 electrones. ¿Cuántos protones y neutrones hay en el núcleo?
 3. Del átomo de helio se ha separado un electrón. ¿Cómo se llama la partícula que ha quedado? ¿Cuál es su carga?
-

106. Explicación de la electrización de los cuerpos

Para explicar la electrización de los cuerpos por contacto, nos sirven los conocimientos de la estructura de los átomos.

A condiciones habituales, el número de electrones en cualquier cuerpo es igual al número de protones en él. Todos los electrones son iguales y cada uno de ellos tiene la menor carga negativa. Todos los protones son también idénticos y cada uno de ellos tiene carga positiva igual a la de los electrones. Es decir, la suma de todas las cargas negativas en el cuerpo, es igual, en valor absoluto, a la suma de todas las cargas positivas en él y, en su total, el cuerpo no tiene carga; es eléctricamente neutro.

Pero si un cuerpo neutro adquiere, de otro cualquiera, electrones, él recibirá carga negativa. Así, pues, un cuerpo tiene carga negativa cuando posee un número excesivo de electrones, en comparación con el normal.

Ahora bien, si un cuerpo neutro cede electrones, recibe carga positiva. De modo que el cuerpo posee carga positiva si tiene defecto de electrones.

Por lo tanto, el cuerpo se electriza, es decir, recibe carga eléctrica cuando adquiere o pierde electrones.

Como ya sabemos, cuando se frota una varilla de ebonita con lana, aquella recibe carga negativa, mientras que la segunda, positiva. Esto encuentra explicación en que durante el rozamiento los electrones de la lana pasan a la ebonita, es decir, de aquella sustancia en la que las fuerzas de atracción de ellos hacia el núcleo del átomo son menores, a la sustancia donde dichas fuerzas son mayores. Después de esto, en la varilla de ebonita habrá exceso de electrones, mientras que en la lana, insuficiencia de éstos.

Como muestran los experimentos, el valor absoluto de las cargas de la lana y la ebonita son iguales. Esto es comprensible, ya que de la lana salieron tantos electrones, como entraron en la ebonita.

Quiere decir que, al electrizar los cuerpos, las cargas no se crean, sino se distribuyen: parte de las cargas negativas pasa de un cuerpo a otro.

Conociendo la estructura del átomo, podemos explicar la existencia de

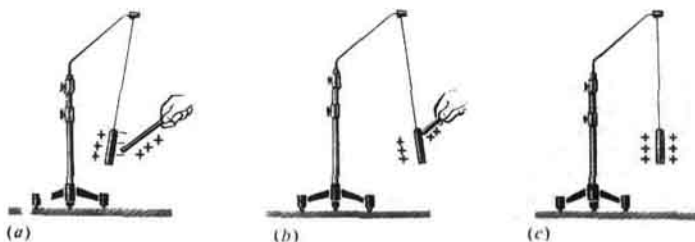


Fig. 224

conductores y aisladores (no conductores). Los electrones en movimiento en el átomo, más alejados del núcleo, son atraídos más débilmente por éste que los que están más cerca de él. Con singular debilidad se mantienen estos electrones alejados del núcleo en los átomos de los metales. Por esta razón, en los metales, los electrones más alejados de los núcleos, abandonan su puesto y se mueven libremente entre los átomos, por lo que reciben el nombre de electrones libres. Las sustancias en las que hay electrones libres, son conductores.

Unamos un electroscopio con otro que ha recibido carga negativa de una varilla metálica (véase la fig. 219). Los electrones libres de la varilla se encontrarán en un campo eléctrico, se pondrán en movimiento en dirección hacia el electroscopio no cargado y éste se cargará negativamente.

En la ebonita, el caucho, los plásticos y en muchos otros no metales, los electrones son retenidos sólidamente en sus átomos y no pueden moverse con libertad. Por esta causa, tales sustancias son no conductores o dieléctricos.

Los conocimientos acerca del electrón y la estructura del átomo nos permiten explicar el fenómeno con el que comenzamos el estudio de la electricidad: la atracción de los cuerpos que no fueron previamente electrizados por los electrizados. ¿Por qué, por ejemplo, una varilla electrizada atrae hacia sí un cilindro que con anterioridad no electrizamos? Pues ya sabemos, que el campo eléctrico sólo actúa sobre los cuerpos cargados.

La cuestión reside en que en el cilindro hay electrones libres. En cuanto éste sea introducido en el campo eléctrico, los electrones se pondrán en movimiento por el efecto de las fuerzas del campo. Si la varilla tiene carga positiva, los electrones pasarán al extremo del cilindro más cercano a la varilla. Este extremo adquirirá carga negativa. En el extremo opuesto del cilindro habrá insuficiencia de electrones, por lo que su carga será positiva (fig. 224, a). El extremo del cilindro con carga negativa está más cerca de la varilla, por esto, él será atraído hacia ella (fig. 224, b). Cuando el cilindro haga contacto con la varilla, parte de los electrones pasará de él a la varilla de carga positiva, quedando en el cilindro una carga positiva (fig. 224, c).

Si la carga es transmitida de una bola cargada a otra no cargada y las dimensiones de ambas bolas son iguales, la carga se dividirá a medias (véase

la fig. 219, b). Pero si la segunda bola, no cargada, es mayor que la primera, a ella pasará más de la mitad de la carga. *Mientras mayor es el cuerpo al que se transmite la carga, tanto mayor parte de ésta pasará a él.* En este fenómeno se basa la toma de tierra, es decir la transmisión de la carga a la tierra. El globo terrestre es muy grande en comparación con los cuerpos que en él se encuentran. Por eso, cuando un cuerpo cargado hace contacto con la tierra, éste cede a ella casi toda su carga y, prácticamente, se hace neutro.

- ¿ ?
1. Explicad la electrización de los cuerpos, cuando éstos entran en contacto.
 2. ¿Por qué durante la electrización por rozamiento en los cuerpos se crean cargas iguales, en valor absoluto, pero de signos opuestos?
 3. ¿Cómo se transmite al cilindro la carga de un cuerpo electrizado negativamente? ¿positivamente?
 4. ¿De qué depende la carga que pasa a un cuerpo no electrizado, al hacer éste contacto con otro electrizado?
 5. ¿Por qué durante la toma de tierra casi toda la carga va a parar a la tierra?

- Ejercicios
52
1. ¿Por qué podemos electrizar por rozamiento una varilla de ebonita que sujetamos con la mano, pero esto no se puede hacer con una varilla metálica?
 2. Cuando un camión tanque se carga con gasolina, su cuerpo se une obligatoriamente con la tierra, mediante un conductor metálico. ¿Para qué se hace esto?
 3. Al reparar los cables deteriorados, el electricista se pone guantes de goma. ¿Por qué lo hace?

Intensidad de la corriente, tensión, resistencia

107. Corriente eléctrica

Cuando por costumbre hablamos sobre el empleo de la energía eléctrica en la vida cotidiana, en la producción y el transporte, se sobreentiende que consideramos el trabajo ejecutado por la corriente eléctrica. Ésta se suministra hacia los consumidores desde centrales eléctricas por cables. Por esta razón, cuando en los locales inesperadamente se apagan las bombillas o cesa el movimiento de los trenes eléctricos, suele decirse, que en los conductores desapareció la corriente eléctrica.

¿Bueno, pues qué es la corriente eléctrica y qué es lo imprescindible para que la misma aparezca y exista durante el tiempo que la necesitamos?

La palabra "corriente" significa movimiento, desplazamiento o circulación de algo. En los ríos y cañerías de agua, por ejemplo, se desplaza el agua, en los oleo o gasoductos —el petróleo o gas, y en estos casos hablan sobre la corriente o flujo de agua, petróleo o gas.

¿Y qué, a fin de cuentas, es lo que puede desplazarse, o sea, circular en los cables que unen a los consumidores de energía con la central eléctrica?

Ya sabemos que en los cuerpos hay electrones, con cuyo movimiento se explican diversos fenómenos de la electrización de los cuerpos (§ 106). Los electrones tienen carga negativa. También pueden poseer cargas eléctricas

partículas más grandes de la materia, es decir, los iones. Por lo tanto, en los conductores pueden desplazarse diversas partículas cargadas.

Denominamos corriente eléctrica el movimiento ordenado de partículas cargadas.

Para que en un conductor haya corriente eléctrica, en él hay que crear un campo eléctrico. Por la acción de este campo, las partículas cargadas, pueden desplazarse libremente por este conductor, se ponen en movimiento en la dirección por la que sobre ellas actúan las fuerzas eléctricas: surge la corriente eléctrica.

En el caso más sencillo, la corriente eléctrica surge en el conductor que une un cuerpo cargado con otro sin carga (véase, la fig. 219) o bien con la tierra. La duración de semejante corriente es muy breve, ya que la carga del cuerpo electrizado pasa con rapidez al otro cuerpo o a la tierra. En cuanto el cuerpo pierde la carga, desaparece el campo eléctrico en el conductor, cesando simultáneamente la corriente eléctrica.

Para que la corriente eléctrica exista un tiempo prolongado en el conductor, el campo eléctrico debe ser mantenido en él durante todo ese tiempo. En nuestro caso, con este fin sería necesario completar de forma ininterrumpida la carga del cuerpo, por ejemplo, cargarlo con una varilla electrizada de ebonita o de vidrio. Pero es fácil advertir, que semejante procedimiento de mantenimiento del campo en el conductor es inservible.

En la práctica, el campo eléctrico se crea en los conductores y se mantiene en ellos largo tiempo por medio de las fuentes de corriente eléctrica.

¿ ?

1. ¿Qué es lo que se tiene en cuenta cuando hablamos del empleo práctico de la energía eléctrica?
2. ¿Qué es la corriente eléctrica?
3. ¿Qué es necesario crear en un conductor para que en él surja y exista la corriente eléctrica?

108. Fuentes de corriente

Las fuentes de corriente pueden ser las más diferentes, pero en cada una de ellas, se realiza trabajo para dividir las partículas cargadas positivas y negativas. Las partículas divididas se acumulan en los polos de las fuentes de corriente, así son llamados los lugares a los que, con ayuda de bornes o sujetadores, se conectan los conductores (cables). Uno de los polos de la fuente de corriente tiene carga positiva, el otro, negativa.

Entre los polos de la fuente se forma el campo eléctrico. Si los polos se unen con un cable, el campo eléctrico surgirá también en él. Bajo la acción de este campo, las partículas cargadas libres en el cable se pondrán en movimiento, surgirá la corriente eléctrica.

En las fuentes de corriente, durante el trabajo para dividir las partículas cargadas, transcurre la transformación de la energía mecánica, química, interna o bien cualquier otra, en energía eléctrica.

En la máquina eléctrica, mostrada en la fig. 225, en energía eléctrica se transforma la mecánica. En la figura 226 está representado un



Fig. 225



Fig. 226

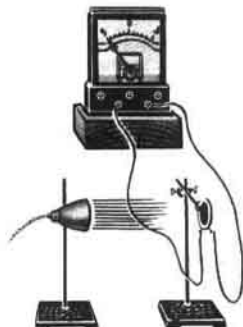


Fig. 227

termoelemento que consta de la junta soldada de dos alambres de diferentes metales. Al calentar la junta, en los cables unidos al termoelemento surge corriente eléctrica. En éste, la energía interna del calentador se convierte en energía eléctrica. Al iluminar ciertas sustancias, por ejemplo, el selenio, óxido cuproso, silicio, la energía luminosa se transforma directamente en eléctrica. Este fenómeno lleva el nombre de efecto fotoeléctrico. En él se funda la estructura y el funcionamiento de las células fotoeléctricas (fig. 227).

Los termoelementos y los elementos fotoeléctricos se estudian en el curso de física de los altos grados escolares.

Con mayor detalle estudiaremos la estructura y funcionamiento de los elementos galvánicos y los acumuladores, fuentes de corriente que vamos a usar en los experimentos relacionados con la electricidad.

En el elemento galvánico se produce la transformación de la energía química en eléctrica.

El elemento galvánico más sencillo de Volta consta de placas de zinc y de cobre, sumergidas en una disolución acuosa de ácido sulfúrico (fig. 228). Durante la reacción del zinc con el ácido, en el interior del elemento se produce la división de las partículas con carga eléctrica. Con ello, la placa de zinc adquiere carga negativa, la de cobre, positiva. Entre las placas cargadas, llamadas electrodos, surge un campo eléctrico.

Si unimos las placas de zinc y de cobre del elemento con un cable, por toda su longitud comenzarán a moverse los electrones y en el circuito surge corriente eléctrica. En la figura 228 vemos los polos del elemento unidos por intermedio de una bombilla eléctrica.

Encuentra extensa aplicación práctica el elemento galvánico seco (fig. 229). Este elemento consta del recipiente de zinc *C* (fig. 230), en el que está ubicada la barra de carbón *Car*. La barra se encuentra en el saquito de lienzo *S*, lleno de una mezcla de bióxido de manganeso y carbón. En semejante elemento, en lugar de líquido, se emplea una espesa pasta *P*, compuesta de harina disuelta en cloruro amónico. El recipiente de zinc con su contenido, está introducido en una caja de cartón, que por arriba se cubre



Fig. 228



Fig. 229

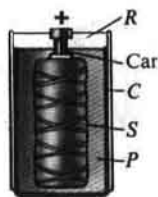


Fig. 230

de una capa de resina *R*, en la que hay un pequeño agujero para la salida de los gases formados durante el funcionamiento. La borna en la barra de carbón es el polo positivo del elemento, mientras que el recipiente de zinc, el negativo.

De varios elementos de este tipo, se puede formar una pila. En la figura 231 vemos una pila para una linterna. En ella, la barra de carbón del primer elemento está unida al vaso de zinc del segundo, mientras que la barra de carbón de éste va unida al vaso del tercer elemento. Del vaso de zinc del primer elemento y de la barra de carbón del tercero, salen dos láminas de hojalata que son los polos de la pila: la primera es el negativo, la segunda, el positivo.

El acumulador más sencillo consta de dos placas de plomo, ubicadas en una disolución de ácido sulfúrico.

Para que el acumulador se convierta en una fuente de corriente, éste debe ser "cargado". Con este fin, por el acumulador se hace pasar la corriente de otra cualquier fuente. Una vez cargado, el acumulador puede emplearse como una fuente de corriente independiente. Los polos de los acumuladores son designados con los signos «+» y «-». Durante la carga del acumulador su polo positivo es conectado al polo de este signo de la fuente de corriente, el negativo, al polo negativo de la fuente.

Durante la carga, la corriente eléctrica realiza en el acumulador trabajo, gracias al cual aumenta la energía química del acumulador. Cuando el acumulador se usa como fuente de corriente la energía química, durante el trabajo que realiza la corriente, se transforma en otros tipos de energía.

Además de los acumuladores de plomo o bien ácidos, se utilizan con profusión los acumuladores de ferroniquel o bien alcalinos.

En la fig. 232 está representada una batería de acumuladores ácidos, en la fig. 233, de alcalinos.

Los acumuladores tienen extensa y diversa aplicación. Sirven para alumbrar los vagones de ferrocarril, los automóviles, para poner en marcha el motor de un automóvil (arrancador). Baterías de acumuladores alimentan

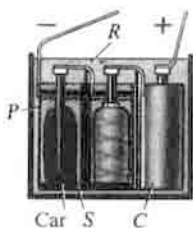


Fig. 232



Fig. 233

Fig. 231

de energía eléctrica los submarinos cuando éstos están sumergidos. Los transmisores de radio y los aparatos científicos instalados en los satélites artificiales de la Tierra, también reciben la energía eléctrica de los acumuladores instalados en el satélite.

En las centrales eléctricas se produce la corriente eléctrica por medio de generadores.

¿ ?

1. ¿Qué función desempeñan las fuentes de corriente?
2. ¿Qué son los polos de la fuente de corriente?
3. ¿Qué transformaciones de energía se producen dentro de la fuente de corriente?
4. ¿Qué transformaciones tienen lugar cuando funcionan: una máquina eléctrica, un termoelemento, un elemento fotoeléctrico?
5. ¿Cuál es la estructura del elemento de Volta?
6. ¿Qué transformaciones de energía se producen en el elemento de Volta?
7. ¿Qué electrodo en el elemento de Volta es positivo y cuál, negativo?
8. ¿Qué procesos energéticos transcurren durante la carga y descarga de un acumulador?
9. ¿Con qué polos de la fuente de corriente se unen los polos del acumulador para cargarlo?
10. ¿Dónde se emplean en la práctica los acumuladores?

Tareas

Preparad conferencias sobre los temas:

- 1) El descubrimiento de Galvani.
- 2) Las investigaciones de Volta.
- 3) La pila voltaica.

109. Circuito eléctrico y sus partes componentes

Con el fin de utilizar la energía de la corriente eléctrica, ante todo, hay que tener una fuente de corriente.

Los electromotores, las bombillas, los infiernillos, toda clase de aparatos que trabajan a base de la corriente eléctrica, reciben el nombre de receptores o consumidores de energía eléctrica.

Dicha energía debe ser transmitida al receptor. Con este objeto, éste se une con cables a la fuente de energía eléctrica.

Para conectar y desconectar los receptores de energía eléctrica, cuando esto es necesario, son empleados interruptores.

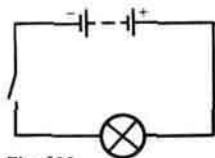
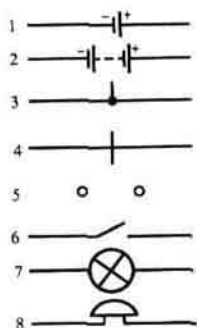


Fig. 235

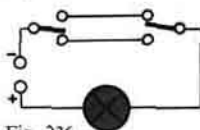


Fig. 236

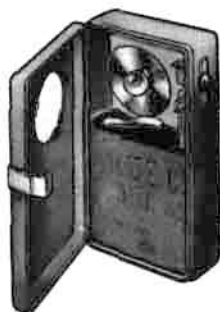


Fig. 237

Fig. 234. Designaciones convencionales en los esquemas: 1-elemento galvánico o bien acumulador, 2-pila de elementos y acumuladores, 3-unión de conductores, 4-cruce de conductores (sin conexión), 5-bornes para la conexión de un aparato, 6-interruptor, 7-bombilla eléctrica, 8-timbre eléctrico.

La fuente de corriente, los consumidores e interruptores, unidos entre sí con cables, todos son conductores y en su conjunto forman el circuito eléctrico.

Con el fin de que en el circuito haya corriente, éste debe estar cerrado, es decir, constar sólo de conductores de la electricidad. Si en cualquier lugar el cable se corta o en su lugar se ubica un aislador, en el circuito cesará la corriente. Éste es el principio de funcionamiento de los interruptores.

Los planos en los que se representan los procedimientos de unión de los aparatos eléctricos en los circuitos, denominanse esquemas. En éstos, los aparatos se designan con signos convencionales. Algunos de ellos son ofrecidos en la fig. 234. En la fig. 235 está representado el esquema de un sencillo circuito eléctrico.

¿ ?

1. ¿Qué función desempeña la fuente de corriente en el circuito eléctrico?
2. ¿Qué receptores o consumidores de energía conocéis?
3. ¿De qué partes consta el circuito eléctrico?
4. ¿Qué significa circuito abierto y circuito cerrado?
5. ¿Qué es el esquema del circuito eléctrico?

Ejercicios
53

1. Estudiad la estructura del enchufe de una lámpara de mesa. ¿De qué materiales están hechas sus partes individuales?
2. Diseñad el esquema del circuito de un timbre eléctrico con el botón.
3. Diseñad el esquema de un circuito que contenga un elemento galvánico y dos timbres, cada uno de los cuales puede ser conectado independientemente.
4. Inventad el esquema de conexión de un elemento, un timbre y dos

botones, dispuestos de tal modo, que se pueda llamar desde dos lugares diferentes.

5. En la fig. 236 se ofrece el esquema de conexión de una bombilla y dos conmutadores. Estudiad el esquema y reflexionad sobre dónde se puede utilizar semejante circuito.
6. Dibujad el esquema del circuito de una linterna (fig. 237) y denominad las partes de dicho circuito.

110. Corriente eléctrica en los metales

Como ya sabemos, en estado sólido los metales tienen estructura cristalina (§ 83). En los cristales, las partículas están dispuestas en un orden rigurosamente determinado, formando una red espacial (cristalina). De la forma de la red cristalina depende el género y la configuración del cristal. En la fig. 238 vemos la red cristalina en forma de cubo. En los nodos de la red cristalina de un metal están dispuestos los átomos de carga positiva, o sea, los iones. Semejantes átomos están representados con círculos mellados. En el espacio entre los átomos se mueven los electrones libres, es decir, aquellos que no están ligados con los núcleos de sus átomos (en la fig. 238 los electrones vienen representados con pequeños círculos).

La carga negativa de todos los electrones libres es igual, por su valor absoluto, a la carga positiva de todos los iones de la red. Por esta causa, a condiciones corrientes, el metal es eléctricamente neutro. En él, los electrones libres se mueven de forma desordenada, caótica. Semejante movimiento de los electrones no crea corriente en el metal. Pero si creamos en el metal un campo eléctrico, todos los electrones libres comenzarán a moverse en la dirección en que actúan las fuerzas eléctricas, surge la corriente eléctrica. Como es lógico, en este caso, el movimiento caótico de los electrones se conserva, lo mismo que el movimiento desordenado de una bandada de mosquitos que, por efecto del viento, se desplaza en una misma dirección.

Así, pues, la corriente eléctrica en los metales es el movimiento ordenado de los electrones.

La velocidad de movimiento de los propios electrones por la acción del campo eléctrico es pequeña, unos milímetros por segundo y, a veces, aún menos. Pero en el instante en que en el conductor surge el campo eléctrico, éste, a enorme velocidad, próxima a la de la luz en el vacío (300 000 km/s), se propaga por toda la longitud del conductor.

Simultáneamente con la propagación del campo eléctrico, los electrones comienzan a moverse en una misma dirección por toda la longitud del



Fig. 238

conductor. Por ejemplo, al cerrar el circuito de una bombilla eléctrica, también se ponen en movimiento ordenado los electrones del filamento de ésta.

Nos ayudará a comprender esto la comparación de la corriente eléctrica con el flujo del agua en las tuberías, mientras que la propagación del campo eléctrico, con la propagación de la presión del agua. Cuando el agua se eleva a la torre de distribución, con gran rapidez se propaga por todo el sistema de distribución la presión del agua. Cuando abrimos el grifo, el agua en él ya está a presión y de inmediato, comienza a fluir. Pero del grifo saldrá aquel agua que se encontraba en él, mientras que la de la torre llegará al grifo mucho más tarde, ya que el movimiento del agua transcurre a menor velocidad que la propagación de la presión.

Cuando hablamos de la velocidad de propagación de la corriente eléctrica por el conductor, tenemos en cuenta la velocidad de propagación del campo eléctrico por él.

Por ejemplo, una señal eléctrica enviada por cable de Moscú a Vladivostok ($s = 8000$ km), llega al punto de destino después de 0,03 s, aproximadamente.

¿ ?

1. ¿Cómo explicar que, en condiciones ordinarias, el metal es eléctricamente neutro?
2. ¿Por qué el movimiento desordenado de los electrones en el metal no provoca el transporte de la carga eléctrica?
3. ¿Qué representa en sí la corriente eléctrica en los metales?
4. ¿Qué es necesario crear en el metal para provocar en él el movimiento ordenado de los electrones?
5. ¿Qué velocidad se tiene en cuenta, cuando hablamos de la velocidad de propagación de la corriente eléctrica en los conductores?

111. Corriente eléctrica en las disoluciones de los electrólitos

En las disoluciones acuosas de las sales, los ácidos y los álcalis, es decir, en las disoluciones de sustancias llamadas electrólitos, el carácter de la corriente eléctrica es otro que en los metales. Examinemos un experimento.

En un recipiente con agua destilada se sumergen dos barras limpias de carbón, es decir, dos electrodos. Uniendo éstos con una bombilla, conectamos al circuito una fuente de corriente (fig. 239). Entre los electrodos existe un campo eléctrico, pero la bombilla no arde, es decir, en el circuito no hay corriente. La explicación de este hecho es muy sencilla: el agua destilada no contiene cargas libres, es decir, electrones e iones.

A continuación, echamos al agua cierta cantidad de una disolución de caparrosa azul. Con ello, la bombilla se enciende (fig. 240), en el circuito de ésta surge corriente. Si esto ha sucedido, quiere decir que en la disolución de caparrosa azul hay partículas cargadas. ¿Qué son éstas y cómo aparecen en la disolución? Los cristales de caparrosa, lo mismo que el agua destilada, no son conductores de la corriente. Pero cuando la caparrosa se disuelve en el agua, sus moléculas al entrar en reacción con las del solvente, se descomponen en dos partes. En este caso, una de las partículas, obtenidas de

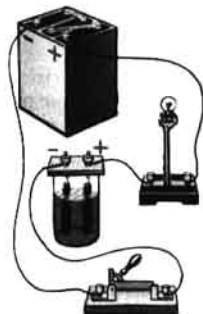


Fig. 239

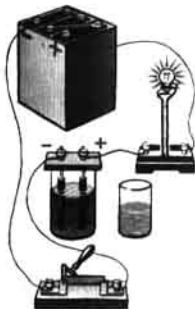


Fig. 240

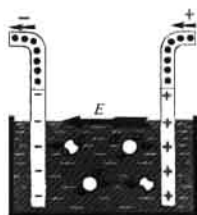


Fig. 241

la descomposición de la molécula, estará cargada positivamente, es decir, surge un ion positivo, la otra, negativamente, se crea un ion negativo.

Como sabemos (§ 105), los iones positivos son partículas que han perdido uno o varios electrones; en lo que se refiere a los iones negativos, son partículas que tienen uno o varios electrones excesivos.

Lo mismo que las moléculas, los iones se mueven en la disolución desordenadamente, pero si el recipiente con la disolución se ubica en un campo eléctrico, los iones comenzarán, además, a moverse también en la dirección en que actúan las fuerzas eléctricas. Los iones positivos se moverán hacia el electrodo unido al polo negativo de la fuente de corriente. Este electrodo recibe el nombre de cátodo. Hacia el electrodo unido con el polo positivo de la fuente de corriente, llamado ánodo, se desplazarán los iones negativos. De este modo, en las disoluciones de los electrólitos surge una corriente eléctrica que es el movimiento ordenado de los iones positivos y negativos. El esquema de movimiento de los iones en la disolución del electrólito, está representado en la fig. 241. En esta misma figura se muestra con la flecha *E* el sentido de la actuación de las fuerzas del campo eléctrico sobre las cargas positivas, con la flecha *c*, el movimiento de los iones hacia el cátodo, con la flecha *a*, al ánodo.

Prestemos atención a que, en el experimento con la disolución de la caparrosa azul, los iones positivos de cobre, cuando llegan al cátodo, se neutralizan y en forma de átomos neutros se sedimentan en este electrodo. Gradualmente, en el cátodo se forma una capa de cobre puro.

También se sedimenta cualquier otra sustancia en los electrodos, cuando pasa la corriente por las disoluciones de otros electrólitos. Este fenómeno se utiliza para obtener metales puros de las disoluciones de sus sales (por ejemplo, cobre, aluminio, etc.).

En este mismo fenómeno se basa el niquelado y cromado de objetos metálicos para protegerlos contra la corrosión.

¿ ?

1. ¿Cómo mostrar que el agua destilada no conduce la electricidad?
2. ¿Cómo mostrar que la disolución acuosa de caparrosa azul es conductora de la electricidad?

3. ¿De qué modo se explica la conductividad eléctrica de una disolución de caparrosa azul?
4. ¿Cómo surgen los iones en una disolución?
5. ¿Qué movimiento tienen los iones en una disolución, al no haber campo eléctrico?
6. ¿Qué es la corriente eléctrica en las disoluciones de electrólitos?
7. ¿Qué fenómenos se observan en los electrodos, cuando por la disolución de un electrólito pasa la corriente? ¿Cómo se utilizan dichos fenómenos?

112. Efectos de la corriente eléctrica

Nosotros no podemos ver el movimiento de los electrones en un conductor metálico o bien el de los iones en el electrólito.

Acerca de la presencia de la corriente eléctrica en el circuito, sólo podemos juzgar por diversos fenómenos que provoca la corriente eléctrica. Dichos fenómenos suelen ser llamados efectos de la corriente. Algunos de ellos se observan con facilidad en experimentos.

Por ejemplo, el efecto térmico de la corriente puede ser observado conectando, a los polos de una fuente de corriente, un alambre de hierro o de níquel (fig. 242). El alambre se calienta, por esta causa se alarga y ligeramente se comba. Incluso es posible calentarlo al rojo. Por ejemplo, en las bombillas eléctricas un fino alambre de tungsteno se calienta por la corriente hasta la luminiscencia brillante. Si en el circuito de una fuente de corriente, en lugar de un alambre, conectamos una disolución de sal o ácido, es decir, un líquido conductor de la corriente, éste también se calentará.

El efecto químico de la corriente ya ha sido estudiado (§ 111).

En la fig. 243 vemos una instalación para observar el efecto magnético de la corriente. En este experimento, un cable de cobre aislado, está enrollado en un clavo de hierro. Cuando el circuito está cerrado, el clavo se convierte en un imán (se magnetiza) y atrae pequeños objetos metálicos: clavitos, virutas de hierro, aserraduras. Cuando en el enrollamiento desaparece la corriente (al abrir el circuito), el clavo se desimanta.

Examinemos un fenómeno más de interacción entre un conductor con corriente y un imán.

En la fig. 244 está representado un pequeño cuadro suspendido de hilos, en el cual se han enrollado varias espiras de alambre fino de cobre. Los extremos del enrollamiento están unidos a los polos de una fuente de corriente. Por lo tanto, en el arrollamiento habrá corriente eléctrica. Si

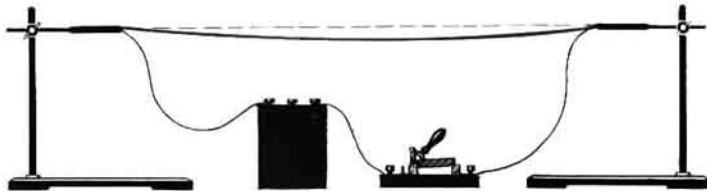


Fig. 242

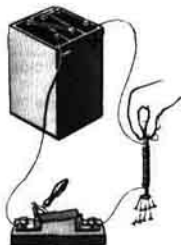


Fig. 243

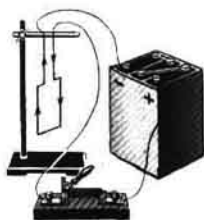


Fig. 244

ubicamos dicho cuadro entre los polos de un imán, aquél comenzará a girar (fig. 245). En este experimento observamos el efecto mecánico de la corriente.

El fenómeno de la interacción entre una bobina con corriente y un imán se utiliza en la estructura del instrumento llamado galvanómetro. En la fig. 246, *a* vemos el aspecto exterior de un galvanómetro escolar; en la fig. 246, *b*, su designación convencional en los esquemas. La aguja del instrumento está ligada a una bobina móvil, situada en un campo magnético. Cuando en la bobina hay corriente, la aguja se desvía. Así, pues, con el galvanómetro se puede determinar si hay o no corriente en el circuito.

Cabe señalar que, de todos los efectos de la corriente eléctrica estudiados, el magnético se observa siempre, cualquiera que sea el conductor de corriente: sólido, líquido o gaseoso.

¿ ?

1. ¿Cómo recurriendo a un experimento podemos observar el efecto térmico de la corriente?
2. ¿Cómo se puede observar en un experimento el efecto químico de la corriente?
3. ¿Dónde en la práctica se utilizan los efectos térmico y químico de la corriente?
4. ¿Mediante qué experimento podemos mostrar el efecto magnético de la corriente?
5. ¿Qué efecto de la corriente se emplea en la estructura del galvanómetro?

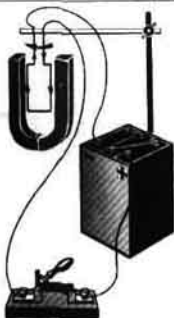


Fig. 245

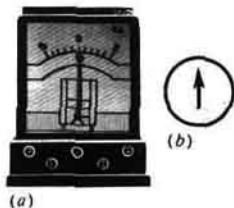


Fig. 246

113. Sentido de la corriente eléctrica

Cuando observábamos los efectos de la corriente en una disolución de caparrosa azul, fue establecido (§ 111) que el cobre sólo se sedimenta en uno de los electrodos, precisamente en aquel que está unido con el polo negativo de la fuente de corriente eléctrica.

Si en este experimento cambiamos de lugar los cables unidos a los polos de la fuente de corriente (véase la fig. 240), el cobre se depositará en el otro electrodo, que ahora resulta unido al polo negativo de la fuente. Al conectar un galvanómetro a este circuito, su aguja se desviará desde la marca cero hacia el lado opuesto.

Este experimento muestra que la corriente eléctrica tiene en los conductores un sentido determinado, del que dependen también algunos de sus efectos.

Como sabemos, la corriente eléctrica es el movimiento ordenado por un conductor de partículas cargadas. En los conductores metálicos, la corriente eléctrica es el movimiento ordenado de electrones, partículas que poseen carga negativa. En las disoluciones de electrólitos, la corriente eléctrica está condicionada por el movimiento de los iones de ambos signos. ¿El movimiento de qué partículas cargadas en el campo eléctrico deberíamos tomar como sentido de la corriente?

Como en la mayoría de los casos, tropezamos con la corriente eléctrica en los metales, sería razonable tomar como sentido de la corriente el del movimiento de electrones en el campo eléctrico, es decir, considerar que la corriente está dirigida del polo negativo de la fuente al positivo.

No obstante, el problema del sentido de la corriente fue planteado a las ciencias, cuando nada se sabía acerca de los electrones e iones. En aquellos tiempos suponían que en todos los conductores podían desplazarse tanto cargas eléctricas positivas, como negativas. Por este motivo, convencionalmente, por sentido de la corriente fue adoptado aquel por el que se mueven (o podrían moverse) por el conductor las cargas positivas, es decir, el sentido del polo positivo de la fuente de corriente al negativo. Así se considera también hoy día.

¿ ?

1. ¿Basándose en qué fenómenos podemos concluir que la corriente eléctrica en el circuito posee determinado sentido?
 2. ¿El movimiento de qué partículas cargadas se toma como sentido de la corriente en un conductor?
 3. ¿Desde qué polo de la fuente de corriente y hacia qué polo se mueven los electrones por el circuito?
-

114. Intensidad de la corriente. Unidades de intensidad de la corriente

Los efectos de la corriente eléctrica, descritos en el § 112, pueden manifestarse en diferente grado, con más o menos fuerza. Los experimentos muestran que la intensidad (grado de efecto) de la corriente eléctrica depende de la carga que pasa por el circuito en 1 s.

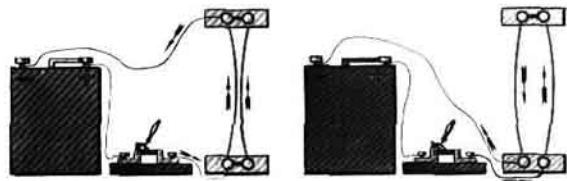


Fig. 247

Cuando una partícula cargada libre, ya sea un electrón en el metal o bien un ion en la disolución del electrolito, está en movimiento por el circuito eléctrico, junto con ella se desplaza la carga. Mientras mayor sea la cantidad de partículas que se desplaza de uno a otro polo de la fuente de corriente o bien, simplemente, de un extremo del sector del circuito a otro, mayor será la carga total transportada por las partículas.

La carga eléctrica, que pasa por la sección transversal de un conductor por 1 segundo, determina la intensidad de la corriente en el circuito.

Al hacer uso de las expresiones "intensidad de la corriente", "fuerte corriente", "débil corriente", nos debemos representar correctamente qué es lo que ellas significan. La expresión "fuerte corriente" sólo quiere decir que en el circuito pasa por 1 s una gran carga eléctrica. La expresión "débil corriente" significa que la carga que por 1 s pasa en el circuito es pequeña.

Ahora podemos decir que de la intensidad de la corriente depende la fuerza de diversos efectos de la corriente. Cuanto mayor es la intensidad de la corriente en el circuito, con mayor fuerza se manifiestan sus efectos: el conductor se calienta más, mayor cantidad de sustancia se sedimenta en los electrodos durante el efecto químico de la corriente, más fuertes son los efectos magnéticos y mecánicos de ésta.

En un circuito constituido por una fuente de corriente y una serie de conductores, unidos entre sí de forma que el extremo de un conductor se conecta al comienzo del otro, la intensidad de la corriente en todos los sectores, será la misma. Esto se desprende de que la carga que pasa por cualquier sección transversal de los conductores del circuito por 1 s es la misma. Cuando en el circuito hay corriente, la carga no se acumula en los conductores del circuito, de modo semejante a como en partes aisladas de un tubo no se acumula el agua, cuando ésta fluye por el mismo.

La intensidad de la corriente es una magnitud física.

En la Conferencia Internacional de medidas y pesos en 1948, fue decidido poner como base en la definición de la unidad de intensidad de la corriente, el fenómeno de la interacción de dos conductores con corriente. Primero, estudiemos este fenómeno en un experimento.

En la fig. 247 vemos dos conductores rectos flexibles, dispuestos entre sí de modo paralelo. Los dos conductores están conectados a una fuente de corriente. Cuando cerramos el circuito, por los conductores pasará la corriente, por lo que ellos se pondrán en interacción, es decir, se atraerán o repulsarán en dependencia del sentido de la corriente en ellos.

La fuerza de interacción entre los conductores con corriente se puede

Andrés María Ampère (1775–1836) – físico y matemático francés. Creó la primera teoría que expresaba la ligazón entre los fenómenos eléctricos y magnéticos. A Ampère le pertenece la hipótesis acerca de la naturaleza del magnetismo, él introdujo en física la noción “corriente eléctrica”.



medir. Como muestran los cálculos y experimentos, esta fuerza depende de la longitud de los conductores, la distancia entre ellos, el medio en que se encuentran los conductores y de la intensidad de la corriente en los conductores, factor que tiene la mayor importancia. Si salvo las intensidades de la corriente, todas las demás condiciones son iguales, la interacción entre los conductores será tanto mayor, cuanto más grande sea la intensidad de la corriente.

Supongamos que hemos tomado conductores paralelos muy finos y de longitud infinita. La distancia entre ellos es igual a 1 m y se encuentran en el vacío. En ellos, la intensidad de la corriente es igual.

Por unidad de intensidad de la corriente tomamos una intensidad tal, con la que sectores de semejantes conductores paralelos de 1 m de longitud se ponen en interacción con una fuerza de $2 \cdot 10^{-7}$ N (0,0000002 N). Esta unidad recibió el nombre de amperio (A) en honor del científico francés AMPÈRE.

En la práctica también se usan unidades submúltiples y múltiples de la intensidad de la corriente: el miliamperio (mA); microamperio (μ A). En la técnica se hace uso del kiloamperio (kA).

$$1 \text{ mA} = 0,001 \text{ A}; \quad 1 \mu\text{A} = 0,000001 \text{ A}; \quad 1 \text{ kA} = 1000 \text{ A}.$$

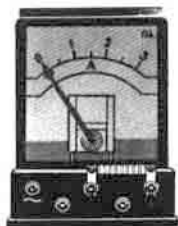
Ha sido calculado que con una intensidad de la corriente de 1 A, en 1 s por la sección transversal de un conductor pasan $6 \cdot 10^{18}$ electrones, es decir, la carga eléctrica del electrón es muy pequeña.

¿ ?

1. ¿De qué depende la intensidad del efecto de la corriente?
2. ¿Qué llamamos intensidad de la corriente en el circuito?
3. ¿Cómo hay que entender las expresiones “fuerte corriente”, “débil corriente”?
4. ¿En qué fenómeno se basa la definición de la unidad de intensidad de la corriente? Describidlo.
5. ¿Cómo se define la unidad de intensidad de la corriente, o sea, el amperio?

Ejercicios
54

1. La intensidad de la corriente de una bombilla eléctrica es de 0,3 A. ¿Cuántos electrones pasan por el filamento de la bombilla durante 5 minutos?



(b)



(c)

Fig. 248 (a)

2. Hasta su descarga total un acumulador puede dar una corriente de 2 A durante 20 h. ¿La carga eléctrica de qué cantidad de electrones puede "almacenar" semejante acumulador?

115. Amperímetro. Medición de la intensidad de la corriente

La intensidad de la corriente se mide con instrumentos llamados amperímetros. Prácticamente, este instrumento, en el que se emplea el efecto mecánico de la corriente, es el galvanómetro que estudiamos con anterioridad (§ 112), sólo que ha sido adaptado para medir la intensidad de la corriente. Su estructura es tal que, al conectarlo al circuito, prácticamente no modifica la intensidad de la corriente en el circuito.

El amperímetro utilizado en los experimentos escolares, viene mostrado en la fig. 248, a; el de laboratorio, en la fig. 248, c; el amperímetro técnico, en la fig. 8. Por regla, en la escala de los amperímetros se pone la letra A. En los esquemas, los amperímetros se representan en forma de un círculo con la letra A en el interior (fig. 248, b).

La escala de los amperímetros se gradúa en amperios y fracciones de amperio con ayuda de las indicaciones de amperímetros patrón de alta precisión.

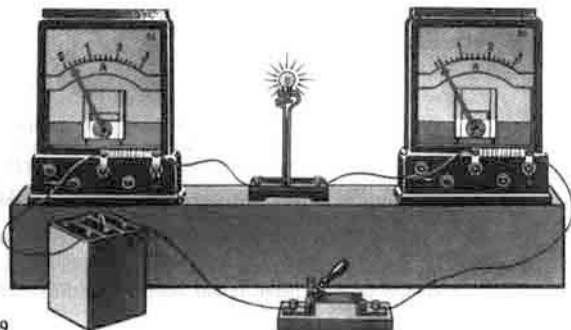


Fig. 249

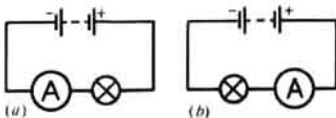


Fig. 250

Cada amperímetro está calculado para cierta intensidad máxima de la corriente, que no debe ser sobrepasada, ya que de lo contrario el instrumento puede estropearse.

Cuando realizamos mediciones con un amperímetro, éste se conecta en el circuito en serie con el instrumento cuya intensidad de la corriente queremos medir.

El amperímetro se conecta al circuito mediante dos bornes que el instrumento tiene. En uno de ellos está marcado el signo «más» («+»), en el otro, «menos» («-») (a veces el signo «menos» no se pone). Es obligatorio conectar el borne con el signo «+» con el cable que va del polo positivo de la fuente de corriente.

Durante la medición de la intensidad de la corriente, podemos conectar el amperímetro en cualquier punto del circuito, formado por una serie de conductores conectados en serie, ya que la intensidad de la corriente es igual en todos los puntos del circuito (§ 114).

Si conectamos un amperímetro al circuito antes de la bombilla y otro después de ella, los dos amperímetros mostrarán igual intensidad de la corriente (fig. 249)

La intensidad de la corriente es una importante característica de un circuito eléctrico. Aquellas personas que trabajan con circuitos eléctricos, deben saber que una corriente hasta de 1 mA es inofensiva para el organismo humano. Una intensidad de la corriente mayor que 100 mA conduce a serias lesiones del organismo.

¿ ?

1. ¿Cómo se llama el instrumento que se emplea para medir la intensidad de la corriente?
2. ¿En qué unidades se gradúan las escalas de los amperímetros?
3. ¿Cómo hay que conectar el amperímetro al circuito eléctrico?

Ejercicios
55

1. Al conectar un amperímetro al circuito, como se muestra en la fig. 250, a, la intensidad de la corriente era igual a 0,5 A. ¿Cuáles serán las indicaciones del amperímetro al conectarlo a ese mismo circuito como se muestra en la fig. 250, b?
2. ¿Cómo podemos comprobar que las indicaciones de un amperímetro son correctas, mediante otro amperímetro, cuya precisión ha sido comprobada?
3. Examinad los amperímetros ofrecidos en las figs. 248, 249. Determinad el valor de una división en cada amperímetro. ¿Qué intensidad máxima de la corriente pueden medir ellos? Dibujad la escala del amperímetro (fig. 248, a) en el cuaderno y mostrad cuál será la posición de la aguja siendo la intensidad de la corriente igual a 0,3 y 1,5 A.
4. Tenemos un amperímetro de precisión. ¿Cómo marcar la escala en otro amperímetro no graduado, haciendo uso del primero?

Tareas

Preparad conferencias sobre los temas:
Electrólisis. Empleo de ésta en la técnica: afinamiento del cobre,

116. Tensión eléctrica

En un circuito cerrado, la corriente eléctrica puede verificar trabajo: animar el movimiento de un motor, calentar un infiernillo eléctrico, una plancha y otros dispositivos. Por el trabajo de la corriente se juzga acerca de su potencia. Recordemos que ésta es igual al trabajo realizado en 1 s.

¿De qué depende la propia potencia de la corriente eléctrica?

Con toda seguridad podemos afirmar que la potencia depende de la intensidad de la corriente. De esto nos hemos cerciorado al estudiar diversos efectos de la corriente (§ 112). Hemos visto que, mientras mayor sea la intensidad de la corriente en el circuito, sus efectos serán más fuertes, mayor trabajo realizará y, por lo tanto, más elevada será su potencia. Pero ésta también depende de otra magnitud física, llamada tensión eléctrica o simplemente, tensión. Introduzcamos esta magnitud y realicemos un experimento.

En la fig. 251 está representado un circuito eléctrico, al que ha sido conectada una bombilla de linterna. La fuente de corriente es aquí un acumulador. La fig. 252 nos ofrece otro circuito. En él, una bombilla para alumbrar local está conectada a la red urbana de alumbrado. Los amperímetros conectados a estos circuitos, muestran que en ellos la intensidad de la corriente es la misma. No obstante, la bombilla conectada a la red urbana (fig. 252) da más luz y calor que la bombilla de linterna. Esto significa que, con una misma intensidad de la corriente, la potencia de ésta difiere en las dos bombillas. Esto encuentra su explicación debido a que la tensión en las bombillas es diferente: en la bombilla conectada a la red

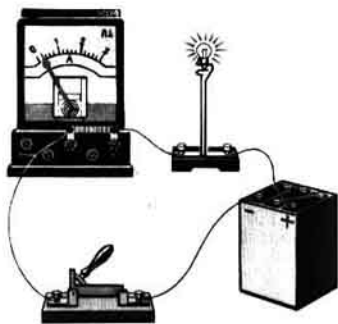


Fig. 251

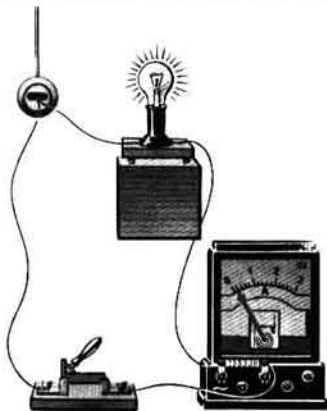


Fig. 252

urbana es mayor que la tensión en la bombilla de linterna.

Para determinar la tensión en los extremos de un sector del circuito, hay que dividir la potencia por la intensidad de la corriente.

Cuando el circuito está abierto, la tensión existe en los polos de la fuente de corriente. Al estar la fuente conectada al circuito, la tensión surge en los sectores aislados, lo que crea la corriente en el circuito.

Como ya sabemos (§ 107), la corriente eléctrica sólo aparece si en el conductor existe campo eléctrico. La presencia de la tensión es lo que precisamente indica que éste existe. Al no haber tensión, no hay campo eléctrico y, por consiguiente, en el circuito no hay corriente.

La corriente eléctrica en un circuito se asemeja a la corriente de agua en los ríos cataratas, mientras que la tensión, a la diferencia de niveles del agua. En los lagos y embalses el nivel del agua es igual en todo lugar, por lo que ella no fluye. De este mismo modo, cuando en los extremos del sector de un circuito eléctrico no hay tensión, en él tampoco hay corriente.

¿ ?

1. ¿Cómo mediante un experimento se puede mostrar que la potencia de la corriente en un sector del circuito no sólo depende de la intensidad de la corriente, sino también de la tensión?
2. ¿Cómo podemos determinar qué es la tensión?
3. ¿Qué podemos decir acerca de las condiciones de existencia de la corriente eléctrica en el circuito?

117. Unidades de tensión

La unidad de tensión fue llamada voltio (se designa con la letra V) en honor del sabio italiano ALESSANDRO VOLTA, inventor del primer elemento galvánico.

El voltio es igual a un vatio dividido por un amperio. Esto puede ser escrito con brevedad:

$$1 \text{ voltio} = \frac{1 \text{ vatio}}{1 \text{ amperio}} \quad \text{o bien} \quad 1 \text{ V} = \frac{1 \text{ W}}{1 \text{ A}},$$

$$\text{o con mayor brevedad} \quad 1 \text{ V} = 1 \frac{\text{W}}{\text{A}}.$$

En la práctica, además del voltio, se emplean submúltiplos y múltiplos del voltio: milivoltio (mV), kilovoltio (kV).

$$1 \text{ mV} = 0,001 \text{ V}, \quad 1 \text{ kV} = 1000 \text{ V}.$$

Tabla 12

Tensión en los polos del elemento de Volta	1,1
Tensión de un elemento seco	1,5
Tensión de un acumulador alcalino (de un elemento)	1,25
Tensión de un acumulador ácido (de un elemento)	2
Tensión de la red de alumbrado	127 ó 220
Tensión en la línea de transporte de energía desde la central eléctrica del Volga hacia Moscú	500 000
Tensión entre las nubes durante una tormenta	Hasta 100 000 000



Alessandro Volta (1745-1827) - físico italiano, uno de los fundadores de la teoría de la corriente eléctrica. El creó el primer elemento galvánico, con lo que dio comienzo al estudio de la corriente eléctrica.

En la tabla 12 se aducen las tensiones en voltios con las que se tropieza en la práctica.

A diferencia de la corriente, la tensión no se llama fuerte o débil, sino que se dice que es alta o baja. La alta tensión es peligrosa para la vida. Supongamos que la tensión entre uno de los cables de una línea de alta tensión y la tierra es igual a 100 000 V. Si con cierto conductor unimos dicho cable con la tierra, con una intensidad de la corriente de 1 A, la potencia de la corriente será igual a 100 000 W. Por ejemplo, semejante potencia es desarrollada por una carga de masa de 1000 kg al caer de una altura de 10 m. Ésta puede causar grandes destrucciones. Tal ejemplo, muestra por qué es tan peligrosa la corriente de alta tensión.

Pero también hay que guardar precauciones al trabajar con tensiones más bajas, ya que incluso una tensión de varias decenas de voltios puede resultar peligrosa.

Al trabajar en un local húmedo, se considera inofensiva una tensión hasta de 12 V, en un local seco, hasta de 36 V.

¿ ?

1. ¿Qué tomamos como unidad de tensión?
 2. ¿Cómo se llama esta unidad? ¿En honor de quién ha sido llamada así?
 3. ¿Qué tensión se emplea en la red de alumbrado?
 4. ¿A qué es igual la tensión en los polos de un elemento seco y de un acumulador ácido?
 5. Además del voltio ¿qué unidades de tensión se emplean en la práctica?
-

118. Voltímetro. Medición de la tensión

Para la medición de la tensión en los polos de una fuente de corriente o en cierto sector de un circuito, hacemos uso de instrumentos llamados voltímetros.

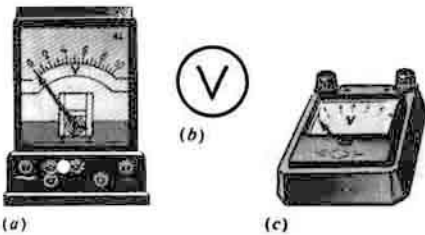


Fig. 253 (a)

(c)

El voltímetro utilizado en los experimentos escolares está representado en la fig. 253, *a*, para los trabajos de laboratorio, en la fig. 253, *c*, el voltímetro técnico en la fig. 8.

Muchos de los voltímetros se parecen por su aspecto exterior a los amperímetros. Para diferenciarlos de otros instrumentos eléctricos de medición, por regla, en la escala del voltímetro ponen la letra *V*. Este instrumento se representa en los esquemas con un círculo, en cuyo interior está la letra *V* (fig. 253, *b*).

Como la del amperímetro, la estructura del voltímetro se basa en el efecto mecánico de la corriente.

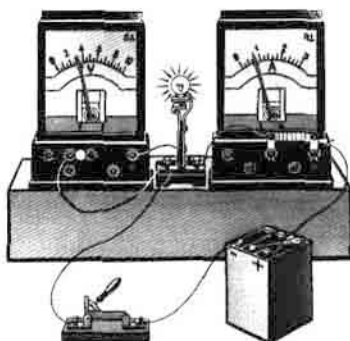
En uno de los bornes del voltímetro, lo mismo que en el amperímetro, se marca el signo «más» («+»). Es obligatorio unir este borne con el cable que viene del polo positivo de la fuente de corriente. En caso contrario, la aguja del instrumento se desviará en sentido inverso. Aquí también tiene importancia el sentido de la corriente.

El voltímetro no se conecta como el amperímetro. En la fig. 254, *a* vemos un circuito eléctrico al que están conectados una bombilla, un amperímetro eléctrico y para conocer la tensión, en el lugar que nos interesa, un voltímetro, mientras que en la fig. 254, *b* está representado el esquema de semejante circuito. Con el amperímetro medimos la intensidad de la corriente en la bombilla, con este fin él se conecta en serie al circuito. En lo que al voltímetro respecta, éste debe mostrar la tensión que existe en los bornes de la bombilla. Por esta razón, él no se conecta al circuito en serie con la bombilla, sino que de la forma mostrada en la fig. 254, *a* y en el esquema (fig. 254, *b*). Los bornes del voltímetro se conectan a aquellos puntos del circuito entre los que hay que medir la tensión. Semejante conexión del instrumento recibe el nombre de en paralelo. Sólo hemos de indicar que, a diferencia del amperímetro, la estructura del voltímetro es tal, que la intensidad de la corriente que pasa por él es pequeña en comparación con la del circuito, por lo que el voltímetro casi no varía la tensión entre los puntos del circuito a los que se conecta.

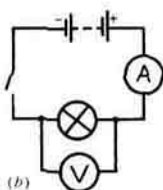
Para medir la tensión en los polos de la fuente de corriente, el voltímetro se conecta directamente a sus bornes de la forma mostrada en la fig. 255.

¿ ?

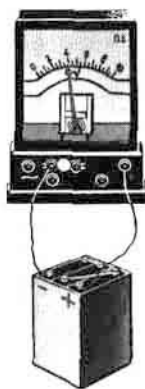
1. ¿Cómo se denomina el instrumento empleado para medir la tensión?
2. ¿Cómo se conecta el voltímetro para medir la tensión en un sector del circuito?



(a)
Fig. 254



(b)
Fig. 255



3. ¿Cómo se mide la tensión en los bornes de una fuente de corriente mediante un voltímetro?

Ejercicios
56

1. Examinad la escala del voltímetro (fig. 253, a). Determinad el valor de su división. Diseñad su escala en el cuaderno y dibujad la posición de la aguja para las tensiones 1; 0,5; 2,6 V.
2. Determinad el valor de la división en la escala del voltímetro en la fig. 254, a. ¿Qué tensión muestra?
3. Diseñad el esquema de un circuito compuesto de un acumulador, una bombilla, un interruptor, un amperímetro y un voltímetro, para el caso en que con el voltímetro se mide la tensión en los bornes de la fuente de corriente.

119. Dependencia entre la intensidad de la corriente y la tensión

Diferentes efectos de la corriente, tales como el calentamiento del conductor, los efectos magnéticos y químicos, dependen de la intensidad de la corriente. Variando esta magnitud en el circuito, dichos efectos pueden ser regulados. Pero, para poder controlar la corriente en el circuito, hay que saber de qué depende en él la intensidad de la corriente.

Como sabemos, la corriente eléctrica en el circuito es el movimiento ordenado de partículas cargadas en el campo eléctrico. Mientras mayor es la acción de éste sobre dichas partículas, mayor será la intensidad de la corriente en el circuito.

Pero la acción del campo se caracteriza con una magnitud física, es decir, la tensión (§ 116). Debido a esto, podemos suponer que la intensidad de la corriente depende de la tensión. Esta dependencia puede ser establecida en un experimento.

En la fig. 256, a se muestra un circuito eléctrico formado por la fuente de corriente, que es un acumulador, un amperímetro, una espiral de alambre de

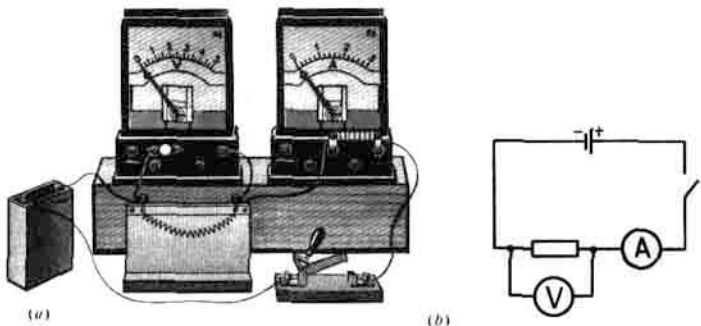


Fig. 256

niquelina, un interruptor y un voltímetro, conectado en paralelo a la espiral. En la fig. 256, *b* vemos el esquema de este circuito.

El circuito se cierra y anotamos las indicaciones de los instrumentos. A continuación, al primer acumulador se conecta otro igual y de nuevo se cierra el circuito. Con ello, la tensión en la espiral aumenta el doble y el amperímetro muestra una intensidad doble de la corriente. Con tres acumuladores, la tensión en la espiral crecerá tres veces, lo mismo que la intensidad de la corriente.

El experimento muestra que cuantas veces aumente la tensión aplicada a un mismo conductor, tantas veces aumentará en él la intensidad de la corriente. Con otras palabras, la intensidad de la corriente en un conductor es *razón directa de la tensión en los extremos de éste*.

En la fig. 257 vemos la gráfica de dependencia de la intensidad de la corriente en un conductor y la tensión entre sus extremos. En esta gráfica, en la escala elegida convencionalmente, por el eje horizontal ha sido trazada la tensión en voltios, por el vertical, la intensidad de la corriente en amperios.

¿ ?

1. ¿Qué dependencia existe entre la intensidad de la corriente y la tensión en los extremos del conductor?
2. ¿Cómo recurriendo a un experimento mostrar la dependencia entre la intensidad de la corriente y la tensión?

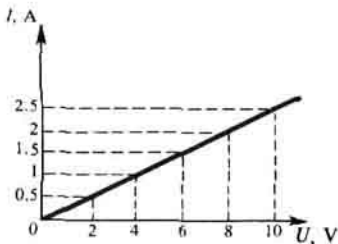


Fig. 257

3. ¿Qué aspecto tiene la gráfica de dependencia entre la intensidad de la corriente y la tensión?

Ejercicio
57

1. Con una tensión en los extremos de un sector del circuito, igual a 2 V, la intensidad de corriente en el conductor es 0,4 A. ¿Cuál debe ser la tensión para que en ese mismo conductor la intensidad de la corriente sea 0,8 A?
2. Con una tensión en los extremos de un conductor de 2 V, la intensidad de la corriente en éste es 0,5 A. ¿Cuál será la intensidad de la corriente si la tensión en los extremos del conductor aumenta hasta 4 V y si la tensión en sus extremos disminuye hasta 1 V?

120. Resistencia eléctrica de los conductores. Unidades de resistencia

Cuando conectamos a un circuito eléctrico cualquier fuente de corriente, diversos conductores y un amperímetro, podemos observar que al emplear diferentes conductores, las indicaciones del amperímetro son distintas, es decir, al cambiar dichos conductores la intensidad de la corriente varía. Por ejemplo, si en lugar del alambre de hierro *AB* (fig. 258) conectamos al circuito el alambre de niquelina *CD*, del mismo grosor y longitud, la intensidad de la corriente en el circuito disminuirá, mientras que al conectar el alambre de cobre *EF*, dicho parámetro aumentará considerablemente.

Un voltímetro conectado consecutivamente a los extremos de los conductores, muestra una tensión igual. Esto significa que la intensidad de la corriente en el circuito depende no sólo de la tensión, sino también de las propiedades de los conductores conectados al circuito. La dependencia entre la intensidad de la corriente y las propiedades del conductor se explica a causa de que diferentes conductores tienen distinta resistencia eléctrica.

¿Cuál es la causa de la resistencia? Si durante su movimiento, los electrones no experimentaran ningún obstáculo, al ser puestos en

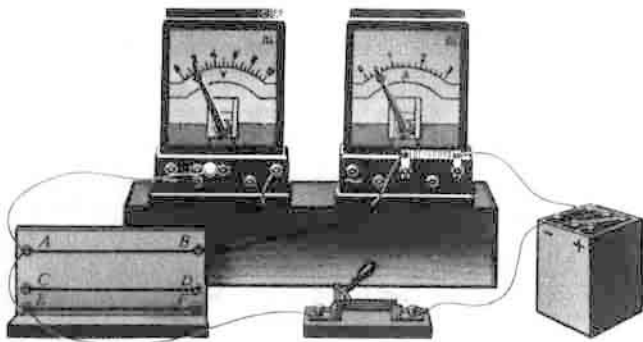


Fig. 258

movimiento ordenado, se moverían por inercia de modo ilimitadamente prolongado, sin el efecto del campo eléctrico. Pero, en realidad, los electrones están en interracción con los iones de la red cristalina del metal. Por esta causa, se retarda su movimiento ordenado y aumenta el movimiento caótico de los iones. La intensidad de la corriente disminuye, mientras que la temperatura del conductor crece, por lo tanto la energía de la corriente se convierte en la energía interna del conductor.

La resistencia eléctrica del conductor es una magnitud física.

Por unidad de resistencia ha sido adoptado 1 ohmio (se representa por Ω), es decir, la resistencia de tal conductor, en el que con una tensión de 1 V en los extremos, la intensidad de la corriente es igual a 1 A. Con brevedad esto se escribe:

$$1 \text{ ohmio} = \frac{1 \text{ voltio}}{1 \text{ amperio}} \quad \text{ó} \quad 1\Omega = \frac{1 \text{ V}}{1 \text{ A}}, \quad \text{o bien} \quad 1\Omega = 1 \frac{\text{V}}{\text{A}}.$$

En la práctica también se utilizan otras unidades de resistencia, submúltiples y múltiples del ohmio: miliohmio ($m\Omega$), kiliohmio ($k\Omega$), megaohmio ($M\Omega$).

$$1 m\Omega = 0,001\Omega; \quad 1 k\Omega = 1000\Omega; \quad 1 M\Omega = 1\,000\,000\Omega.$$

-
- ¿ ?
1. ¿En qué experimento podemos mostrar que la intensidad de la corriente en el circuito depende de las propiedades del conductor?
 2. ¿Qué se toma como unidad de resistencia de un conductor? ¿Cómo se denomina?
 3. Además del ohmio ¿qué unidades de resistencia se usan en la práctica?
-

- Ejercicios
- 58
1. La tensión en los polos del acumulador es de 2 V, la intensidad de la corriente, 1 A. ¿A qué es igual la resistencia en el circuito?
 2. La intensidad de la corriente en el filamento de una bombilla es de 0,5 A, con una tensión en sus extremos de 1 V. Determinad la resistencia del filamento.
-

121. Ley de Ohm para un sector del circuito

En los párrafos anteriores fueron estudiadas tres magnitudes con las que tropezamos en todo circuito eléctrico: intensidad de la corriente, tensión y resistencia. Estas tres magnitudes están ligadas entre sí. La dependencia entre la intensidad de la corriente y la tensión ya ha sido establecida en el § 119. En dicho párrafo, sobre la base de experimentos, mostramos que la intensidad de la corriente en el circuito es razón directa de la tensión en los extremos del conductor o bien, lo que es lo mismo, en los extremos del sector del circuito, ya que el conductor es parte (sector) del circuito eléctrico.

En los experimentos descritos, la resistencia del conductor (sector del circuito) no variaba, solamente cambiaba la tensión en sus extremos. Por esto, podemos decir que la intensidad de la corriente es razón directa de la tensión en los extremos del conductor, a condición de que, en tal caso, la resistencia del conductor no varía.

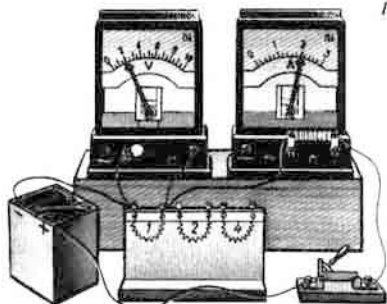


Fig. 259

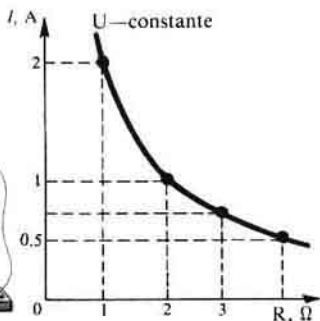


Fig. 260

Para dar respuesta a la pregunta de cómo depende la intensidad de la corriente de la resistencia, realicemos un experimento.

En la fig. 259 está representado un circuito eléctrico, en el que la fuente de corriente es un acumulador. Por turno, conectamos a la red conductores de diferente resistencia. Durante el experimento, la tensión en los extremos del conductor se mantiene constante. Ésta se observa por las indicaciones del voltímetro, mientras que con un amperímetro se mide la intensidad de la corriente.

En la siguiente tabla están aducidos los resultados de los experimentos con tres diferentes conductores:

NN° de los experimentos	Tensión en los extremos del conductor, V	Resistencia del conductor, Ω	Intensidad de la corriente en el circuito, A
1	2	1	2
2	2	2	1
3	2	4	0,5

En el primer experimento la resistencia del conductor era 1Ω , la intensidad de corriente en el circuito 2 A. La resistencia del segundo conductor era 2Ω , es decir, dos veces mayor, en tanto que la intensidad de la corriente dos veces menor. Por fin, en el tercer caso, la resistencia del circuito aumentó cuatro veces y la intensidad de la corriente disminuyó en ese mismo valor. Notemos que, durante los tres experimentos, la tensión en los extremos de los conductores era la misma, igual a 2 V. La fig. 260 nos ofrece gráfica de la dependencia entre la intensidad de la corriente y la resistencia del conductor para una misma tensión en sus extremos. En dicha gráfica por el eje horizontal, en la escala elegida convencionalmente, se representa la resistencia de los conductores en ohmios, por el vertical, la intensidad de la corriente en amperios.

Generalizando los resultados de los experimentos, llegamos a la



Jorge Ohm (1787-1854)-físico alemán. Descubrió de forma teórica y confirmó por vía experimental la ley que expresa la ligazón entre la intensidad de la corriente en el circuito, la tensión y la resistencia.

conclusión: con igual tensión en los extremos del conductor, la intensidad de la corriente es razón inversa de la resistencia en él.

La dependencia de la intensidad de la corriente respecto de la tensión en los extremos del sector del circuito y de la resistencia recibe el nombre de ley de Ohm, físico alemán que descubrió esta ley en 1827.

La ley de Ohm se enuncia: la intensidad de la corriente en un sector del circuito es directamente proporcional a la tensión en los extremos de dicho sector e inversamente proporcional a su resistencia:

$$\text{intensidad de la corriente} \approx \frac{\text{tensión}}{\text{resistencia}}$$

Introduzcamos las siguientes designaciones: U —tensión, I —intensidad de la corriente, R —resistencia. Escribamos la ley de Ohm en forma de una fórmula:

$$I \approx \frac{U}{R}$$

La ley de Ohm es una de las leyes físicas fundamentales.

EJEMPLO 1. La tensión en la red es de 220 V, la resistencia del filamento de una bombilla, 440Ω. Calcular la intensidad de la corriente en la bombilla.

<p><i>Datos:</i></p> <p>$U = 220 \text{ V}$</p> <p>$R = 440 \Omega$</p> <p>$I = ?$</p>	<p><i>Solución:</i></p> <p>Según la ley de Ohm</p> <p>$I = \frac{U}{R}$</p>	<p>$I = \frac{220 \text{ V}}{440 \Omega} = 0,5 \text{ A}$</p>
---	--	--

EJEMPLO 2. En la espiral de un infiernillo eléctrico la intensidad de la

corriente es igual a 5 A, su resistencia, 44Ω . Determinar la tensión a la que está sometida la espiral.

<i>Datos:</i>	<i>Solución:</i>	
$I = 5 \text{ A}$	Según la ley de Ohm	$U = 5 \text{ A} \cdot 44 \Omega = 220 \text{ A} \cdot \Omega = 220 \text{ B.}$
$R = 44 \Omega$	$I = \frac{U}{R}$, entonces	
$U = ?$	$U = IR.$	

EJEMPLO 3. La tensión en los extremos de un sector del circuito es de 4,5 V, la intensidad de la corriente en el circuito, 0,3 A. Calcular la resistencia del sector del circuito.

<i>Datos:</i>	<i>Solución:</i>	
$U = 4,5 \text{ V}$	Según la ley de Ohm	$R = \frac{4,5 \text{ V}}{0,3 \text{ A}} = 15 \Omega.$
$I = 0,3 \text{ A}$	$I = \frac{U}{R}$, entonces $R = \frac{U}{I}$.	
$R = ?$		

¿ ?

1. ¿De la ligazón de qué tres magnitudes se habla en la ley de Ohm?
2. ¿Cómo se enuncia la ley de Ohm?
3. ¿Cuál es la expresión matemática de la ley de Ohm?
4. ¿Cómo expresar la tensión en los extremos de un sector del circuito mediante la intensidad de la corriente y la resistencia del sector?
5. ¿Cómo expresar la resistencia del circuito mediante la tensión y la intensidad de la corriente?

Ejercicios
59

1. En los bornes de una plancha eléctrica la tensión es igual a 220 V, la resistencia del elemento calentador, 50Ω . ¿A qué es igual la intensidad de la corriente en el circuito?
2. La intensidad de la corriente en el filamento de una bombilla es de 0,7 A, su resistencia, 310Ω . Determinad la tensión con la que la bombilla está incandescente.
3. Si la intensidad de la corriente en un voltímetro no debe sobrepasar 0,01 A, ¿qué resistencia posee éste si está calculado para 150 V?
4. Haciendo uso de los datos aducidos a continuación en una tabla, representad por el método gráfico la dependencia entre la intensidad de la corriente y la resistencia, siendo la tensión constante e igual a 10 V. En el eje horizontal trazad, en la escala elegida, la resistencia, en el vertical, la intensidad de la corriente.

R, Ω	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
-------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

$I, \text{ A}$	10	5	3,3	2,5	2	1,7	1,4	1,2	1,1	1
----------------	----	---	-----	-----	---	-----	-----	-----	-----	---

5. En la gráfica (fig. 257) determinad la resistencia del conductor.
6. En la fig. 261 vienen representadas las gráficas de la dependencia entre la intensidad de la corriente y la tensión para dos conductores A y B. ¿Cuál de los dos tiene mayor resistencia? Determinad la resistencia de ambos conductores.

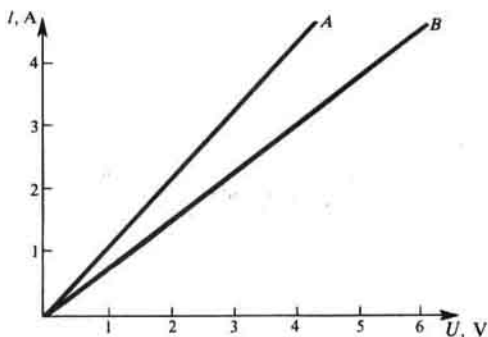


Fig. 261

122. Cálculo de la resistencia de un conductor. Resistividad

Conociendo la causa de la resistencia eléctrica, podemos deducir que ésta depende de las dimensiones del conductor (longitud y grosor), así como del material que está hecho. El experimento confirma esta deducción.

En la fig. 262 vemos una instalación para realizar semejante experimento. Al circuito de una fuente de corriente se conectan por turno diversos conductores, por ejemplo:

alambres de níquelina de igual grosor, pero de distinta largura;

alambres de níquelina de igual largura, pero de diferente grosor (distinta área de la sección transversal);

alambres de níquelina y de nicromo de igual largura y grosor.

La intensidad de la corriente se mide con un amperímetro, la tensión, con un voltímetro.

Conociendo la tensión en los extremos del conductor y la intensidad de la corriente en él, de acuerdo con la ley de Ohm, es posible calcular la resistencia de cada uno de los conductores.

La dependencia entre la resistencia de un conductor y sus dimensiones y material fue por primera vez estudiada por Ohm en un experimento. Él estableció que la resistencia es razón directa de la longitud del conductor, razón inversa del área de su sección transversal y depende del material del conductor.

La resistencia de un conductor de 1 m de longitud, de 1 m² de sección transversal recibe el nombre de resistividad de la sustancia del conductor.

Introduzcamos las designaciones: ρ —resistividad, l —longitud del conductor, S —área de su sección transversal. Entonces, la resistencia R del conductor será expresada por la fórmula:

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

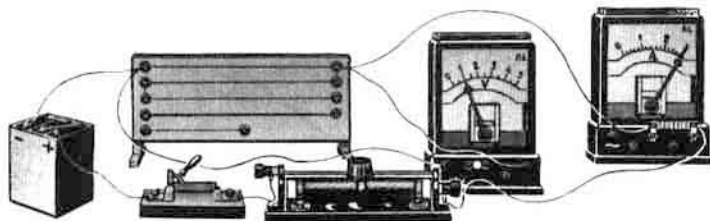


Fig. 262

De esta fórmula podemos determinar la unidad de la resistividad:

$$\text{unidad de } \rho = \frac{\text{unidad de } R \cdot \text{unidad de } S}{\text{unidad de } l}$$

Como la unidad de $R = 1\Omega$, la de $S = 1 \text{ m}^2$, la de $l = 1 \text{ m}$, la unidad de resistividad será

$$\frac{1\Omega \cdot 1 \text{ m}^2}{1 \text{ m}} \text{ o bien } 1\Omega \cdot \text{m}$$

Es más cómodo expresar el área de la sección transversal del conductor en milímetros cuadrados, ya que con la mayor frecuencia ella suele ser pequeña. Entonces, la unidad de resistividad, será:

$$1 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$$

En adelante haremos uso de esta unidad.

En la tabla 13 se aducen los valores de la resistividad de ciertas sustancias a 20°C . (La temperatura se indica a causa de que la resistencia del conductor cambia al variar la temperatura.)

RESISTIVIDAD DE CIERTAS SUSTANCIAS, $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ (a $t = 20^\circ\text{C}$)

Tabla 13

Plata	0,016	Niquel	0,40	Nicromo	1,1
Cobre	0,017	(aleación)		(aleación)	
Oro	0,024	Manganina	0,43	Fecral	1,3
Aluminio	0,028	(aleación)		(aleación)	
Tungsteno	0,055	Constantan	0,50	Cromel	1,5
Hierro	0,10	(aleación)		(aleación)	
Plomo	0,21	Mercurio	0,96	Grafito	13

Entre los metales, la plata y el cobre tienen la menor resistividad. Por lo tanto, estos dos metales son los mejores conductores de electricidad.

Durante el tendido de los circuitos eléctricos se emplean cables de aluminio, cobre e hierro.

¿ ?

1. ¿Cómo depende la resistencia de un conductor de su longitud y del área de la sección transversal?

- ¿Cómo mostrar en un experimento la dependencia entre la resistencia de un conductor y su longitud, área de la sección transversal y material?
- ¿Qué se denomina resistividad de un conductor?
- ¿Con qué fórmula se puede calcular la resistencia de los conductores?
- ¿En qué unidades se mide la resistividad de los conductores?
- ¿Cuáles de los materiales aducidos en la tabla 13 poseen la menor resistividad?
- ¿De qué materiales se fabrican los conductores utilizados en la práctica?

123. Ejemplos de cálculo de la resistencia, la intensidad de la corriente y la tensión de un conductor

EJEMPLO 1. La longitud de un cable de cobre, utilizado en la red de alumbrado, es de 100 m, el área de su sección transversal, 2 mm^2 . ¿A qué es igual la resistencia de semejante conductor?

Datos:

$$l = 100 \text{ m}$$

$$S = 2 \text{ mm}^2$$

$$\rho = 0,017 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$$

$R - ?$

Solución:

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

La resistividad del cobre la hemos hallado en la tabla 13:

$$R = 0,017 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} \cdot \frac{100 \text{ m}}{2 \text{ mm}^2} = 0,85 \Omega.$$

EJEMPLO 2. Un cable de níquelina, de 120 m de longitud y área de la sección transversal $0,5 \text{ mm}^2$, está conectado a un circuito de 127 V de tensión. Determinar la intensidad de la corriente.

Datos:

$$l = 120 \text{ m}$$

$$S = 0,5 \text{ mm}^2$$

$$U = 127 \text{ V}$$

$$\rho = 0,4 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$$

$I - ?$

Solución:

La intensidad de la corriente puede ser calculada de acuerdo con la ley de Ohm:

$$I = \frac{U}{R} \quad (1)$$

La resistencia desconocida, por la fórmula:

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (2)$$

Poniendo los valores de las magnitudes en las fórmulas (2) y (1), obtenemos:

$$R = 0,4 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} \cdot \frac{120 \text{ m}}{0,5 \text{ mm}^2} = 96 \Omega.$$

$$I = \frac{127 \text{ V}}{96 \Omega} \approx 1,3 \text{ A}.$$

EJEMPLO 3. Un cable de manganina de 8 m de longitud y área de la

sección transversal $0,8 \text{ mm}^2$ está conectado al circuito de un acumulador. La intensidad de la corriente en el circuito es de $0,3 \text{ A}$. Determinar la tensión en los polos del acumulador.

Datos:

$$l = 8 \text{ m}$$

$$S = 0,8 \text{ mm}^2$$

$$I = 0,3 \text{ A}$$

$$\rho = 0,43 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$$

$U = ?$

Solución:

La tensión en los polos del acumulador es igual a la tensión en los extremos del cable, que puede ser calculada por la ley de Ohm:

$$U = IR.$$

La resistencia desconocida se calcula por la fórmula

$$R = \rho \frac{l}{S}, \text{ entonces:}$$

$$U = I \rho \frac{l}{S}.$$

Poniendo los valores de las magnitudes en la fórmula, obtenemos:

$$U = 0,3 \text{ A} \cdot 0,43 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} \cdot \frac{8 \text{ m}}{0,8 \text{ mm}^2} \approx 1,3 \text{ V}.$$

Ejercicios
60

1. La longitud de un conductor es igual a 20 cm , la de otro, $1,6 \text{ m}$. El área de la sección transversal y el material de los conductores son iguales. ¿En cuál de los conductores la resistencia es mayor y cuántas veces?
2. El área de la sección de una columna de mercurio es de 1 mm^2 , su resistencia, 1Ω . Determinad su longitud.
3. ¿Cuántas veces es mayor la resistencia de un cable de aluminio que la de otro de cobre de la misma longitud y sección?
4. ¿Qué tensión hay que aplicar a los extremos de un conductor de cobre con 20Ω de resistencia, para obtener una intensidad de la corriente 3 A ? Determinad la longitud del conductor si su sección transversal es de $0,1 \text{ mm}^2$.

124. Reóstatos y resistores

Con frecuencia, en la práctica hay que cambiar la intensidad de la corriente en el circuito, haciéndola mayor o menor. Por ejemplo, variando dicha magnitud en el altavoz del receptor de radio o de retransmisión, regulamos el volumen del sonido. Variando la intensidad de la corriente en el electromotor de una máquina de coser, es posible regular su velocidad de rotación.

En muchos casos, para regular la intensidad de la corriente hacemos uso de instrumentos especiales, llamados reóstatos.

El más sencillo reóstato puede ser un alambre de algún material con gran resistividad, por ejemplo, de niquelina o de nicromo. Si conectamos semejante alambre al circuito de una fuente de corriente eléctrica por los contactos A y B en serie con un amperímetro (fig. 263) y desplazamos el contacto móvil (cursor) C , podremos disminuir o aumentar la longitud del sector AC , conectado al circuito. Con ello, variará la resistencia de éste y,

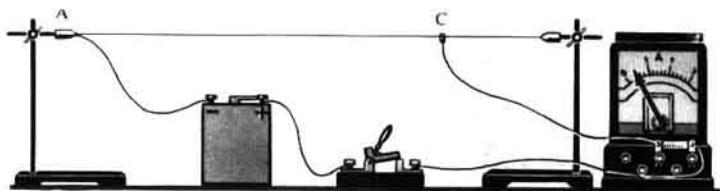


Fig. 263

por lo tanto, la intensidad de la corriente en él.

Los reóstatos utilizados en la práctica, tienen una forma más cómoda y compacta. Con este fin, se emplea alambre con gran resistividad. Uno de tales reóstatos viene representado en la fig. 264, *a*, mientras que su designación convencional en los esquemas, en la fig. 264, *b*. En este reóstato, el alambre de níquelina está enrollado sobre un cilindro de cerámica. El alambre está cubierto de una fina capa de óxidos, por lo que las espiras están aisladas entre sí. Sobre el arrollamiento está dispuesta una varilla metálica por la que puede desplazarse el cursor. Éste, con sus contactos, se aprieta contra las espiras del arrollamiento. A causa del rozamiento del cursor por las espiras, la capa de óxidos debajo de los contactos desaparece y la corriente eléctrica en el circuito pasa de las espiras de alambre al cursor y, por él, a la varilla, que en su extremo tiene un borne. Mediante ésta y el borne unido a uno de los extremos del arrollamiento, situado en el cuerpo del reóstato, éste se conecta al circuito.

Desplazando el cursor por la varilla, podemos aumentar o disminuir la resistencia del reóstato conectado al circuito.

Cada reóstato está calculado para una determinada resistencia y para la corriente máxima tolerable, que no debe ser sobrepasada, ya que el arrollamiento del reóstato se calienta y puede fundirse. La resistencia del reóstato y el valor máximo tolerable de la corriente se indican en el propio instrumento.

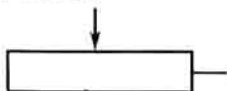
En los aparatos de radio y electrónicos, con el fin de crear la resistencia necesaria, son utilizados con amplitud los resistores. Éstos pueden ser de alambre y sin alambre. Los primeros se emplean en aquellos casos cuando es necesaria una resistencia constante en el circuito. El aspecto exterior de los resistores, así como el valor nominal de la resistencia que les corresponde, son muy variados.

¿ ?

1. Explicad, ateniéndose a la fig. 264, *a*, la estructura de un reóstato de cursor. ¿Cómo deberá conectarse a la red?



(a)



(b)

Fig. 264

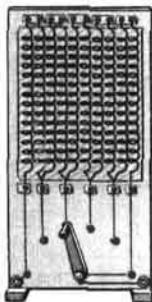


Fig. 265

2. ¿Por qué se emplean en los reóstatos alambres con gran resistividad?
3. ¿Para qué magnitudes se indican en el reóstato los valores tolerables?
4. ¿Cómo se representan los reóstatos en los esquemas de los circuitos eléctricos?

Ejercicios
61

1. En la fig. 265 está representado un reóstato, mediante el cual es posible variar la resistencia en el circuito no uniformemente, sino que por escalones, a saltos. Examinad la figura y explicad cómo funciona semejante reóstato.
2. Si cada una de las espirales del reóstato (fig. 265) tiene una resistencia de $0,3\Omega$, ¿qué resistencia se introducirá en el circuito con la posición del conmutador representada en la figura? ¿Dónde hay que instalar el conmutador para aumentar la resistencia en el circuito en 18Ω más mediante este reóstato?
3. Al circuito están conectados una bombilla y un reóstato de cursor. Dibujad en el cuaderno el esquema de dicho circuito. ¿Hacia dónde hay que desplazar el cursor del reóstato para que la bombilla alumbre más intensamente?
4. Es preciso fabricar un reóstato para 20Ω de alambre de níquelina, con área de la sección igual a 3 mm^2 . ¿Qué longitud del alambre hará falta para ello?

125. Circuito eléctrico en serie

Los circuitos eléctricos, con los que se tropieza en la práctica, están formados, generalmente, no de un conductor (o consumidor de energía), sino que de varios conductores diferentes, que pueden estar unidos entre sí de distinta forma. Conociendo la resistencia de cada uno de ellos y el método de su conexión, podemos calcular la resistencia total del circuito.

En la fig. 266, *a* vemos un circuito con unión en serie de dos bombillas y en la fig. 266, *b*, el esquema de semejante conexión. Si desconectamos una de las bombillas, el circuito se abre y la segunda bombilla se apaga.

Con la conexión en serie ya hemos tropezado en los anteriores parágrafos. Por ejemplo, en serie están conectados el acumulador, la

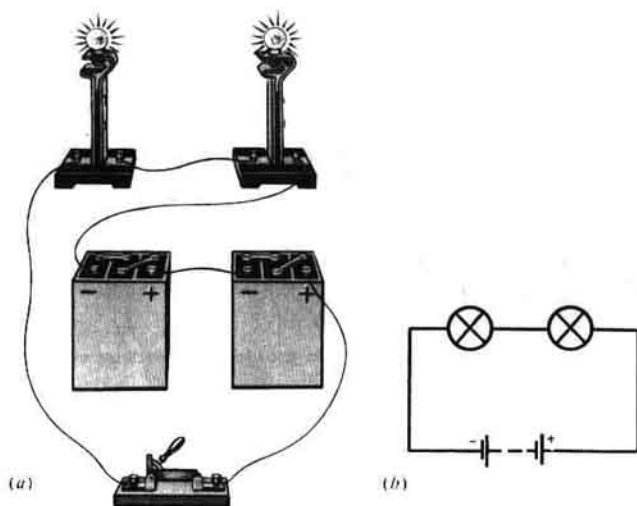


Fig. 266

bombilla, dos amperímetros y el interruptor en el circuito de la fig. 249.

Ya sabemos que durante la conexión en serie, la intensidad de la corriente es la misma en cualquier parte del circuito (§ 115).

¿A qué es igual la resistencia de los conductores unidos en serie?

Cuando conectamos los conductores de este modo, es como si aumentáramos la longitud del conductor. Por esto, la resistencia del circuito es mayor que la de un solo conductor.

La resistencia total de un circuito con la conexión en serie es igual a la suma de las resistencias de sectores por separado del circuito:

$$\underline{R = R_1 + R_2.}$$

La tensión en los extremos de sectores aislados del circuito se calcula de acuerdo con la ley de Ohm:

$$U_1 = IR_1, \quad U_2 = IR_2.$$

De aquí vemos que la tensión será mayor en el conductor con la más grande resistencia, ya que la intensidad de la corriente es igual en todas partes.

La tensión total del circuito con la conexión en serie, o bien la tensión en los polos de la fuente de corriente, es igual a la suma de tensiones en sectores aislados del circuito:

$$\underline{U = U_1 + U_2.}$$

EJEMPLO 1. Dos conductores de resistencia $R_1 = 2\Omega$ y $R_2 = 3\Omega$ están unidos en serie. La intensidad de la corriente en el circuito es igual a 1 A. Determinar la resistencia del circuito, la tensión en cada conductor y la tensión total de todo el sector del circuito.

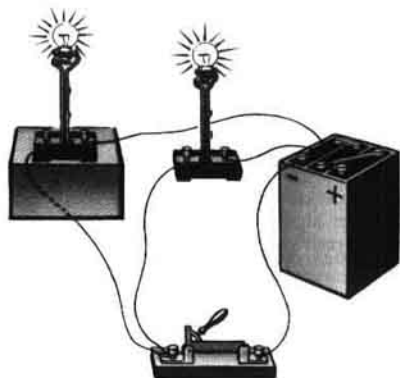
<i>Datos:</i>	<i>Solución:</i>
$R_1 = 2\Omega$	La intensidad de la corriente en todos los conductores unidos en serie es la misma e igual a la intensidad de la corriente en el circuito, es decir, $I_1 = I_2 = I.$
$R_2 = 3\Omega$	
$I = 1\text{ A}$	
$R - \text{¿?}$	La resistencia total del circuito:
$U_1 - \text{¿?}$	$R = R_1 + R_2,$
$U_2 - \text{¿?}$	$R = 2\Omega + 3\Omega = 5\Omega.$
$U - \text{¿?}$	La tensión en cada uno de los conductores es hallada con la ley de Ohm: $U_1 = IR_1; U_1 = 1\text{ A} \cdot 2\Omega = 2\text{ V};$ $U_2 = IR_2; U_2 = 1\text{ A} \cdot 3\Omega = 3\text{ V}.$
	La tensión total del circuito: $U = U_1 + U_2$ o bien $U = IR.$ $U = 2\text{ V} + 3\text{ V} = 5\text{ V}$ o bien $U = 1\text{ A} \cdot 5\Omega = 5\text{ V}.$

- ¿ ?
1. ¿A qué se llama unión en serie de los conductores? Representadla en un esquema.
 2. Cuál de las magnitudes eléctricas es igual para todos los conductores unidos en serie?
 3. ¿Cómo hallar la resistencia total del circuito, conociendo la resistencia de los conductores individuales, cuando éstos están unidos en serie?
 4. ¿Cómo determinar la tensión de un sector del circuito que consta de dos conductores unidos en serie, conociendo la tensión en cada uno de ellos?

- Ejercicios 62
1. El circuito consta de dos conductores unidos en serie, cuyas resistencias son de 4 y 6 Ω . La intensidad de la corriente en el circuito es de 0,2 A. Hallad la tensión en cada uno de los conductores y la tensión total.
 2. Para los trenes eléctricos se utiliza una corriente de 1200 V. ¿Cómo pueden ser empleadas para el alumbrado de los vagones bombillas calculadas para una tensión de 220 V cada una de ellas? Dibujad el esquema de conexión de las bombillas.
 3. Dos bombillas iguales, calculadas para 127 V cada una, están conectadas en serie a una red de 127 V de tensión. ¿Bajo qué tensión se encontrará cada una de las bombillas?

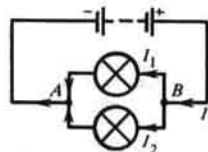
126. Circuito eléctrico en paralelo

Otro procedimiento de unión de los conductores o consumidores de la energía eléctrica es el denominado en paralelo.



(a)

Fig. 267



(b)

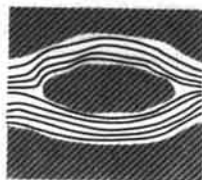


Fig. 268

De él se habló en el § 118. En la fig. 267, *a* se muestra la unión en paralelo de dos bombillas eléctricas, en la fig. 267, *b* el esquema de esta unión. Si apagamos en este circuito una de las lámparas, la otra seguirá encendida.

Con la conexión en paralelo, todos los conductores se unen con uno de sus extremos al punto *A* del circuito, con el segundo, al punto *B* (fig. 267, *b*). Por esta razón, la tensión en los extremos de todos los conductores unidos en paralelo es la misma. Las bombillas de la fig. 267, *a* alumbran con tensión igual.

En el punto *B* (fig. 267, *b*) la corriente eléctrica *I* se ramifica en dos corrientes *I*₁ e *I*₂, que de nuevo se reúnen en el punto *A*, de modo semejante a como el flujo de agua se distribuye por dos canales, que después vuelven a reunirse, lo que vemos en la fig. 268.

Claro está, que

$$\overline{I = I_1 + I_2},$$

es decir, la intensidad de la corriente en la parte no ramificada del circuito, es igual a la suma de las intensidades de la corriente en conductores individuales unidos en paralelo.

Durante la unión en paralelo es como si aumentara el área de la sección transversal del conductor. Por esto, la resistencia total del circuito disminuye, lo mismo que las resistencias de cada uno de los conductores que entran en el circuito. Por ejemplo, la resistencia de un circuito formado por dos bombillas iguales (fig. 267, *a*) es dos veces menor que la resistencia de una bombilla:

$$R = \frac{R_1}{2}.$$

El sector de un circuito constituido de n conductores de igual resistencia, unidos en paralelo, puede ser considerado como un sólo conductor, en el que el área de su sección es n veces mayor que el área de la sección de un solo conductor de esa misma longitud. La resistencia de dicho sector también será tantas veces menor, es decir,

$$R = \frac{R_1}{n}.$$

El cálculo de la resistencia de un circuito, que consta de varios conductores de diferentes resistencias, es algo más complicado.

En este caso, hay que sumar no las resistencias de los conductores, sino magnitudes inversas a las resistencias:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}.$$

EJEMPLO 1. En un circuito de alumbrado están conectadas en paralelo cuatro bombillas de 120Ω de resistencia cada una. Hallar la resistencia total del sector del circuito.

Datos:

$$R_1 = 120 \Omega$$

$$n = 4$$

$R = ?$

Solución:

$$R = \frac{R_1}{n}.$$

$$R = \frac{120 \Omega}{4} = 30 \Omega.$$

EJEMPLO 2. El sector de un circuito consta de dos conductores unidos en paralelo de resistencias $R_1 = 3\Omega$, $R_2 = 6\Omega$. Determinar la resistencia de este sector del circuito.

Datos:

$$R_1 = 3 \Omega$$

$$R_2 = 6 \Omega$$

$R = ?$

Solución:

Pongamos los datos en la fórmula:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}, \quad \frac{1}{R} = \frac{1}{3 \Omega} + \frac{1}{6 \Omega} = \frac{3}{6 \Omega},$$

$$\text{de donde } R = \frac{6 \Omega}{3}, \quad R = 2 \Omega.$$

En un mismo circuito eléctrico pueden ser conectados en paralelo los más diferentes consumidores de energía eléctrica. En la fig. 269 se muestra la conexión en paralelo de bombillas, calentadores y un electromotor.

Los consumidores conectados en paralelo a la red dada, deben ser calculados para una misma tensión, igual a la de la red.

La tensión de la red que empleamos para el alumbrado y los electrodomésticos, suele ser de 127 y 220 V, por lo que las bombillas eléctricas y diversos electrodomésticos se fabrican para las indicadas tensiones.

En la práctica, se emplea con frecuencia la conexión mixta de los conductores (en serie y en paralelo).

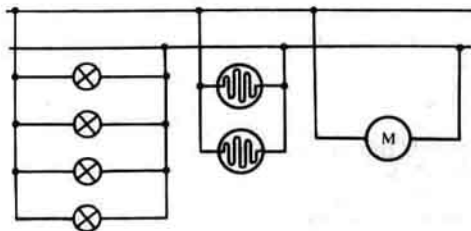


Fig. 269

¿ ?

1. ¿Qué unión de los conductores se llama en paralelo? Representadla en forma de un esquema.
2. ¿Cuál de las magnitudes eléctricas es igual para todos los conductores unidos en paralelo?
3. ¿Cómo se expresa la intensidad de la corriente en el circuito antes de su ramificación, mediante las intensidades de la corriente en las ramas individuales de ella?
4. ¿Cuántas veces es menor la resistencia de un conductor que la de un sector del circuito formado por dos conductores idénticos, unidos en paralelo?
5. ¿Cómo se conectan a la red eléctrica las bombillas y los electrodomésticos?
6. ¿Qué tensiones se emplean para el alumbrado y las necesidades domésticas?

Ejercicios
63

1. Dos conductores de 10 y 15 Ω de resistencia están unidos en paralelo. Hallad la resistencia total de este sector del circuito.
2. Dos conductores de 4 y 8 Ω de resistencia están unidos en paralelo. La tensión de los conductores es de 4 V. Determinad la intensidad de la corriente en cada conductor y en el circuito total.

Tarea

Basándose en la ley de Ohm para un sector del circuito y en sus colorarios, demostrad que la resistencia R de un sector del circuito, constituido por dos conductores de resistencias R_1 y R_2 , unidos en paralelo, se calcula por la fórmula:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \quad \text{o bien} \quad R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

Potencia y trabajo de la corriente eléctrica

127.

Potencia de la corriente eléctrica

Con la potencia de la corriente eléctrica ya hemos tropezado en el § 116, cuando deducíamos el concepto de tensión.

Ahora, hemos de deducir la fórmula para calcular dicha potencia. Recordemos que la tensión en los extremos de un sector del circuito es igual a la razón entre la potencia y la intensidad de la corriente. Con brevedad, podemos escribir esto como una fórmula:

$$U = \frac{P}{I},$$

donde U es la tensión; P , la potencia; I , la intensidad de la corriente. De aquí, podemos con facilidad obtener la fórmula para calcular la potencia de la corriente eléctrica:

$$P = UI.$$

La potencia de la corriente eléctrica es igual al producto de la tensión por la intensidad de la corriente.

Como ya sabemos, la unidad de potencia es 1 W. De acuerdo con la fórmula de la potencia, el vatio puede ser expresado por el voltio y el amperio:

$$1 \text{ vatio} = 1 \text{ voltio} \times 1 \text{ amperio, o bien}$$

$$1 \text{ W} = 1 \text{ V} \cdot 1 \text{ A} = 1 \text{ B} \cdot \text{A}.$$

En la práctica se emplean otras unidades de potencia, submúltiples y múltiples del vatio: hectovatio (hW), kilovatio (kW), megavatio (MW).

$$1 \text{ hW} = 100 \text{ W}; 1 \text{ kW} = 1000 \text{ W}; 1 \text{ MW} = 1\,000\,000 \text{ W}.$$

En la tabla 14 se aducen las potencias de algunos consumidores y fuentes de corriente eléctrica.

Tabla 14

POTENCIA DE DIVERSOS DISPOSITIVOS TÉCNICOS, KW

Bombilla de una linterna	0,001
Bombillas de alumbrado (domésticas)	0,015-0,2
Plancha eléctrica	0,3
Infiernillo eléctrico	0,6
Lámparas en las estrellas del Kremlin	5
Motor de un torno	0,5-15
Motor de una locomotora eléctrica	4000
Generador hidráulico de la central hidroeléctrica de Bratsk "50 años del Gran Octubre"	250 000
Turbogenerador	50 000-1 200 000

La potencia de la corriente eléctrica se puede medir mediante un voltímetro y amperímetro. En la fig. 254 está mostrado como hay que conectar estos instrumentos para medir la potencia en una bombilla. Con el fin de calcular la potencia buscada, multiplican los valores de la tensión y la intensidad de la corriente hallados en las indicaciones de los instrumentos.

Hay instrumentos especiales, llamados vatímetros, que miden la potencia de la corriente eléctrica directamente en el circuito.

¿ ?

1. ¿A qué llamamos potencia?
2. ¿Cómo calcular la potencia?
3. ¿Cómo se expresa la potencia de la corriente eléctrica mediante la tensión y la intensidad de la corriente?
4. ¿Qué se ha adoptado en calidad de unidad de potencia?
5. ¿Cómo se expresa la unidad de potencia a través de las unidades de tensión e intensidad de la corriente?
6. ¿Qué unidades de potencia se emplean en la práctica?

1. A un circuito de 127 V está conectada una bombilla eléctrica, en la que la intensidad de la corriente es igual a 0,6 A. Determinad la potencia de la corriente en la bombilla.
2. Un infiernillo eléctrico está calculado para una tensión de 220 V y una intensidad de la corriente de 3 A. Determinad la potencia de la corriente en el infiernillo.
3. Una bombilla eléctrica de 15 W de potencia y un infiernillo de 600 W están conectados a la red de alumbrado de un departamento con tensión de 220 V. Determinad la intensidad de la corriente en los cables que alimentan la corriente.

128. Trabajo de la corriente eléctrica

En los pasaportes (certificados) técnicos de los consumidores de la corriente, es decir, bombillas, infiernillos, electromotores, por regla, se indica la potencia de la corriente en ellos. Por la potencia podemos determinar con facilidad el trabajo de la corriente en el intervalo de tiempo prefijado.

Recordemos que la potencia es igual al trabajo realizado en 1 s, o sea,

$$P = \frac{A}{t},$$

de donde

$$A = Pt.$$

En estas fórmulas se designan: A , trabajo; P , potencia; t , tiempo.

Tomando la potencia en vatios y el tiempo en segundos, obtenemos el trabajo en julios:

$$1 \text{ julio} = 1 \text{ vatio} \times 1 \text{ segundo, o bien } 1 \text{ J} = 1 \text{ W} \cdot \text{s}.$$

En la práctica es mucho más cómodo expresar el trabajo de la corriente no en julios, sino en otras unidades: vatio-hora ($\text{W} \cdot \text{h}$), hectovatio-hora ($\text{hW} \cdot \text{h}$), kilovatio-hora ($\text{kW} \cdot \text{h}$).

$$1 \text{ W} \cdot \text{h} = 3600 \text{ J}; \quad 1 \text{ hW} \cdot \text{h} = 100 \text{ W} \cdot \text{h} = 360\,000 \text{ J};$$

$$1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 1000 \text{ W} \cdot \text{h} = 3\,600\,000 \text{ J}.$$

Conociendo para qué potencia está calculado el consumidor de la corriente y cuánto tiempo él trabaja, podemos calcular el trabajo de la corriente.

EJEMPLO 1. Una bombilla está calculada para una corriente de 100 W. Cada día ella está encendida durante 6 horas. Hallar el trabajo de la corriente durante un mes (30 días).

Datos:

$$P = 100 \text{ W}$$

$$t = 6 \text{ h} \cdot 30 = 180 \text{ h}$$

$A = ?$

Solución:

$$A = Pt.$$

$$A = 100 \text{ W} \cdot 180 \text{ h} = 18\,000 \text{ W} \cdot \text{h} = 18 \text{ kW} \cdot \text{h}.$$

El trabajo de la corriente eléctrica puede ser expresado con la tensión U , la intensidad de la corriente I y el tiempo t . En efecto, en la fórmula $A = Pt$ la potencia de la corriente $P = UI$, de donde

$$A = UI t,$$

es decir, el trabajo de la corriente eléctrica en un sector del circuito es igual al producto de la tensión en los extremos de dicho sector por la intensidad de la corriente y el tiempo, durante el cual fue realizado el trabajo. De aquí se desprende, que

$$1 \text{ julio} = 1 \text{ voltio} \times 1 \text{ amperio} \times 1 \text{ segundo, o bien } 1 \text{ J} = 1 \text{ V} \cdot \text{A} \cdot \text{s}.$$

Resulta que para medir el trabajo de la corriente eléctrica, hacen falta tres instrumentos: un voltímetro, amperímetro y un reloj. En la práctica, este parámetro de la corriente se mide con instrumentos especiales, llamados contadores. En la estructura de éstos es como si estuvieran conjugados los tres instrumentos indicados más arriba. En casi cada vivienda podemos ver contadores de la energía eléctrica.

EJEMPLO 2. ¿Qué trabajo realiza un electromotor durante 1 hora, si la intensidad de la corriente en su circuito es de 5 A y la tensión en sus bornes, 220 V? El rendimiento del motor es el 80%.

Datos:

$$t = 1 \text{ h} = 3600 \text{ s}$$

$$I = 5 \text{ A}$$

$$U = 200 \text{ V}$$

rendimiento el 80%

$A_{\text{útil}} = ?$

Solución:

Trabajo total de la corriente $A = UI t$. El trabajo del motor $A_{\text{útil}}$, igual al trabajo útil de la corriente, constituye el 80% de todo el trabajo de ésta:

$$A_{\text{útil}} = 0,8 A \text{ o bien } A_{\text{útil}} = 0,8 UI t,$$

$$A_{\text{útil}} = 0,8 \cdot 200 \text{ V} \cdot 5 \text{ A} \cdot 3600 \text{ s} \approx 3\,200\,000 \text{ J} = 3,2 \cdot 10^6 \text{ J} = 3,2 \cdot 10^3 \text{ kJ}.$$

¿?

1. ¿Qué magnitud se indica, por regla, en los pasaportes técnicos de los consumidores de la corriente?
2. ¿Cómo se puede expresar el trabajo de la corriente mediante la potencia y el tiempo?
3. ¿Qué unidades de trabajo de la corriente se utilizan en la práctica?
4. Conociendo la tensión, la intensidad de la corriente y el tiempo ¿cómo podemos calcular el trabajo de la corriente?

Ejercicios
65

1. La potencia de una plancha eléctrica es de 0,6 kW. Calculad el trabajo de la corriente durante 1,5 h. ¿Cuánta energía se consume con ello?
2. En un departamento hay dos bombillas eléctricas de 60 W y otras dos de 40 W. Cada una de ellas se conecta durante 3 h al día. Determinad el coste de la energía consumida por las bombillas en el transcurso de un mes (30 días), si el precio de 1 kW·h es de 4 kopecks.
3. ¿Qué trabajo realiza la corriente eléctrica en un electromotor durante 30 min, si la intensidad de la corriente en el circuito es de 0,5 A, mientras que la tensión en los bornes del motor, 12 V? ¿Cuánta energía se consume?
4. Calculad el trabajo realizado por la corriente eléctrica en la bombilla de una linterna durante 5 min, si la tensión en ella es de

3,5 V y la intensidad de la corriente, 0,25 A.

5. Reflexionad acerca de las transformaciones de energía que se producen en un circuito cerrado, que contiene una bombilla, cuando la fuente de corriente es un acumulador.

Tarea Determinad la potencia de los instrumentos eléctricos de vuestro departamento y el tiempo aproximado de su trabajo. Calculad el coste de la energía eléctrica consumida por estos instrumentos en el transcurso de una semana.

129. Calentamiento de los conductores por la corriente eléctrica. Ley de Joule-Lenz

La corriente eléctrica calienta el conductor. Este fenómeno es bien conocido por nosotros. Esto se explica debido a que en los metales, los electrones libres o los iones en disoluciones de los electrólitos, al desplazarse por el efecto del campo eléctrico, entran en interacción con las moléculas o átomos de la sustancia del conductor y les transmiten su energía.

Los experimentos muestran que en los conductores metálicos inmóviles, todo el trabajo de la corriente se invierte para el calentamiento de los conductores, es decir, va a aumentar su energía interna. En calidad de medida de la variación de la energía interna del cuerpo interviene la cantidad de calor. Así, pues, la cantidad de calor que se desprende en el conductor es igual al trabajo de la corriente.

Sabemos que el trabajo de la corriente se calcula con la fórmula:

$$A = UIt.$$

Designemos la cantidad de calor con Q . De acuerdo con lo dicho, $Q = A$, o bien

$$Q = UIt.$$

Haciendo uso de la ley de Ohm, la cantidad de calor que se desprende en un sector del circuito durante el trabajo de la corriente, puede ser expresada mediante la intensidad de la corriente, la resistencia del circuito y el tiempo.

Conociendo que $U = IR$, obtenemos:

$$Q = IRIt,$$

es decir,

$$Q = I^2Rt.$$

La cantidad de calor desprendido de un conductor con corriente es igual al producto del cuadrado de la intensidad de la corriente, la resistencia y el tiempo.

A esta misma conclusión, sobre la base de experimentos llegaron independientemente, el uno del otro, el científico inglés JOULE y el ruso LENZ. Por esta causa, el principio enunciado más arriba, lleva el nombre de ley de Joule-Lenz.

¿?

1. ¿Cómo se puede explicar el calentamiento de un conductor por medio de la corriente eléctrica?



James Prescott Joule (1818–1889)–físico inglés. En sus experimentos fundamentó el principio de conservación de la energía. Independientemente de Lenz estableció la ley que determina los efectos térmicos de la corriente eléctrica. Calculó la velocidad de movimiento de las moléculas de un gas y estableció su dependencia de la temperatura.



Emilio Crístianovich Lenz (1804–1865)–físico ruso. Es uno de los fundadores de la electrotecnia. Su nombre está ligado con el descubrimiento de la ley que determina los efectos térmicos de la corriente y la ley que define la dirección de la corriente inducida.

2. ¿Aplicando qué fórmula se puede calcular la cantidad de calor que se desprende en un conductor por la corriente eléctrica?
3. Haciendo uso de la ley de Ohm, ¿cómo se puede expresar la cantidad de calor, que desprende la corriente en un conductor, mediante la intensidad de la corriente, la resistencia del conductor y el tiempo?
4. ¿Cómo se enuncia la ley de Joule-Lenz?

Ejercicios 66

1. ¿Qué cantidad de calor se desprenderá durante 30 min en una espiral de alambre con una resistencia de 20Ω y una intensidad de la corriente de 5 A?
2. ¿Con qué objeto en los lugares de unión de los cables, éstos no sólo se entrelazan, sino que además se sueldan? Fundamentad la respuesta.
3. Si un calentador se saca del agua sin desconectarlo, se funde con rapidez. ¿Por qué?
4. Al circuito de corriente eléctrica están conectados en serie tres alambres de igual sección y longitud: de cobre, acero y níquelina. ¿Cuál de ellos se calienta más? Fundamentad la respuesta y, en la medida de lo posible, comprobadla en clase con un experimento.

130. Bombillas de incandescencia. Aparatos calentadores eléctricos

La parte fundamental de una bombilla moderna de incandescencia es su filamento hecho de un fino alambre de tungsteno. Este metal es refractario, su temperatura de fusión es de 3387°C . En las bombillas, el filamento de tungsteno se calienta hasta 3000°C , a esta

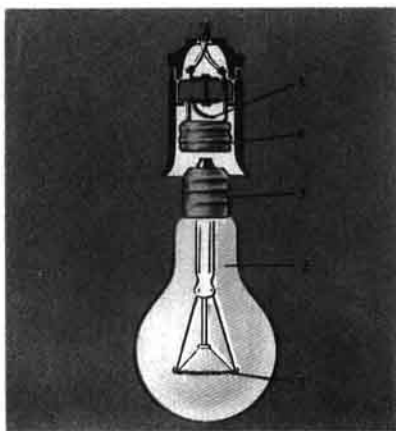


Fig. 270

temperatura alcanza la calda al blanco y brillante luminosidad. El filamento se ubica en una ampolla de vidrio, de la que mediante una bomba se expulsa el aire, con el fin de que el filamento no se funda. Pero en el vacío, el tungsteno también se evapora, el filamento se hace más fino y con relativa rapidez asimismo se funde. Para evitar la evaporación rápida del tungsteno, las bombillas modernas se llenan de gases inertes: nitrógeno, a veces, criptón o argón. Las moléculas del gas obstaculizan la salida de las partículas de tungsteno a partir del filamento, es decir, impiden la destrucción del filamento incandescente.

En la fig. 270 está representada una bombilla de incandescencia llena de gas. Los extremos del filamento 1 están soldados a dos alambres que pasan por el vidrio de la ampolla 2 y que se sueldan a las partes metálicas del casquillo 3 de la bombilla: un alambre a la parte roscada, el otro, a la base del casquillo, aislada de la parte roscada.

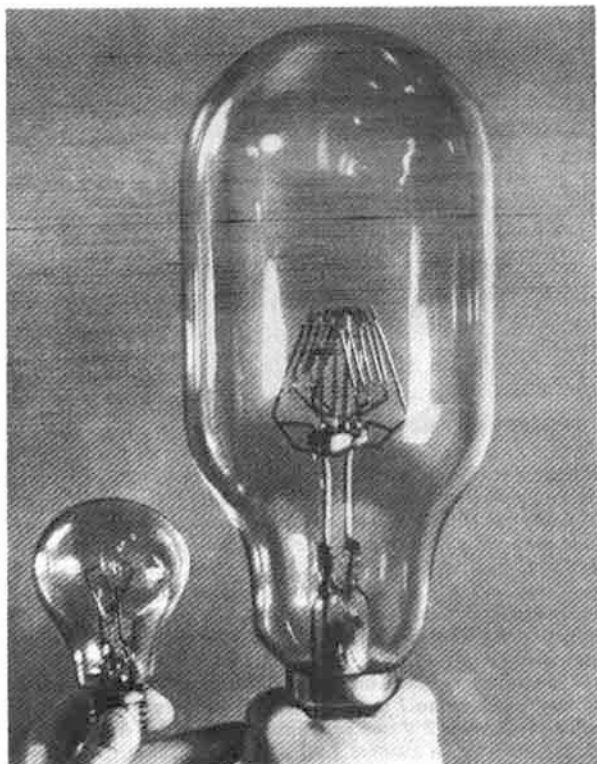
Para conectar la bombilla a la red, ella se enrosca en el portabombillas. La parte interior de éste contiene dos contactos: el muelle plano 5 que hace contacto con la base del casquillo de la bombilla y el extremo roscado 4, que es donde se fija la bombilla. Los dos contactos del portabombillas tienen bornes a los que se fijan los cables de la red.

La industria produce bombillas de incandescencia para tensiones de 220 y 127 V (para la red de alumbrado), 50 V (para los vagones de ferrocarril), 12 y 6 V (para los automóviles), 3,5 y 2,5 V (para las linternas).

En la viviendas son utilizadas varias bombillas y todas ellas se conectan a la red eléctrica en paralelo.

Los pioneros del alumbrado eléctrico con bombillas de incandescencia fueron el ingeniero ruso A.N. LODIGUIN y el inventor estadounidense T. EDISÓN.

El efecto térmico de la corriente también se utiliza en diversos



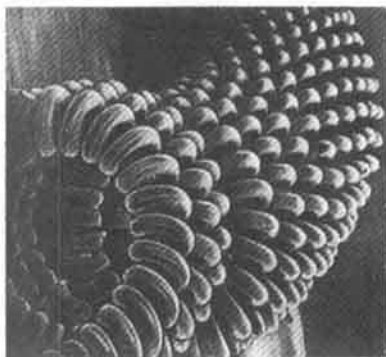
La lámpara de incandescencia de una de las estrellas del Kremlin, cuya potencia es de 5 kW y una bombilla eléctrica ordinaria.

calentadores eléctricos. En condiciones domésticas son empleados extensamente infiernillos, planchas, teteras y hervidores eléctricos. En la industria el efecto térmico de la corriente es utilizado para la fundición de clases especiales de acero y de otros muchos metales, para la soldadura eléctrica. En la agricultura, con ayuda de la corriente eléctrica, se calientan los invernaderos, se escalfa el pienso, se calientan las incubadoras, secan el grano, preparan el forraje ensilado.

La parte principal de todo calentador eléctrico es el elemento calentador. Éste es un conductor con gran resistividad, que, además, es capaz de soportar sin destruirse el calentamiento hasta altas temperaturas (hasta



Diversos tipos de bombillas de incandescencia



El filamento de una bombilla de incandescencia (aumento 75 veces).



(a)



(b)



(c)

Fig. 271



Fig. 272



Fig. 273

1000–1200 °C). Con la mayor frecuencia, para fabricar el elemento calentador utilizase una aleación de níquel, hierro, cromo y manganeso, conocida con el nombre de “nicromo”. La resistividad de esta aleación $\rho = 1,1 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$, lo que es, aproximadamente, 70 veces mayor que la del cobre. La gran resistividad del nicromo proporciona la posibilidad de fabricar de él elementos calentadores muy cómodos, de pequeñas dimensiones.

En el elemento calentador, el conductor, en forma de un alambre o cinta, se enrolla en una placa de material resistente a la alta temperatura: mica o cerámica. Por ejemplo, como elemento calentador en la plancha eléctrica (fig. 271) es utilizada una cinta de nicromo, con la que se calienta la parte inferior de la plancha. En la fig. 272, vemos un infiernillo eléctrico.

¿?

1. ¿Cómo está estructurada una bombilla eléctrica de incandescencia?
2. ¿De qué metal se fabrica el alambre para el filamento de las bombillas?
3. ¿Para qué las ampollas de las bombillas se llenan de gas inerte?
4. ¿Qué estructura tiene el casquillo para conectar la bombilla a la red?
5. ¿Para qué tensiones están calculadas las bombillas que produce la industria?
6. Nombred los primeros inventores del alumbrado eléctrico con bombillas de incandescencia.
7. Aducid ejemplos de utilización del efecto térmico de la corriente.
8. ¿Qué representa en sí el elemento calentador de un calentador eléctrico?
9. ¿Qué propiedades debe poseer el metal del que se fabrican las espirales o las cintas del elemento calentador?
10. ¿Cuáles de los materiales que conocéis poseen las propiedades necesarias para los elementos calentadores?

Tarea

Preparad conferencias sobre los temas:

- 1) Historia del desarrollo del alumbrado eléctrico.
- 2) Empleo de los efectos térmicos de la corriente en la estructura de los invernaderos y las incubadoras.
- 3) Empleo de la corriente eléctrica durante la fundición de acero y aluminio.

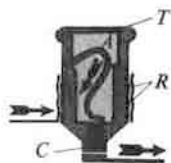


Fig. 274

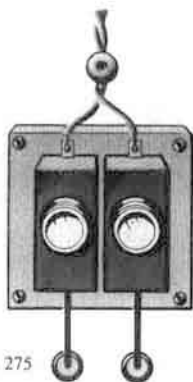


Fig. 275



Fig. 276

131. Cortocircuito. Cortacircuitos

Los circuitos eléctricos están siempre calculados para una determinada intensidad máxima de la corriente. Si por una u otra causa, en el circuito la intensidad de la corriente aumenta a una magnitud mayor que la tolerable, los cables pueden calentarse de modo considerable y el aislamiento que los cubre inflamarse.

La causa de un gran aumento de la intensidad de la corriente en la red, puede ser la conexión simultánea de potentes consumidores, por ejemplo, infiernillos eléctricos, o bien el llamado cortocircuito, que consiste en la unión de los extremos de un sector del circuito mediante un conductor, cuya resistencia es mucho menor que la de dicho sector. Por ejemplo, el cortocircuito puede surgir durante la reparación del tendido eléctrico sin desconectar la corriente (fig. 273) o cuando se hace contacto casual con cables desnudos.

Durante el cortocircuito, la resistencia del circuito es insignificante, por esto en él aparece una gran intensidad de la corriente, con ello los cables pueden calentarse a altas temperaturas y ser la causa de incendios. Con el fin de evitar este fenómeno a la red se conectan cortacircuitos.

La aplicación de estos dispositivos consiste en desconectar de inmediato la línea eléctrica, si en ella la intensidad de la corriente supera la norma tolerable. Estudiemos la estructura de los cortacircuitos utilizados en la red de las viviendas.

La parte fundamental de todo cortacircuitos es el alambre de plomo *A* (fig. 274) que pasa por el interior del tapón de porcelana *T*. Éste tiene la parte roscada *R* y el contacto central *C*. La parte roscada de metal está unida con el contacto central mediante el alambre de plomo. El cortacircuitos se enrosca en el cartucho situado en el interior de una caja de porcelana.

Por lo tanto, el alambre de plomo forma parte del circuito general. El grosor de estos alambres está calculado de forma que resista una



Soldadura eléctrica

determinada intensidad de la corriente, por ejemplo, 5, 10 A, etc. Si ese parámetro sobrepasa el valor tolerable, el alambre de plomo se funde y el circuito se desconecta.

Los cortacircuitos con elemento fusible reciben el nombre de fusibles.

Los cortacircuitos se disponen en un tablero especial, instalado junto a la misma entrada de los cables en la vivienda. A cada uno de los cables se conecta en serie un cortacircuitos independiente (fig. 275). En la actualidad se emplean extensamente los cortacircuitos automáticos.

En la fig. 276 se muestra un fusible, utilizado en los receptores de radio. Un fino conductor está tensado a lo largo del eje de un tubo de vidrio, que en sus extremos tiene sombreretes de metal. El tubo se fija en un sujetador especial.

¿?

1. ¿Qué puede ocurrir con un conductor si la intensidad de la corriente sobrepasa la normal tolerable?

2. ¿Cuál puede ser la causa del aumento considerable de la intensidad de la corriente en la red?
3. ¿En qué consiste el fenómeno del cortocircuito?
4. ¿Cómo explicar que durante un cortocircuito la intensidad de la corriente en el circuito puede alcanzar un enorme valor?
5. ¿Con qué fin se utilizan los cortacircuitos que se conectan a la red?
6. ¿Qué estructura poseen los fusibles más difundidos para las viviendas?

Fenómenos electromagnéticos

132. Campo magnético

Al estudiar los fenómenos de interacción de los cuerpos electrizados, fue establecido que en el espacio que rodea la carga eléctrica, surge el campo eléctrico. Por el efecto de éste, transcurre el movimiento de las partículas cargadas (corriente eléctrica): los electrones en los metales, los iones en los líquidos (§§ 110, 111).

En el § 112 fueron descritos diversos fenómenos observados en un circuito en el que existe la corriente eléctrica: térmicos, químicos y magnéticos. Como ya indicamos, estos últimos existen siempre que hay corriente eléctrica. El fenómeno magnético fundamental, que fue indicado en el § 114, consiste en que entre dos conductores con corriente surgen fuerzas de interacción. Éstas reciben el nombre de fuerzas magnéticas.

En adelante, al estudiar los fenómenos magnéticos, haremos uso de la aguja magnética. Como sabemos, ésta es la parte principal de la brújula. Recordemos que la aguja magnética tiene dos polos: norte y sur. La línea que une los extremos (polos) de dicha aguja, denominase eje de la aguja magnética.

Examinemos ahora un experimento que muestra la interacción de la corriente eléctrica y la aguja magnética. Por primera vez, esta interacción fue descubierta en 1820 por el científico danés OERSTED. Su experimento tuvo gran importancia para el fomento de la teoría de los fenómenos eléctricos.

Coloquemos un conductor, conectado al circuito de una fuente de corriente, sobre el eje de la aguja magnética (fig. 277). Al cerrar el circuito, la aguja magnética se desvía de su posición inicial (en la figura se muestra a trazos). Al abrir el circuito, la aguja magnética vuelve a ocupar su antigua posición. Esto significa que la corriente y la aguja magnética estuvieron en interacción.

¿Cómo se puede explicar el experimento de Oersted?

Sabemos (§ 101) que alrededor de un cuerpo electrizado aparece un campo eléctrico. Por el efecto de un cuerpo electrizado sobre otro, podemos explicar el fenómeno de la interacción de dos cuerpos electrizados.

El experimento de Oersted indujo a los científicos la idea de la existencia del campo magnético alrededor de un conductor con corriente. Dicho campo es el que precisamente actúa sobre la aguja magnética, provocando su desviación.

Alrededor de toda corriente eléctrica, es decir, en torno de las cargas eléctricas en movimiento, surge el campo magnético. La corriente eléctrica

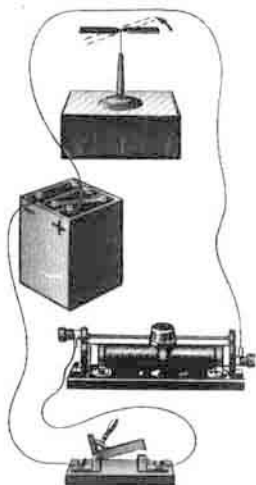


Fig. 277

y el campo magnético son inseparables.

Así, pues, en torno de las cargas eléctricas inmóviles sólo existe el campo eléctrico, mientras que alrededor de las cargas en movimiento, es decir, de la corriente eléctrica, existen tanto el campo eléctrico, como el magnético. Este último, aparece alrededor del conductor, cuando en él se crea la corriente, por lo que debemos considerar que la corriente eléctrica es la fuente del campo magnético. En este sentido, hay que entender las expresiones "campo magnético de la corriente" o bien "campo magnético creado por la corriente".

¿?

1. ¿Qué fenómenos se observan en un circuito en el que existe corriente eléctrica?
2. ¿Qué fenómenos magnéticos conocéis?
3. ¿En qué consiste el experimento de Oersted?
4. ¿Qué ligazón existe entre la corriente eléctrica y el campo magnético?

133. Campo magnético de la corriente directa. Líneas magnéticas

La existencia del campo magnético en torno de un conductor con corriente eléctrica puede ser descubierta de diversas formas. Una de ellas consiste en el empleo de pequeñas limaduras de hierro.

En el campo magnético las limaduras, que son pequeñísimos trocitos de hierro, se imanán y se convierten en diminutas agujas magnéticas. El eje de cada una de estas agujas en el campo magnético se instala a lo largo de la dirección en que obran las fuerzas del campo magnético.



Fig. 278

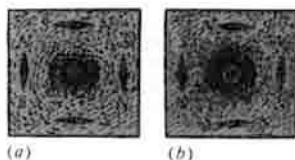


Fig. 279

En la fig. 278 está representado el cuadro del campo magnético de un conductor recto con corriente. Para determinar semejante cuadro, el conductor recto se hace pasar por una hoja de cartón. Sobre el cartón se extiende una fina capa de limaduras de hierro, la corriente se conecta y las limaduras se sacuden ligeramente. Por la acción del campo magnético de la corriente, las limaduras se disponen alrededor del conductor no en desorden, sino en forma de circunferencias concéntricas.

Las líneas a lo largo de las que se disponen los ejes de las pequeñas agujas magnéticas en el campo magnético, reciben el nombre de líneas magnéticas del campo magnético.

Las cadenas, formadas por las limaduras de hierro en el campo magnético, muestran la forma de las líneas magnéticas de dicho campo.

Las líneas magnéticas del campo magnético de una corriente son curvas cerradas que rodean el conductor.

Con ayuda de las líneas magnéticas, es cómodo representar de manera gráfica el campo magnético. Como éste existe en todos los puntos del espacio, que rodea el conductor con corriente, por cualquiera de los puntos podemos trazar una línea magnética, pero de forma que ella rodee dicho conductor.

En la fig. 279, *a* vemos la disposición de las agujas magnéticas en torno de un conductor con corriente. (El conductor es perpendicular al plano del diseño, la corriente está dirigida alejándose de nosotros, lo que se muestra convencionalmente con un círculo, dentro del cual hay una cruz.) Los ejes de estas agujas se establecen a lo largo de las líneas magnéticas del campo magnético de la corriente directa. Al variar en el conductor la dirección de la corriente, todas las agujas magnéticas giran a 180° (fig. 279, *b*; en este caso la corriente en el conductor está dirigida hacia nosotros, lo que convencionalmente se designa con un círculo dentro del cual hay un punto). De este experimento deducimos que la dirección de las líneas magnéticas del campo magnético de una corriente está ligada con el sentido de la corriente en el conductor.

¿?

1. ¿Por qué para estudiar el campo magnético pueden utilizarse limaduras de hierro?
2. ¿Cómo se disponen las limaduras de hierro en el campo magnético de una corriente directa?
3. ¿Qué se denomina líneas magnéticas del campo magnético?
4. ¿Para qué fue introducido el concepto de línea magnética del campo?
5. ¿Cómo mostrar mediante un experimento que la dirección de las líneas magnéticas está ligada con el sentido de la corriente?

134. Campo magnético de una bobina con corriente

El campo magnético que mayor interés práctico tiene es el de una bobina con corriente.

Una bobina se puede hacer practicando en un trozo de cartón (o de vidrio) dos filas de orificios por los que se hace pasar un cable, como está mostrado en la fig. 280.

Después de crear corriente en la bobina, en el cartón se echan limaduras de hierro que se disponen a lo largo de las líneas del campo magnético de la bobina con corriente.

Dirección de la corriente



Fig. 280

Dirección de las líneas magnéticas



Fig. 281



Fig. 282

Cuando la longitud de la bobina es mayor que el diámetro de las espiras, dentro de semejante bobina hay un campo magnético, cuyas líneas magnéticas son paralelas entre sí (fig. 280). En los extremos de la bobina, las líneas magnéticas se separan y se cierran fuera de la bobina.

Si suspendemos la bobina con corriente de finos y flexibles conductores largos, ella se dispone de la misma forma que la aguja magnética de la brújula: un extremo de la bobina estará dirigido al norte, el otro, al sur. Así, pues, la bobina con corriente, como la aguja magnética, tiene dos polos magnéticos: norte y sur (fig. 281), éstos pueden ser determinados acercando a ellos la aguja magnética.

Para cambiar los polos magnéticos de la bobina es suficiente variar la dirección de la corriente en ella.

En la fig. 282 vemos una bobina constituida por gran cantidad de espiras de un cable enrollado en una armazón de madera. Cuando en la bobina hay corriente, las limaduras de hierro son atraídas a sus polos magnéticos. Al desconectar la corriente las limaduras caen.

¿?

1. ¿Cómo podemos obtener en un experimento el cuadro del campo magnético de una bobina con corriente?
2. ¿Cuál es la disposición de las líneas magnéticas del campo magnético de una bobina con corriente?
3. ¿En qué dirección se instalará la bobina con corriente, al suspenderla de largos y finos conductores? ¿Qué parecido vemos aquí con la aguja magnética?
4. ¿Qué hay que hacer para cambiar por los opuestos los polos magnéticos de una bobina con corriente?
5. ¿Qué efecto de la corriente se muestra en la fig. 282?

135. Electroimanes y su aplicación

El efecto del campo magnético de una bobina con corriente puede ser reforzado de modo considerable, si dentro de la bobina ubicamos un núcleo de hierro. Examinemos este fenómeno con mayor detalle.

En la fig. 283 está representado un circuito que consta de una fuente de corriente, una bobina, un reóstato y un interruptor. Junto a la bobina se encuentra una aguja magnética. Al cerrar el circuito, en la bobina surge corriente y la aguja gira a cierto ángulo. Si ésta se aleja a una distancia mayor, quedando la intensidad de la corriente en la bobina constante, la aguja magnética gira a un ángulo menor. Es decir, el efecto del campo magnético sobre la aguja disminuye al aumentar la distancia.

Al variar la intensidad de la corriente, cambia el efecto del campo magnético de la bobina: al aumentar la intensidad de la corriente, crece, al disminuir, se debilita.

Si en nuestro experimento en el interior de la bobina introducimos un núcleo de hierro, la aguja se desvía bruscamente. El hierro ubicado en el interior de la bobina, refuerza el efecto del campo magnético, del mismo modo que éste crece al aumentar la intensidad de la corriente.

Un bobina que tiene en su interior un núcleo de hierro recibe el nombre

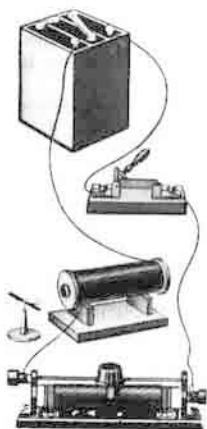


Fig. 283



Fig. 284



Fig. 285

de electroimán.

Los electroimanes pueden ser de diferente forma. En la fig. 284 está representado un electroimán en forma de arco que sujeta el inducido con una carga suspendida de él.

A causa de sus excelentes propiedades, los electroimanes encuentran extensa aplicación en la técnica: al desconectar la corriente se desimanan con rapidez, pueden ser fabricados de las más diversas dimensiones en función de su aplicación, durante su funcionamiento puede ser regulado su efecto magnético, variando la intensidad de la corriente en la bobina.

Los electroimanes poseen gran fuerza de elevación, son utilizados en las fábricas para transportar artículos de acero y arrabio, así como las virutas de estos metales, lingotes (fig. 285).

En la fig. 286 vemos un separador magnético para el trigo. Con éste se mezclan virutas de hierro muy finas. Estas no se adhieren a los granos lisos de los cereales útiles, pero sí a los granos de las plantas adventicias. El trigo 1 se vierte de la tolva al tambor giratorio 2. En el interior de éste hay un fuerte electroimán. Este último, al atraer las partículas metálicas 4, extrae del trigo los granos de las plantas adventicias y los objetos metálicos que van a parar casualmente.

Los electroimanes también se emplean en el telégrafo, teléfono y en muchos otros dispositivos.

¿?

1. ¿Aplicando qué procedimientos es posible reforzar el campo magnético de una bobina?
2. ¿Qué se denomina electroimán?
3. ¿Con qué fines se utilizan los electroimanes en las fábricas?
4. ¿Cómo funciona el separador magnético para el trigo?



Fig. 286

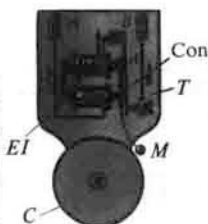


Fig. 287

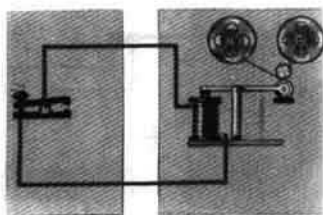


Fig. 288

Ejercicios

67

1. Hay que hacer un electroimán cuya fuerza de elevación pueda ser regulada. ¿Cómo hacerlo?
2. ¿De qué manera podemos aumentar la fuerza de elevación de un electroimán?
3. ¿Cómo construir un potente electroimán, si ante el diseñador se ha planteado la condición de que la intensidad de la corriente en él debe ser relativamente pequeña?
4. Los electroimanes utilizados en una grúa tienen enorme potencia. Los electroimanes, con los que se extrae del ojo la viruta que penetró en él casualmente, son muy débiles. ¿Cómo se consigue tal diferencia?

Tareas

1. En la fig. 287 se ofrece el esquema de la estructura de un timbre eléctrico. En él se designan con letras: *EI*—electroimán en forma de U; *I*—placa de hierro, es decir, el inducido; *M*—martillo; *C*—campana; *Con*—muelle de contacto que hace contacto con el tornillo *T*. Examinad el esquema del timbre y explicad cómo funciona.
2. En la fig. 288 se muestra el esquema de una instalación telegráfica que permite transmitir telegramas desde la estación *A* a la *B*. Con cifras se designan en el esquema: 1—llave, 2—electroimán, 3—núcleo, 4—muelle, 5—ruedecita impregnada de tinta. Explicad el funcionamiento de la instalación según el esquema.
3. En los potentes electromotores utilizados en los trenes laminadores, en las máquinas de extracción de las minas, las bombas, la intensidad de la corriente alcanza varios miles de amperios. Ya que en los conductores unidos en serie la intensidad de la corriente es la misma, semejante corriente fluirá por todos los cables de unión de este circuito. Esto es muy incómodo, en particular si el consumidor de corriente se encuentra a gran distancia del tablero de mando, donde se conecta la corriente. Semejantes circuitos pueden ser conectados con ayuda de un dispositivo especial llamado relé electromagnético (fig. 289), que se pone en funcionamiento con una intensidad pequeña de la corriente. Explicad cómo funciona este instrumento.
En el esquema (fig. 289) con números se designan: 1—electroimán, 2—núcleo, 3—contactos del circuito de trabajo, 4—muelle, 5—electromotor. Explicad cómo funciona este aparato.

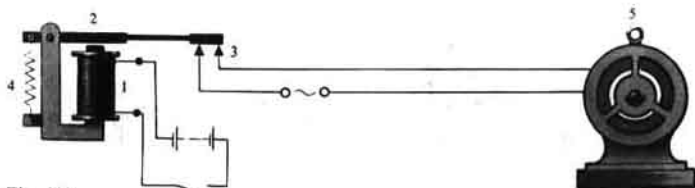


Fig. 289

136. Imanes permanentes. Campo magnético de los imanes permanentes

Si en el interior de una bobina con corriente ubicamos una barra de acero templado, ésta, a diferencia de la de hierro, no se desmagnetiza después de desconectar la corriente y durante un tiempo prolongado conserva imantación.

Los cuerpos, que conservan largo tiempo la imantación, son llamados imanes permanentes o, simplemente, imanes.

El sabio francés Ampère explicó la imantación del hierro y el acero por las corrientes eléctricas que circulan en el interior de cada una de las moléculas de la materia. Durante los tiempos de Ampère, nada se sabía acerca de la estructura del átomo, por lo que la naturaleza de las corrientes moleculares era todavía desconocida. Ahora, sabemos que en cada átomo hay partículas con carga negativa, es decir, los electrones, que durante su movimiento crean campos magnéticos. Ellos son los que provocan la imantación del hierro y el acero.

Los imanes pueden tener la más diversa forma. En la fig. 290 vemos la imagen de imanes en forma de arco (en U) y rectangular.

Aquellos lugares del imán donde los efectos magnéticos son más fuertes, son denominados polos del imán (fig. 291). En todo imán, lo mismo que en la aguja magnética que ya conocemos, obligatoriamente hay dos polos: norte (N) y sur (S).

Cuando a objetos fabricados de diversos materiales, acercamos un imán, es posible establecer que éste atrae a pocos de ellos. Son bien atraídos por el imán el arrabio, acero, hierro y ciertas aleaciones, con menor intensidad se atraen el níquel y el cobalto.

En la naturaleza se tropieza con imanes naturales (fig. 292), minerales de hierro (la llamada magnetita). En ciertos lugares de la URSS, como los Urales, Ucrania, Carelia, la provincia de Kursk y otros muchos, hay ricos yacimientos de magnetita.

El hierro, acero, níquel, cobalto y algunas otras aleaciones, en presencia de la magnetita adquieren propiedades magnéticas.

La magnetita permitió a la gente familiarizarse por primera vez con las propiedades magnéticas de los cuerpos.

Si acercamos la aguja magnética a otra igual, ellas girarán y se disponrán una frente a otra con los polos opuestos (fig. 293).



Fig. 290

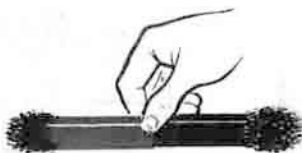


Fig. 291



Fig. 292

De este mismo modo se ponen en interacción la aguja con cualquier otro imán.

Al acercarse a los polos de la aguja magnética un imán, advertiremos que el polo norte de la aguja es repelido por este mismo polo del imán y atraído por el polo sur. Y viceversa, el polo sur de la aguja se repele por éste del imán y se atrae por el norte.

Sobre la base de los experimentos realizados, llegamos a la siguiente conclusión: los polos magnéticos opuestos se atraen, los homónimos se repelen.

La interacción de los imanes puede explicarse por el hecho de que alrededor de todo imán hay un campo magnético. El campo magnético de un imán actúa sobre el otro, lo mismo que el campo magnético del segundo actúa sobre el primero.

Con ayuda de limaduras de hierro podemos obtener una imagen del campo magnético de los imanes permanentes.

En la fig. 294 se ofrece la representación del campo magnético de un imán rectangular. Tanto las líneas magnéticas del campo magnético de una corriente, como las del campo magnético de un imán, son líneas cerradas. Fuera del imán, las líneas magnéticas salen del polo norte y entran en el sur, cerrándose dentro del imán.

En la fig. 295, *a* vemos las líneas magnéticas del campo magnético de dos imanes, dirigidos uno hacia otro con los polos homónimos, mientras que en la fig. 295, *b*, de dos imanes dirigidos entre sí con los polos opuestos. En la fig. 296 vemos las líneas magnéticas del campo magnético de un imán en U.

Todos estos cuadros se obtienen fácilmente en experimentos.

¿?

1. ¿En qué difiere la imantación con corriente de un trozo de hierro y otro de acero?
2. ¿Qué cuerpos reciben el nombre de imanes permanentes?
3. ¿Cómo explicaba Ampère la imantación del hierro?
4. ¿Cómo se pueden explicar ahora las corrientes moleculares de Ampère?
5. ¿Qué llamamos polos del imán?



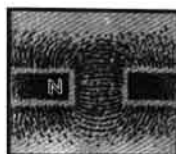
Fig. 293



Fig. 294



(a)



(b)

Fig. 295

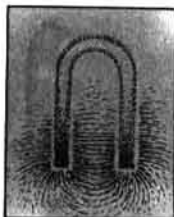


Fig. 296

6. ¿Qué sustancias que se atraen por los imanes conocéis?
7. ¿Cuál es la interacción entre los polos de los imanes?
8. ¿Cómo se pueden determinar los polos de una barra de acero imantada, con ayuda de la aguja magnética?
9. ¿Cómo obtener la imagen del campo magnético de un imán?
10. ¿Qué son las líneas magnéticas del campo magnético de un imán?

137. Campo magnético de la Tierra

Desde la remota antigüedad es conocido que la aguja magnética, cuando gira libremente alrededor de un eje vertical, siempre se dispone en el lugar dado de la Tierra en una dirección determinada (claro está, si junto a ella no hay imanes, conductores con corriente, objetos metálicos). Este fenómeno halla su explicación en el hecho de que en torno de la Tierra existe un campo magnético y la aguja magnética se dispone a lo largo de sus líneas magnéticas. En este hecho se basa la aplicación de la brújula (fig. 297), que es una aguja magnética que gira libremente sobre su eje.

Las observaciones muestran que, al aproximarse al polo geográfico Norte de la Tierra, las líneas magnéticas del campo magnético de nuestro planeta, se inclinan bajo creciente ángulo hacia el horizonte y cerca del 75° de latitud norte y 99° de longitud occidental toman dirección vertical y penetran en la Tierra (fig. 298). En la actualidad, en estas coordenadas se encuentra el polo magnético Sur de la Tierra, distanciado del polo geográfico Norte a unos 2100 km.

El polo magnético Norte de la Tierra se encuentra cerca del polo geográfico Sur, a saber, en el $66,5^\circ$ de latitud sur y 140° de longitud oriental.



Fig. 297

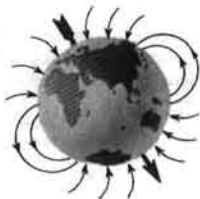


Fig. 298

Aquí, las líneas magnéticas del campo magnético de la Tierra salen de ésta (véase la fig. 298).

Así, pues, los polos magnéticos del globo terrestre no coinciden con sus polos geográficos. Por este motivo, la dirección de la aguja magnética no coincide con el sentido del meridiano geográfico. Por esto, la aguja magnética de la brújula sólo muestra aproximadamente la dirección norte.

En ocasiones, inesperadamente, surgen "perturbaciones magnéticas", en forma de breves variaciones del campo magnético de la Tierra, que en alto grado influyen sobre la aguja de la brújula. Las observaciones muestran que la aparición de las perturbaciones magnéticas está ligada con la actividad solar.

Durante el período de reforzamiento de dicha actividad, de la superficie del Sol se expulsan al espacio universal flujos de partículas cargadas, electrones y protones. El campo magnético creado por estas partículas en movimiento, altera el campo magnético de la Tierra y provoca la perturbación magnética.

Éstos son fenómenos de corta duración. Pero en el globo terrestre hay regiones en las que la dirección de la aguja magnética está constantemente desviada del sentido de la línea magnética de la Tierra. Estas regiones reciben el nombre de regiones de anomalía magnética.

Una de las mayores anomalías magnéticas es la de Kursk. La causa de semejantes anomalías reside en los enormes yacimientos de minerales de hierro situados a una profundidad comparativamente pequeña.

Hasta el momento, el magnetismo terrestre no está del todo explicado. Sólo se ha establecido que un gran papel, en la variación del campo magnético de la Tierra, es desempeñado por diversas corrientes eléctricas que fluyen tanto en la atmósfera (en particular en sus capas superiores), como en la corteza terrestre.

Durante los vuelos de los satélites artificiales y las naves cósmicas, se presta gran atención al estudio del campo magnético de la Tierra.

Se ha establecido que el campo magnético del planeta protege la superficie de la Tierra con seguridad contra la radiación cósmica, cuyo efecto es destructor para los organismos vivientes. En la composición de dicha radiación hay electrones, protones y otras partículas, que se mueven en el espacio a gigantescas velocidades. Para ellas, el campo magnético de la Tierra es una especie de "trampa". Él, como una coraza, obstaculiza la penetración a la Tierra de la mayoría de ellos.

Los vuelos de las estaciones y las naves cósmicas interplanetarias hacia la

Luna y en torno de ella, han permitido establecer que nuestro satélite natural carece de campo magnético. Las investigaciones efectuadas por las naves cósmicas, tampoco han descubierto, hasta el momento, campos magnéticos en los planetas Venus y Marte.

¿?

1. ¿Cómo explicar que la aguja magnética, en un lugar dado de la Tierra, se dispone en determinada dirección?
2. ¿Dónde se encuentran los polos magnéticos de la Tierra?
3. ¿Cómo mostrar que el polo magnético Sur de la Tierra se halla en el norte, mientras que el polo Norte, en el sur?
4. ¿Cómo explicar la aparición de las "perturbaciones magnéticas"?
5. ¿Qué es una región de anomalía magnética?
6. ¿Dónde se encuentra una región en la que se observa una gran anomalía magnética?
7. ¿Qué contribuye a estudiar el campo magnético de la Tierra?

138. Teléfono

Todos conocemos bien el auricular telefónico. En uno de sus extremos está fijado el propio teléfono¹⁾, que al hablar llevamos al oído, en otro, el micrófono²⁾. El micrófono y el teléfono están unidos en un circuito común con aparatos similares que se encuentran en el otro extremo de la línea telefónica.

En la fig. 299 vemos el esquema de la estructura del teléfono. La pieza principal del micrófono es la membrana 6 (fina placa de acero o de carbón prensado) y el polvo de carbón 5, contenido en la cavidad de la caja 2 con granos de carbón. Ésta se fija al cuerpo 1 y está aislada de él mediante la junta 4. En el fondo del cuerpo (también aislado de él) se encuentra fijado el electrodo inmóvil 3.

En el circuito, la corriente eléctrica pasa por la membrana, la caja con granos de carbón y el electrodo 3.

¿Cómo funciona el micrófono?

Cuando hablamos o cantamos, nuestras cuerdas vocales vibran y ponen el aire en vibración. Las vibraciones del aire son percibidas por nosotros como sonidos.

Cuando sobre la membrana no actúan las vibraciones acústicas del aire, la resistencia del polvo de carbón en el micrófono no varía y la intensidad de la corriente en el circuito es constante. (El sector *AB* (fig. 300) en la gráfica que muestra la variación de la intensidad de la corriente en el circuito del micrófono.)

Las vibraciones acústicas del aire, al alcanzar la membrana, la hacen vibrar. Las vibraciones de ésta modifican el contacto entre granitos individuales del polvo de carbón. Debido a esto, la resistencia del polvo en el micrófono varía, lo que provoca el cambio de la intensidad de la corriente.

¹⁾ TELÉFONO—aparato que permite transmitir el sonido a grandes distancias (del griego: TELE—lejos, PHONÉ—sonido).

²⁾ MICRÓFONO—aparato sensible a los sonidos débiles (del griego: MIKRÓS—pequeño, PHONÉ—sonido).

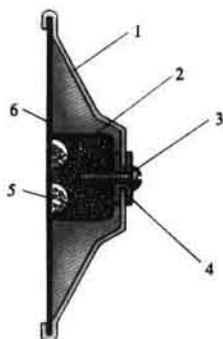


Fig. 299

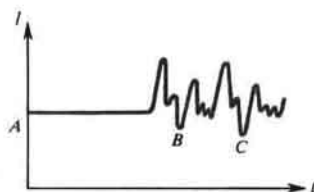


Fig. 300

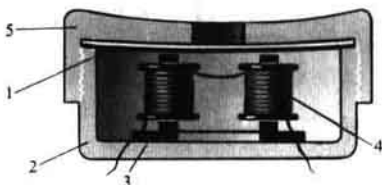


Fig. 301

Estos cambios transcurren en correspondencia con las vibraciones de la membrana. En el circuito del micrófono la corriente se convierte en pulsatoria. (Sector *BC* (véase la fig. 300) en la gráfica de variación de la intensidad de la corriente.)

De este modo, las vibraciones acústicas en el micrófono provocan variaciones de la intensidad de la corriente en el circuito del teléfono.

El esquema de la estructura del teléfono se ofrece en la fig. 301.

En el cuerpo 2 del teléfono se encuentra el imán permanente 3 con polos de acero sobre los que se acoplan las bobinas 4 de alambre muy fino. En el cuerpo 2 yace la membrana 1 que es una placa redonda muy fina de acero. Entre la membrana y los polos hay un pequeño espacio de aire. La tapa 5 aprieta la membrana 1 contra el cuerpo 2.

Cuando en las bobinas del teléfono la corriente no varía o no hay corriente, la membrana está atraída hacia los polos del imán, encontrándose ligeramente combada. Pero si la intensidad de la corriente, que pasa por las bobinas, varía, esto conduce a la variación del campo magnético de las bobinas. El cambio de la intensidad de la corriente transcurre en correspondencia con las vibraciones acústicas, por lo que el campo magnético adicional creado por ellas, también variará de acuerdo con dichas vibraciones.

Debido al efecto del campo magnético en variación, la membrana del teléfono vibra y pone en vibración las capas de aire que hacen contacto con ella. Como resultado, en el auricular se oyen las palabras y frases que en este momento pronuncia en el micrófono el interlocutor.

¿?

1. ¿Qué significan las palabras "teléfono" y "micrófono"?
2. ¿Cuál es la estructura y cómo funciona el micrófono?
3. ¿Cuál es la estructura y cómo funciona el teléfono?
4. ¿Cómo transcurre la conversación por teléfono?

Tarea

Preparad conferencias sobre los temas:

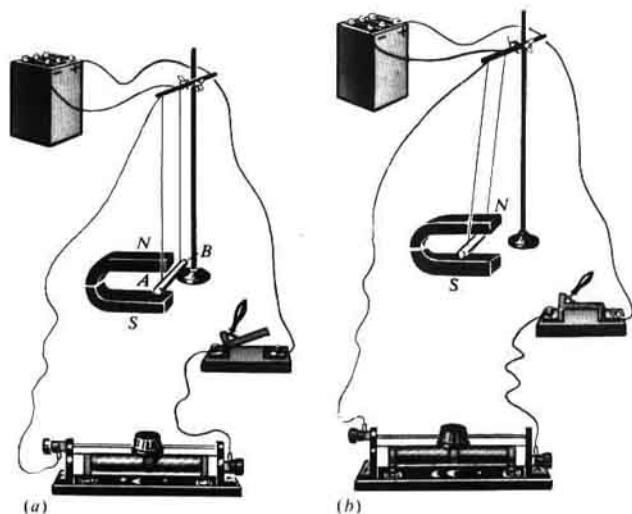


Fig. 302

- 1) Imanes permanentes y su aplicación.
- 2) La brújula, historia de su descubrimiento.
- 3) Historia del desarrollo de la comunicación telefónica.

139. Electromotor

Como ya sabemos, dos conductores con corriente se encuentran en interacción con cierta fuerza (§ 114). Este fenómeno se explica porque sobre cada conductor con corriente, actúa el campo magnético de la corriente del otro.

En general, el campo magnético actúa con cierta fuerza sobre todo conductor con corriente que se halla en este campo.

En la fig. 302, *a* está representado el conductor *AB*, suspendido de conductores flexibles, unidos a la fuente de corriente. El conductor *AB* se encuentra entre los polos de un imán en U, es decir, está en un campo magnético. Al cerrar el circuito eléctrico el conductor se pone en movimiento (fig. 302, *b*).

Gran importancia práctica tiene la rotación de un conductor con corriente en el campo magnético.

En la fig. 303 viene expuesto un instrumento, en el que puede ser realizado semejante movimiento. En él, *ABCD* es un ligero cuadro rectangular, asentado sobre un eje vertical. En el cuadro está ubicado un arrollamiento que consta de varias decenas de espiras de alambre cubierto de aislamiento. Los extremos del arrollamiento están unidos a semianillos

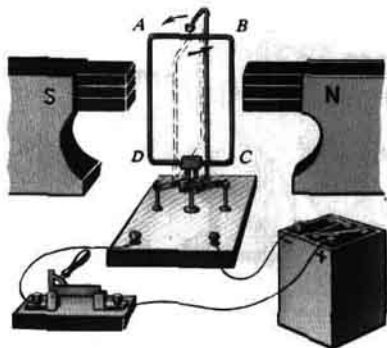


Fig. 303

metálicos. Uno de los extremos del arrollamiento está unido a uno de los semianillos, el segundo, al otro. Los semianillos están asentados en el mismo eje que el cuadro con el arrollamiento. Éste, mediante los semianillos y plaquitas metálicas, llamadas escobillas, se conecta al circuito de la fuente de corriente. El cuadro se ubica en el campo magnético, entre los polos N y S del imán. Al cerrar el circuito, el cuadro gira.

El fenómeno de rotación de un conductor con corriente en el campo magnético, es utilizado en la estructura del motor eléctrico. En la fig. 304 viene representado el aspecto exterior de uno de los motores modernos de corriente continua.

Los motores de este tipo encuentran extensa aplicación en el transporte (locomotoras eléctricas, tranvías, trolebuses).

Hay electromotores especiales que no crean chispas, utilizados en las bombas para extraer el petróleo de los pozos.

En la industria utilizarse electromotores que trabajan con corriente alterna (se estudiarán en los grados superiores).

Los motores eléctricos tienen una serie de ventajas. Para una potencia igual tienen dimensiones más pequeñas que los motores térmicos. Durante su funcionamiento ellos no desprenden gases, humo y vapor y, por lo tanto, no contaminan el aire, no necesitan reservas de combustible y de agua. Los electromotores pueden ser instalados en el lugar más cómodo: en la máquina herramienta, debajo del suelo del tranvía, en el bogie de la locomotora eléctrica. Pueden ser fabricados electromotores de cualquier potencia: desde varios vatios, por ejemplo, en las maquinillas de afeitar, hasta de centenares y miles de kilovatios en las excavadoras, trenes de laminar, buques.

El rendimiento de los motores eléctricos de gran potencia alcanza el 98%. Tan alto rendimiento no lo tiene ningún otro motor.

En la actualidad, son llevados a cabo trabajos para sustituir en los automóviles los motores de combustión interna por electromotores. Para ellos, los acumuladores serán la fuente de corriente.

El científico ruso B.S. YAKOBI, inventó en 1834 uno de los primeros electromotores en el mundo que encontró aplicación práctica.

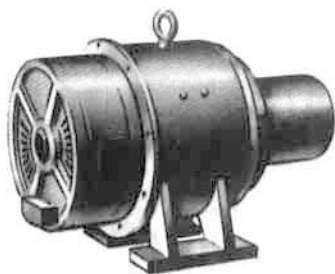


Fig. 304

¿?

1. ¿Cómo, recurriendo a un experimento, podemos descubrir la presencia de la fuerza que actúa sobre un conductor con corriente?
2. ¿Qué fenómeno se utiliza en la estructura y el funcionamiento del motor eléctrico?
3. ¿Qué ventajas proporcionan los electromotores, en comparación con los motores térmicos?
4. ¿Dónde se emplean los motores eléctricos?
5. ¿Quién y cuándo inventó el primer motor eléctrico apto para su aplicación práctica?



Picadora eléctrica.

Boris Semiónovich Yakobi (1801-1874)—físico ruso, académico. Se hizo famoso por el descubrimiento de la galvanoplastia. Construyó el primer electromotor, un aparato telegráfico que imprimía letras.



140. Fenómeno de la inducción electromagnética. Generadores de corriente eléctrica

El estudio de los fenómenos electromagnéticos muestra que alrededor de la corriente eléctrica siempre hay campo magnético. La corriente eléctrica y el campo magnético son inseparables.

Pero si la corriente eléctrica, por así decirlo, "crea" el campo magnético, ¿es posible que exista el fenómeno inverso? ¿Podrá crearse la corriente eléctrica con ayuda del campo magnético? A principios del siglo XIX, muchos científicos intentaron resolver este problema. Uno de ellos fue el científico inglés Faraday. "Convertir el magnetismo en electricidad", así escribió FARADAY en 1822 este problema en su diario. Para su resolución, Faraday necesitó 10 años de abnegado trabajo.

Para comprender cómo consiguió Faraday "convertir el magnetismo en



Montaje de un electromotor en la fábrica.

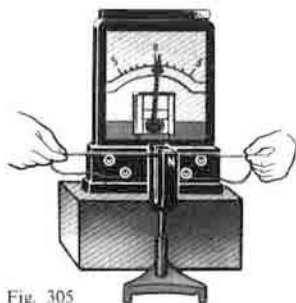


Fig. 305

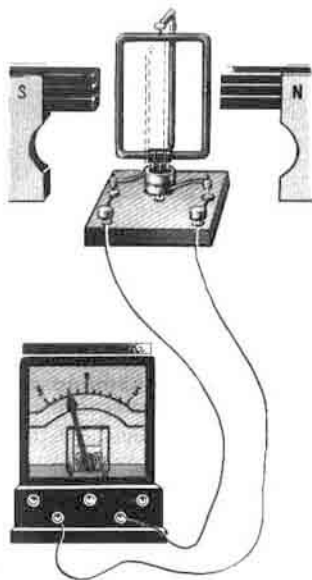


Fig. 306

electricidad", realicemos algunos de los experimentos de Faraday, empleando instrumentos modernos.

En la fig. 305 viene representado un conductor, cuyos extremos están unidos a un galvanómetro. Si dicho conductor se desplaza en la cavidad interior de un imán en U o bien se aleja de él de forma que atravesase las líneas magnéticas, en el conductor surgirá corriente eléctrica que existirá todo el tiempo que dura su movimiento. Esto se advertirá por la desviación de la aguja del galvanómetro. Se puede mover el imán, mientras que el conductor queda fijado. Lo importante es que el conductor se mueva con relación al campo magnético y que, con ello, las líneas magnéticas y el conductor se crucen.

El fenómeno de aparición de la corriente eléctrica en un conductor que cruza las líneas magnéticas, recibe el nombre de inducción electromagnética. La corriente eléctrica que se crea es llamada corriente inducida.

La corriente inducida en el conductor es en sí el movimiento ordenado de los electrones, o sea, es lo mismo que ocurre con la corriente obtenida en un elemento galvánico o en un acumulador. El nombre de "inducida" sólo indica la causa de su aparición.

La estructura y el funcionamiento de potentes fuentes de corriente—los generadores—están basados en el fenómeno de la inducción electromagnética.

El modelo de un generador se ofrece en la fig. 306. Cuando el cuadro

Miguel Faraday (1791-1867)-físico inglés. Creó la teoría de los campos magnético y eléctrico. Descubrió el fenómeno de la inducción electromagnética, estableció las leyes de electrólisis, se hizo famoso por sus experimentos para licuar los gases.



gira en el campo magnético (fig. 306), en su arrollamiento, surge la corriente.

Claro está que la estructura de un generador técnico es mucho más complicada. Con su ayuda, en las centrales eléctricas se produce la corriente.

Para animar la rotación de la parte móvil del generador, son utilizados motores de combustión interna, turbinas de vapor e hidráulicas.

Recibe el nombre de turbogenerador un generador eléctrico y una turbina de vapor unidos en una misma unidad (fig. 307). En esta figura a la izquierda vemos el aspecto exterior del generador, a la derecha, la turbina de vapor. Los turbogeneradores se instalan en las centrales termoelectricas (y atómicas). Las fábricas de la Unión Soviética pueden ahora producir generadores de una potencia superior a 1 millón de kW, que crean una tensión de 13-15 mil V.

En la fig. 308 está representado el esquema de un hidrogenerador. Los generadores de este tipo, como los turbogeneradores, producen corriente de gran potencia.

Durante el funcionamiento de los generadores, la energía del combustible (carbón, petróleo, gas) o del agua (en las centrales hidroeléctricas) se transforma en la energía de la corriente eléctrica que se utiliza en la industria, el transporte, la agricultura y la vida doméstica.

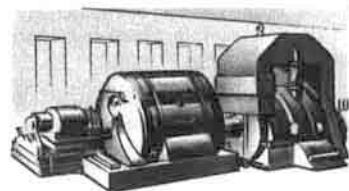


Fig. 307

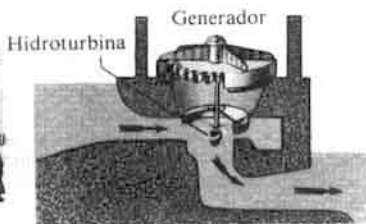
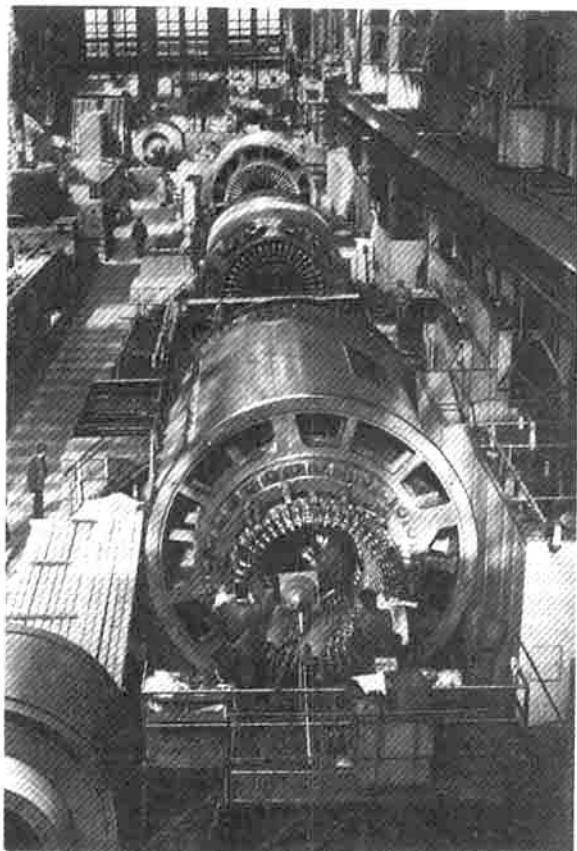


Fig. 308



Producción de un turbogenerador en la fábrica.

¿?

1. ¿Mediante qué experimento podemos mostrar la aparición de la corriente inducida en el conductor?
2. ¿Cuáles son las condiciones indispensables para obtener en un conductor la corriente inducida?
3. ¿Qué fenómeno se denomina inducción electromagnética? ¿Quién y cuándo descubrió este fenómeno?
4. ¿Cómo se llaman las potentes fuentes modernas de corriente eléctrica?

5. ¿En qué fenómeno físico se basan la estructura y el funcionamiento de los generadores de corriente?
6. ¿Qué unidades llevan el nombre de turbogeneradores y cuáles, hidrogeneradores?
7. ¿Qué transformaciones de energía tienen lugar al funcionar los turbogeneradores y los hidrogeneradores?

141. Electrificación en la URSS

La electrificación significa la extensa aplicación de la energía eléctrica en la economía y la vida cotidiana.

La electrificación del país está ligada con la resolución de tres importantes problemas: obtención de energía eléctrica, su transmisión y utilización.

El creador del Estado Soviético, V.I. Lenin, concedía enorme importancia a la electrificación de la URSS.

V.I. Lenin decía: "El comunismo es el poder Soviético, más la electrificación de todo el país".

En 1920, por proposición de V.I. Lenin, fue confeccionado el primer plan de electrificación de Rusia. De acuerdo con él, durante 10-15 años se planificaba construir 30 centrales eléctricas de una potencia total de 1,75 millones de kW. Pero ya en 1932, la potencia de las centrales eléctricas construidas constituía 2,9 millones de kW. En 1940, en la URSS funcionaban centrales eléctricas de una potencia total igual a 11,2 millones de kW.

Después de la Gran Guerra Patria, la electrificación de la Unión Soviética se desarrolló a ritmos más acelerados. Fueron construidas potentes centrales eléctricas regionales estatales (CERE), muchas de ellas en las cercanías de los yacimientos de combustible: carbón, esquistos combustibles, turba, gas o petróleo.

Reciben el nombre de centrales termoeléctricas aquellas en las que la energía de los combustibles se transforma en la eléctrica.

Además de las centrales termoeléctricas, que producen en el país el 80% de la energía eléctrica, se han construido y construyen en la Unión Soviética muchas potentes centrales hidroeléctricas (CHE) en el Volga, Kama, Dniéper, Angará, Yeniséi, Obi, Irtish, Lena y otros grandes ríos de la URSS.

En estas centrales la energía del agua se convierte en la eléctrica.

La primera central hidroeléctrica, construida ya durante la vida de V.I. Lenin, fue la Vóljovskaya, de una potencia de 60 mil kW. En la actualidad su potencia alcanza 100 mil kW.

La potencia de la CHE del Volga, que lleva el nombre de XXII congreso del PCUS, es igual a 2,53 millones de kW; la Bratskaya "50 aniversario de la Revolución de Octubre" (en el río Angará) tiene una potencia de 4,5 millones de kW.

La potencia de la CHE Krasnoyárskaya "50 aniversario de la URSS", en el río Yeniséi, el final de cuya construcción coincidió con el centenario de V.I. Lenin, constituye 6 millones de kW.

Junto con las centrales termoeléctricas e hidroeléctricas, en la URSS se

construyen potentes centrales atomoeléctricas o nucleares (CAE). En estas centrales la energía atómica se convierte en la eléctrica. Es ventajoso construir las CAE en las regiones del país que carecen de reservas de otros tipos de energía, mientras que el transporte de carbón o petróleo requiere grandes gastos. La creación de las CAE permite no contaminar la atmósfera, ya que las centrales nucleares no expulsan a ella gases nocivos.

La primera central atomoeléctrica en el mundo fue construida en la URSS en 1954 en la ciudad de Óbninsk. En 1973, fue puesta en funcionamiento la CAE Leningrádskaya "V.I. Lenin" de una potencia de 2 millones de kW.

La energía eléctrica es la más perfecta forma de energía, pues puede ser transmitida por cables a grandes distancias, con facilidad se transforma en otros tipos de energía. En estos factores reside la extensa aplicación de la energía eléctrica en las más diversas ramas de la economía nacional y en la vida cotidiana.

En la actualidad, la URSS es un potente estado energético. Hace ya muchos años que la Unión Soviética ocupa el primer puesto en Europa y el segundo en el mundo, por la producción de energía eléctrica. En 1975, en la URSS se produjo más energía eléctrica que en la RFA, Gran Bretaña, Francia, Italia y Austria en conjunto.

Tareas

Preparad conferencias sobre los temas:

- 1) Estructura del electromotor de corriente continua.
 - 2) Estructura del generador de corriente continua.
-

Trabajos de laboratorio

1. Estudio de la probeta graduada, definición del volumen de un líquido con ella

Objetivo del trabajo—aprender a utilizar el cilindro de medición (probeta graduada) y determinar con él el volumen de un líquido.

Instrumentos y materiales: cilindro de medición (probeta graduada), vaso con agua, pequeño matraz y otros recipientes.

INDICACIONES PARA REALIZAR EL TRABAJO:

1. Examinad el cilindro de medición, prestando atención a sus divisiones. Responded a las siguientes preguntas:

1) ¿Qué volumen de líquido puede contener el cilindro de medición si el agua está vertida:

a) hasta la raya superior, b) hasta la primera raya desde abajo que está designada con una cifra?

2) ¿Qué volumen de agua se ubica: a) entre la 2ª y 3ª raya con cifras; b) entre las rayas vecinas (más cercanas) de la probeta graduada?

2. Prestad atención a la última magnitud calculada por vosotros. Ella se denomina valor de la división del cilindro de medición. Cuando realizamos mediciones con él, ante todo hay que determinar dicha magnitud.

3. Examinad la fig. 6 del manual y determinad el valor de la división de la probeta graduada que veis en ella.

4. Verted agua en el cilindro de medición, determinad y escribid a qué es igual el volumen vertido.

Observación. Prestad atención a que la posición del ojo sea correcta al leer el volumen del líquido. Junto a las paredes del recipiente el agua se eleva un poco, mientras que en la parte media de éste la superficie del líquido es casi plana.

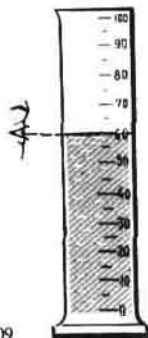


Fig. 309

Hay que dirigir el ojo a la división que coincide con la parte plana de la superficie (fig. 309).

5. Verted un vaso entero de agua, después echadlo con precaución al cilindro de medición. Determinad y escribid a qué es igual el volumen del agua vertida, éste corresponderá a la capacidad del vaso.

6. De este mismo modo determinad la capacidad de un matraz, de frascos de farmacia y de los otros recipientes que se encuentran en vuestra mesa.

7. Los resultados se anotan en una tabla.

Nº del experimento	Denominación de recipiente	Volumen del líquido, cm ³	Capacidad del recipiente, cm ³
1	Vaso		
2	Probeta		
3	Frasco		

2. Determinación de las dimensiones de pequeños cuerpos

Instrumentos y materiales: una regla, perdigones (o guisantes), una aguja.

INDICACIONES PARA REALIZAR EL TRABAJO

1. Colocad en una fila varios (20–25 piezas) perdigones (o guisantes) de forma que hagan contacto entre sí y con la regla. Medid la longitud de la fila y calculad el diámetro de un perdigón.

2. De este mismo modo, determinad el tamaño de un grano de mijo (o bien de una semilla de amapola). Para que sea más cómodo colocar y contar los granitos, haced uso de una aguja.

El procedimiento, utilizado para determinar la dimensión del cuerpo, recibe el nombre de PROCEDIMIENTO DE LAS FILAS.

3. Determinad por este procedimiento el diámetro de una molécula en la fotografía de la lámina en colores II, en su parte superior (amplificación igual a 70 000).

Los datos de todos los experimentos y los resultados obtenidos se anotan en una tabla.

Nº del experimento	Número de partículas en la fila	Longitud de la fila, mm	Dimensión de una partícula, mm
1 (guisante)			
2 (mijo)			
3 (molécula)			

	en la foto	dimensión real

3. Medición de la masa de un cuerpo en una balanza de brazos

Objetivo del trabajo—aprender a hacer uso de la balanza de brazos y a determinar la masa de los cuerpos en ella.

Instrumentos y materiales: balanza, pesas, varios pequeños cuerpos de diversa masa, un bote, perdigones o bien arena limpia y seca.

INDICACIONES PARA REALIZAR EL TRABAJO

1. Leed el apéndice de este trabajo "Reglas para pesar".
2. Observando dichas reglas, medir la masa de varios sólidos con una precisión hasta de 0,1 g.
3. Los resultados de las mediciones se anotan en una tabla:

Nº del experimento	Masa del cuerpo, g
1	
2	
3	

Tarea adicional

Existe un procedimiento especial de ponderación, llamado de *tarado (calibración)*. Durante el pesaje, según este procedimiento, en el platillo izquierdo de la balanza se pone el objeto cuya masa queremos determinar. En el platillo derecho se pone un bote en el que se vierte arena seca o bien perdigones, hasta que la balanza se equilibre. A continuación, el objeto se quita del platillo izquierdo de la balanza y en su lugar se colocan pesas, con las que ésta de nuevo se pone en equilibrio. La masa de estas pesas será igual a la del objeto. Con el procedimiento de tarado es posible medir con suficiente precisión la masa de un cuerpo, en una balanza algo desarreglada.

Comprobad esto en un experimento. Colocad en el platillo izquierdo de la balanza un perdigón o bien una bolita de papel, con ello, ésta se desequilibrará. Medid las masas de los cuerpos que tengáis, según el procedimiento de tarado y comparad los resultados con los obtenidos, al emplear una balanza equilibrada.

Reflexionad y explicad, por qué con el procedimiento de tarado se puede medir la masa de un cuerpo con suficiente precisión, incluso en una balanza algo desarreglada.

Nº del experimento	Masa del cuerpo medida en una balanza equilibrada, g	Masa del cuerpo medida según el procedimiento de tarado, g
1		
2		
3		

1. Antes de realizar el pesaje hay de cerciorarse de que la balanza está equilibrada. En caso de necesidad, para establecer el equilibrio, en el platillo más ligero se colocan tiras de papel, cartón, etc.

2. El cuerpo a pesar se coloca en el platillo izquierdo de la balanza, las pesas, en el derecho.

3. Para evitar que la balanza se desarregle, el cuerpo a pesar y las pesas se deben colocar en los platillos con cuidado, sin dejarlos caer incluso de una pequeña altura.

4. Se prohíbe pesar en la balanza cuerpos más pesados que la carga máxima tolerable, indicada en la balanza.

5. En los platillos de la balanza no se deben colocar cuerpos mojados, sucios, calientes, echar polvos y verter líquidos sin hacer uso de cubrejuntas.

6. Las pesas pequeñas se deben coger sólo con pinzas (fig. 310).

Después de colocar el cuerpo a pesar en el platillo izquierdo, en el derecho, se pone una pesa de masa algo mayor que la del cuerpo a pesar (se elige a ojo, comprobándola después). Cuando esta regla no se observa, con frecuencia no basta la cantidad de pesas pequeñas y es preciso empezar la operación de nuevo.

Si la pesa arrastra el platillo, ella se pone de nuevo en la caja, si no lo arrastra, se deja en el platillo. Seguidamente, lo mismo se hace con la pesa siguiente por su valor y así sucesivamente, hasta alcanzar el equilibrio.

Después de equilibrar el cuerpo, se calcula la masa total de las pesas que yacen en el platillo de la balanza. Después, las pesas se trasladan del platillo a la caja.

4.

Determinación del volumen de un cuerpo

Objetivo del trabajo—aprender a determinar el volumen de un cuerpo con ayuda del cilindro de medición.



Fig. 310

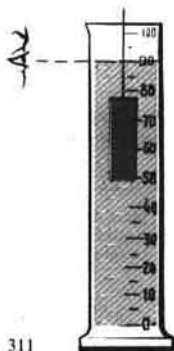


Fig. 311

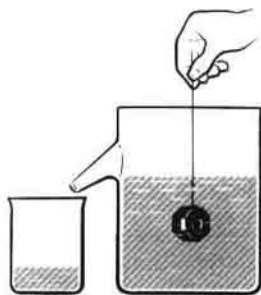


Fig. 312

Instrumentos y materiales: cilindro de medición (probeta graduada), cuerpos de forma irregular de pequeño volumen (tuercas, rodillos de porcelana, pedacitos de metal, etc.), hilos.

INDICACIONES PARA REALIZAR EL TRABAJO

1. Determinad el valor de una división de la probeta graduada.
2. Verted en la probeta tal cantidad de agua que el cuerpo quede totalmente sumergido en ella y determinad su volumen.
3. Sujeto de un hilo, sumergid el cuerpo, cuyo volumen queremos medir, y determinad el volumen conjunto del agua y el cuerpo (fig. 311).
4. Realizad los experimentos descritos en los puntos 2 y 3, con algunos otros cuerpos.
5. Los resultados de las mediciones se anotan en una tabla:

Nº del experimento	Denominación del cuerpo	Volumen inicial del líquido en la probeta V_1 , cm^3	Volumen del cuerpo y el líquido V_2 , cm^3	Volumen del cuerpo $V = V_2 - V_1$, cm^3

Tarea adicional

El volumen de un cuerpo de forma irregular, en particular si no entra en la probeta graduada, puede ser medido en una vasija de derrame (fig. 312). Antes de efectuar la medición, la vasija se llena de agua hasta el tubo de derrame. Al sumergir el cuerpo, parte del agua, de igual volumen que el cuerpo, se derrama. A continuación, su volumen se mide en una probeta graduada.

5. Determinación de la densidad de un sólido

Instrumentos y materiales: balanza, pesas, probeta graduada, un sólido, cuya densidad ha de ser medida, hilo.

INDICACIONES PARA REALIZAR EL TRABAJO

1. Repetid en el presente manual el § 24. Densidad de la sustancia.
2. Medid la masa del cuerpo en gramos (g) en una balanza (véase el trabajo de laboratorio 3).
3. Medid con ayuda de probeta graduada el volumen del cuerpo en mililitros (ml) o en centímetros cúbicos (cm^3) (véase el trabajo de laboratorio 4).

4. Calculad con la fórmula $\rho = \frac{m}{V}$ la densidad del cuerpo dado en gramos por centímetro cúbico $\left(\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}\right)$ y expresadla en kilogramos por metro cúbico $\left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)$.

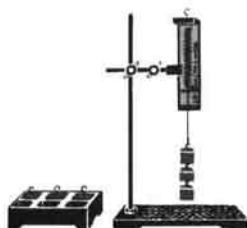


Fig. 313



Fig. 314

5. Los resultados de las mediciones y los cálculos se anotan en una tabla:

Denominación de la sustancia	Masa del cuerpo m , g	Volumen del cuerpo V , cm^3	Densidad de la sustancia	
			g/cm^3	kg/m^3

6. Graduación de un muelle y medición de una fuerza con un dinamómetro

Instrumentos y materiales: dinamómetro, cuya escala está tapada con un papel, juego de cargas con masa de 102 g, soporte con manguito, patilla y anillo.

INSTRUCCIONES PARA REALIZAR EL TRABAJO

1. Leed en el manual el § 31. Dinamómetro.
2. Fijad el dinamómetro de forma vertical en la patilla del soporte. Con una raya horizontal se marca la posición inicial del indicador del dinamómetro, que será el punto nulo.
3. Colgad del gancho del dinamómetro una carga con masa de 102 g. Sobre esta carga actúa una fuerza de la gravedad igual a 1 N. Con esa misma fuerza la carga alarga el muelle del dinamómetro. Dicha fuerza se equilibra con la fuerza elástica que surge en el muelle durante su alargamiento (deformación).

La nueva posición del indicador del dinamómetro también se marca en el papel con una raya horizontal.

Observación. Las cargas con masa de 102 g pueden ser obtenidas añadiendo 2 g (un anillo de alambre) a las cargas de una masa de 100 g.

4. A continuación, colgad del dinamómetro las cargas segunda, tercera, cuarta de esa misma masa (102 g), marcando cada vez en el papel las posiciones del indicador con rayas (fig. 313).

5. Quitad el dinamómetro del soporte y frente a las rayas horizontales,

comenzando por la superior, poned los números 0, 1, 2, 3, 4, ... Sobre la cifra 0 escribid: "newton".

6. Medid las distancias entre las rayas vecinas. ¿Qué resultado se obtiene y por qué (véase el § 31)? Basándose en la deducción hecha, determinad con qué fuerza alargará el muelle una carga cuya masa es de 51,153 g?

7. Sin suspender cargas del dinamómetro, obtened una escala con valor de la división de 0,1 N.

8. Medid con el dinamómetro graduado el peso de cierto cuerpo, por ejemplo, del anillo del soporte, la patilla de éste, de una carga.

9. Dibujad el dinamómetro graduado

7. Medición de la fuerza de rozamiento de deslizamiento y su comparación con el peso del cuerpo

Instrumentos y materiales: dinamómetro, pequeña barreta de madera, juego de cargas, tabla lisa (o una regla) (fig. 314).

INDICACIONES PARA REALIZAR EL TRABAJO

1. Leed en el manual el § 34 (Fuerza de rozamiento) y el § 29 (Fuerza elástica. Peso de un cuerpo).

2. Con un dinamómetro, pesad la barreta.

3. Enganchad el dinamómetro del gancho de la barreta y desplazando ésta uniformemente a lo largo de una tabla horizontal (o una regla), determinad la fuerza de rozamiento, igual a la fuerza de tracción.

4. Cargando la barreta consecutivamente primero con una, después con dos y tres cargas, medid la fuerza de rozamiento en cada caso.

Observación. Cuando se mide la fuerza de tracción con un dinamómetro (ella es igual a la fuerza de rozamiento), es difícil alcanzar un movimiento rigurosamente uniforme de la barreta, por regla, el indicador del dinamómetro oscila. Por esto, cada medición debe comprobarse 2-3 veces y tomar el valor medio de las dos posiciones extremas del dinamómetro.

5. Los resultados de las mediciones se anotan en una tabla:

№ del experimento	Peso de la barreta, N		Fuerza de rozamiento, N
	sin carga	con carga	
1			
2			
3			

6. Para cada experimento aislado, comparad la fuerza de rozamiento con el peso del cuerpo. ¿A qué deducción se puede llegar acerca de la correlación entre la fuerza de rozamiento y el peso del cuerpo?

7. Aclarad cómo varia la fuerza de rozamiento con el cambio del peso del cuerpo. Para responder a esta pregunta, llenad la segunda tabla, haciendo uso de los datos de la primera:

Nº del experimento	Peso del cuerpo (de la barreta con y sin carga), N	Fuerza de rozamiento, N	Cuántas veces aumenta el peso del cuerpo	Cuántas veces aumentó la fuerza de rozamiento
1				
2				
3				

8. Partiendo de los datos obtenidos, escribid la deducción a que se ha llegado.

Tarea adicional

Aclarad si depende la fuerza de rozamiento de deslizamiento del área de la superficie del cuerpo en movimiento. Para ello, dad la vuelta a la barreta y ponédlas sobre la cara de menor área y repetid los experimentos con la sucesividad descrita más arriba.

8. Determinación de la fuerza de empuje que actúa sobre un cuerpo sumergido en un líquido

Objetivo del trabajo—revelar en un experimento el efecto de empuje de un líquido sobre un cuerpo sumergido en él y determinar la fuerza de empuje.

Instrumentos y materiales: dinamómetro, soporte con manguito y patilla, pequeña piedra con un lazo de hilo atado, vasos con agua y disolución acuosa saturada de sal, recipiente con alcohol.

INDICACIONES PARA EL TRABAJO

1. Repasad en el manual el § 55. Fuerza de empuje (de Arquímedes). Principio de Arquímedes.

2. Fijad el dinamómetro en el soporte y suspended de él el cuerpo con un hilo. Registrad y escribid en la tabla las indicaciones del dinamómetro. Esto será el peso del cuerpo en el aire.

3. Colocad el vaso con agua, bajad el manguito con la patilla y el dinamómetro, hasta que todo el cuerpo se encuentre debajo del agua. Registrad y escribid en la tabla la indicación del dinamómetro. Ésta será el peso del cuerpo en el agua. La diferencia entre el peso del cuerpo en el aire y en el agua es igual a la fuerza de empuje.

4. En lugar de agua pura, tomad primero una disolución saturada de sal y, después (si hay) alcohol y para cada uno de estos líquidos determinad la fuerza de empuje.

5. Los resultados de los experimentos se anotan en una tabla.

Líquido	Peso del cuerpo en el aire P , N	Peso del cuerpo en el líquido P_1 , N	Fuerza de empuje $F = P - P_1$, N
Agua			
Disolución saturada de sal en agua			
Alcohol			

PREGUNTAS:

1. ¿Cómo depende la fuerza de empuje de la densidad del líquido?
2. ¿Depende la fuerza de empuje de la densidad del cuerpo?

9. Aclaración de las condiciones de flotación de un cuerpo en un líquido

Instrumentos y materiales: balanza, pesas, probeta graduada, probeta pequeña con tapón, gancho de alambre, arena seca, papel de filtrar o bien un trapo seco.

INDICACIONES PARA REALIZAR EL TRABAJO

1. Leed en el libro el § 56. Flotación de los cuerpos.
2. Echad en la probeta pequeña tal cantidad de arena que, después de cerrada con un tapón, flote en la probeta graduada con agua en posición vertical y parte de ella se halle sobre la superficie del agua.
3. Determinad la fuerza de empuje que actúa sobre la probeta pequeña que es igual al peso del agua expulsada por ella. Para determinar este peso, definid primero el volumen del agua expulsada. Con este fin, marcad el nivel del agua en la probeta graduada antes y después de sumergir en el agua la probeta pequeña. Conociendo el volumen del agua expulsada y su densidad, calculad su peso en newtones.
4. Sacad la probeta del agua y frotadla con papel de filtrar o con un trapo. En una balanza determinad la masa de la probeta con una precisión hasta de 1 g y calculad la fuerza de la gravedad que sobre ella actúa en newtones, que es igual al peso de la probeta con arena en el aire.
5. Echad en la probeta pequeña cierta cantidad adicional de arena. De nuevo, determinad la fuerza de empuje y la de la gravedad. Haced esto varias veces, hasta el momento en que la probeta, cerrada con el tapón, se hunda.
6. Los resultados de las mediciones y los cálculos se anotan en una tabla. Indicad cuándo la probeta flota y cuándo se hunde.

Nº del experimento	Fuerza de empuje que actúa sobre la probeta, N $F = g\rho_{\text{liq}}V$	Peso de la probeta con arena, N $P = gm$	Conducta de la probeta en el agua (flota o se hunde)
--------------------	---	---	--

1
2
3

7. Haced una deducción sobre las condiciones de flotación de los cuerpos en los líquidos.

10. Aclaración de las condiciones de equilibrio de una palanca

Objetivo del trabajo—comprobar en un experimento con qué correlación de fuerzas y de sus brazos, la palanca está en equilibrio.



Fig. 315



Fig. 316

Instrumentos y materiales: palanca sobre un soporte, juego de cargas, regla de escalas, dinamómetro (fig. 315).

INDICACIONES PARA REALIZAR EL TRABAJO

1. Repasad el § 62. Palanca. Equilibrio de fuerzas en la palanca.
2. Equilibrad la palanca, girando las tuercas en sus extremos, de forma que ella se disponga en posición horizontal.
3. Colgad dos cargas en la parte izquierda de la palanca, a una distancia igual a unos 12 cm del eje de rotación. Por vía experimental, estableced a qué distancia a la derecha del eje de rotación hay que colgar: a) una carga; b) dos cargas; c) tres cargas, para que la palanca se equilibre.
4. Considerando que cada carga pesa 1 N, anotad los datos y las magnitudes medidas en una tabla:

Nº del experimento	Fuerza F_1 en la parte izquierda de la palanca, N	Brazo l_1 , cm	Fuerza F_2 en la parte derecha de la palanca, N	Brazo l_2 , cm	Razón entre las fuerzas y los brazos	
					$\frac{F_1}{F_2}$	$\frac{l_2}{l_1}$
1						
2						
3						

5. Calculad la relación de las fuerzas y la de los brazos para cada uno de los experimentos y anotad los resultados obtenidos en la última columna de la tabla.

6. Comprobad si confirman los resultados de los experimentos la condición de equilibrio de una palanca por la acción de las fuerzas aplicadas, que fue estudiada en el § 62.

Tarea adicional

Colgad tres cargas a la izquierda del eje de rotación de la palanca, a una distancia de 6 cm (fig. 316).

Con un dinamómetro, determinad qué fuerza hay que aplicar a una distancia de 18 cm del eje de rotación, a la izquierda de las cargas, para

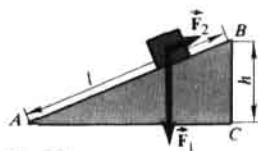


Fig. 317



Fig. 318

mantener la palanca en equilibrio.

¿Cómo están dirigidas, en este caso, las fuerzas que actúan sobre la palanca? Escribid los brazos de estas fuerzas. Calculad la razón de las fuerzas F_1/F_2 y de los brazos l_2/l_1 , para este caso y llegad a la correspondiente deducción.

11. Determinación del rendimiento al elevar un cuerpo por un plano inclinado

Instrumentos y materiales: tabla, dinamómetro, cinta métrica o regla, barreta, soporte con manguito y patilla.

Apliquemos la “regla de oro” de mecánica al plano inclinado (fig. 317).

El trabajo realizado durante la subida del cuerpo en dirección vertical, es igual al producto de la fuerza de la gravedad F_1 por la altura h :

$$A = F_1 h.$$

A esa misma altura h podemos subir el cuerpo desplazándolo de modo uniforme a lo largo de un plano inclinado de longitud l , aplicando al cuerpo la fuerza F_2 . El trabajo que se realiza en este caso se determina con la fórmula:

$$A_2 = F_2 l.$$

De acuerdo con la “regla de oro” de mecánica, cuando no hay rozamiento, los dos trabajos indicados más arriba, son iguales:

$$A_1 = A_2 \text{ o bien } F_1 h = F_2 l.$$

Al haber rozamiento, estos dos trabajos serán diferentes. El trabajo A_2 , realizado al desplazar el cuerpo por el plano inclinado, será mayor que el trabajo A_1 , realizado al subir este cuerpo a la altura del plano inclinado, pero en dirección vertical:

$$A_2 > A_1.$$

A_2 es el trabajo total, A_1 , el útil. Dividiendo uno por otro, obtenemos el rendimiento del plano inclinado en tanto por ciento:

$$\text{rendimiento} = \frac{A_1}{A_2} \cdot 100\%.$$

INDICACIONES PARA REALIZAR EL TRABAJO

1. Preparad en el cuaderno una tabla para anotar los resultados de las mediciones y los cálculos.

Nº del expe- ri- men- to	Altura del plano inclinado h , m	Fuerza de la gravedad F_1 , N	Trabajo realizado al elevar la barreta por la vertical (trabajo útil) $A_1 = F_1 h$, J	Longitud del plano inclinado l , m	Fuerza de tracción F_2 , N	Trabajo realizado al mover la barreta por el plano inclinado (trabajo total) $A_2 = F_2 l$, J	Rendimiento = $= \frac{A_1}{A_2} \cdot 100\%$
---	---	--	---	---	------------------------------------	---	--

2. Colocad la tabla oblicuamente (fig. 318).

3. Medid la altura h y la longitud l del plano inclinado y expresadlos en metros.

4. Con un dinamómetro medid la fuerza de la gravedad F_1 y expresadla en newtones.

5. Después de enganchar el dinamómetro a la barreta, moved uniformemente la barreta hacia arriba por el plano inclinado. Medid la fuerza de tracción F_2 en newtones.

6. Calculad el trabajo durante la subida de la barreta a la altura h por la vertical y el trabajo al subir esta misma barreta a esa misma altura por un plano inclinado de una longitud l .

7. Calculad el rendimiento del plano inclinado en tanto por ciento.

8. Los resultados de las mediciones y los cálculos se anotan en la tabla.

Tarea adicional

1. Haciendo uso de la "regla de oro" de mecánica, calculad qué ganancia en la fuerza proporciona el plano inclinado, si no se tiene en cuenta el rozamiento.

2. Variad la altura del plano inclinado y para ella determinad el trabajo útil, el total y el rendimiento.

12. Comparación de las cantidades de calor al mezclar el agua a distintas temperaturas

Instrumentos y materiales: calorímetro, probeta graduada, termómetro, vaso.

Observación. El calorímetro es un instrumento utilizado en muchos experimentos relacionados con fenómenos térmicos.

El calorímetro consta de dos recipientes divididos por un espacio de aire. El fondo del recipiente interior está separado del exterior por medio de una junta de madera. Semejante estructura permite reducir el intercambio de calor entre el contenido del recipiente interior y el medio ambiente.

INDICACIONES PARA REALIZAR EL TRABAJO

1. Verted en el calorímetro 100 g de agua caliente y en un vaso, la misma

cantidad de agua fría. Medid la temperatura de una y otra.

2. Con precaución echad el agua fría en el recipiente con el agua caliente, agitad con el termómetro la mezcla obtenida y medid la temperatura.

3. Calculad la cantidad de calor cedido por el agua caliente al enfriarse hasta la temperatura de la mezcla y la cantidad de calor recibido por el agua fría al calentarse hasta esa misma temperatura.

Los resultados de las mediciones y los cálculos se anotan en una tabla.

Masa del agua caliente m , kg	Temperatura inicial del agua caliente t_1 , °C	Temperatura de la mezcla t_2 , °C	Cantidad de calor cedido por el agua caliente Q , J	Masa del agua fría m_1 , kg	Temperatura inicial del agua fría t_1 , °C	Cantidad de calor recibido por el agua fría Q_1 , J
---------------------------------	--	-------------------------------------	---	-------------------------------	--	---

4. Comparad la cantidad de calor cedido por el agua caliente con la recibida por el agua fría y efectuad la correspondiente deducción.

13. Determinación del calor específico de un sólido

Instrumentos y materiales: vaso con agua, calorímetro, termómetro, balanza, pesas, cilindro de aluminio suspendido de un hilo, recipiente con agua caliente.

INDICACIONES PARA REALIZAR EL TRABAJO

1. Verted en el calorímetro 100–150 g de agua a temperatura ambiente. Medid la temperatura del agua.

2. Determinad en la balanza la masa del cilindro de aluminio.

3. Calentad el cilindro con agua caliente. Medid la temperatura de ésta (que será la inicial del cilindro). A continuación, meted el cilindro en el calorímetro con agua.

4. Medid la temperatura del agua en el calorímetro después de sumergir en ella el cilindro de aluminio.

5. Todos los datos de las mediciones se anotan en una tabla:

Masa del agua en el calorímetro m_1 , kg	Temperatura inicial del agua t_1 , °C	Masa del cilindro de aluminio m_2 , kg	Temperatura inicial del cilindro de aluminio t_2 , °C	Temperatura general del agua y el cilindro t , °C
--	---	--	---	---

6. Calculad:

a) la cantidad de calor Q_1 que recibió el agua al calentarse:

$$Q_1 = c_1 m_1 (t - t_1),$$

c_1 – calor específico del agua.

b) La cantidad de calor Q_2 cedida por el cilindro de aluminio al enfriarse:

$$Q_2 = c_2 m_2 (t_2 - t),$$

c_2 - calor específico del aluminio, magnitud que hay que determinar.

Conociendo que la cantidad de calor, recibida por el agua al calentarse, es igual a la cantidad de calor, cedida por el cilindro de aluminio al enfriarse, podemos escribir:

$$Q_1 = Q_2 \text{ o bien } c_1 m_1 (t - t_1) = c_2 m_2 (t_2 - t).$$

En la ecuación obtenida, la única magnitud desconocida es el calor específico del aluminio c_2 . Poniendo en la ecuación los valores de las magnitudes medidas en el experimento, calculad c_2 .

7. Anotad los resultados para c_2 , obtenidos por todos los grupos de la clase, hallad su valor medio para el calor específico del aluminio. Comparadlo con su valor en la tabla 6 (pág. 161).

14. Observación de los procesos de fusión y solidificación de un cuerpo cristalino

Instrumentos y materiales: probeta ancha, termómetro, cuerpo cristalino, infernillo de alcohol.

INDICACIONES PARA REALIZAR EL TRABAJO

1. La probeta, con el cuerpo cristalino y el termómetro, se calienta con el infernillo a llama pequeña. Después de cada medio minuto, registrad la temperatura y anotadla en el cuaderno. Después de que el cuerpo se ha fundido, continuad registrando su temperatura cada medio minuto, cesando el calentamiento.

2. Apuntad los datos de las observaciones en un papel cuadrículado en forma de la gráfica de variación de la temperatura del cuerpo con el tiempo, marcando el tiempo en minutos, en determinada escala, por el eje horizontal, mientras que por el vertical, la temperatura en grados.

3. Marcad en la gráfica las temperaturas de fusión y cristalización. Comparadlas.

4. Explicad la gráfica obtenida.

15. Montaje de un circuito eléctrico y medición de la intensidad de la corriente en diversos sectores de éste

Instrumentos y materiales: batería de tres elementos (o acumuladores), bombilla de baja tensión en un soporte, interruptor, amperímetro, cables de unión.

INDICACIONES PARA REALIZAR EL TRABAJO

1. Montad el circuito de arreglo con la fig. 319. Anotad las indicaciones del amperímetro.

2. Después, conectad primero el amperímetro entre el polo negativo y el



Fig. 319

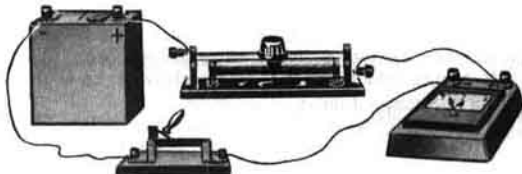


Fig. 320

punto *a*, seguidamente, entre el polo positivo y el punto *b* y anotad sus indicaciones.

3. Comparad todas las indicaciones obtenidas del amperímetro. Haced una deducción.

4. Dibujad en el cuaderno el esquema de unión de los instrumentos.

¡Atención! Se prohíbe conectar el amperímetro a los bornes de la fuente de corriente sin ningún receptor de la corriente conectado en serie con el instrumento. ¡Se puede deteriorar el amperímetro!

16. Medición de la tensión en diversos sectores del circuito

Instrumentos y materiales: batería de tres elementos (o acumuladores), bombilla de baja tensión en un soporte, voltímetro, interruptor, cables de unión.

INDICACIONES PARA REALIZAR EL TRABAJO

1. Medid la tensión en los polos de cada uno de los elementos y en los de la batería. Comparad los valores obtenidos y determinad cuántas veces es mayor la tensión en los polos de la batería que en los de cada uno de los elementos.

2. Montad el circuito con la batería, la bombilla y el interruptor. Cerrad el circuito.

3. Medid la tensión en los bornes de la bombilla. Comparad la tensión hallada con la tensión total en los bornes de la batería.

4. Diseñad el esquema del circuito, mostrando en él la conexión del voltímetro para medir la tensión en los polos de la batería y en los bornes de la bombilla.

17. Regulación de la intensidad de la corriente con un reóstato

Objetivo del trabajo—aprender a utilizar correctamente el reóstato.

Instrumentos y materiales: batería de elementos (o acumuladores), reóstato de cursor, amperímetro, interruptor, cables de unión.

INDICACIONES PARA REALIZAR EL TRABAJO

1. Examinad con detalle la estructura del reóstato y estableced con qué posición del cursor su resistencia es la mayor.
2. Montad el circuito (fig. 320), incluyendo en él el amperímetro, reóstato con la resistencia total y el interruptor.
3. Cerrad el circuito y registrad las indicaciones del amperímetro.
4. Reducid la resistencia del reóstato, desplazando con suavidad y lentitud su cursor (¡pero no hasta el final!). Observad las indicaciones del amperímetro.
5. Acto seguido, aumentad la resistencia del reóstato, desplazando el cursor en dirección opuesta. Observad las indicaciones del amperímetro.

¡Atención! Se prohíbe desplazar el cursor del reóstato hasta el final, reduciendo su resistencia hasta cero, puesto que, si en el circuito no hay otros receptores de corriente, la intensidad de ésta puede resultar muy alta y el amperímetro se deteriorará.

18. Determinación de la resistencia de un conductor con ayuda de un amperímetro y un voltímetro

Instrumentos y materiales: batería de tres elementos (o acumuladores), el conductor a investigar (una pequeña espiral de níquelina), amperímetro, reóstato, voltímetro, interruptor, cables de unión.

INDICACIONES PARA REALIZAR EL TRABAJO

1. Montad el circuito, uniendo en serie la batería de elementos, el amperímetro, el conductor que se investiga, el reóstato y el interruptor.
2. Medid la intensidad de la corriente en el circuito.
3. A los extremos del conductor que se investiga se conecta el voltímetro y se mide la tensión en el conductor.
4. Con el reóstato, cambiamos la resistencia en el circuito y de nuevo se mide la intensidad de la corriente y la tensión.
5. Los resultados de las mediciones se anotan en una tabla:

Nº del experimento	Intensidad de la corriente I , A	Tensión U , V	Resistencia R , Ω
Conductor 1			
2			

6. Haciendo uso de la ley de Ohm, calculad la resistencia del conductor, según cada una de las mediciones por separado. Hallad el valor medio de la resistencia del conductor. Los resultados de los cálculos se anotan en la tabla.

19. Estudio de la conexión en serie de conductores

Objetivo del trabajo—aclarar las leyes de la conexión en serie de conductores.

Instrumentos y materiales: batería de tres elementos (o acumuladores), dos conductores de níquelina (dos espirales del juego de resistencias), amperímetro, voltímetro, interruptor, reóstato, cables de unión.

INDICACIONES PARA REALIZAR EL TRABAJO

1. Montad un circuito formado por la fuente de corriente, el reóstato, dos conductores, el amperímetro, el interruptor, conectándolos todos en serie.

2. Medid la tensión en todo el sector del circuito formado por los conductores, así como en los conductores por separado y la intensidad de la corriente en el circuito.

3. De acuerdo con los resultados de las mediciones, calculad la resistencia de todo el sector y de los conductores por separado.

4. Los resultados de las mediciones y los cálculos se anotan en una tabla:

Tensión en todo el sector del circuito U , V	Intensidad de la corriente I , A	Resistencia de todo el sector del circuito R , Ω $R = U/I$	Tensión en los extremos del 1-er conductor U_1 , V	Resistencia del 1-er conductor R_1 , Ω $R_1 = U_1/I$	Tensión en los extremos del 2-º conductor U_2 , V	Resistencia del 2-º conductor R_2 , Ω $R_2 = U_2/I$

5. Comparad la resistencia de todo el sector del circuito R con la suma de las resistencias de los dos conductores $R_1 + R_2$. Haced la correspondiente conclusión.

6. Comparad la tensión en el sector de los dos conductores U con la suma de las tensiones $U_1 + U_2$ en los extremos de los conductores por separado. Haced la conclusión.

20. Estudio de la conexión en paralelo de conductores

Instrumentos y materiales: batería de tres elementos (o acumuladores), dos conductores (dos espirales del juego de resistencia), voltímetro y amperímetro, interruptor, cables de unión.

INDICACIONES PARA REALIZAR EL TRABAJO

1. Montad el circuito según el esquema mostrado en la fig. 267, b.

2. Medid la tensión en los extremos de los conductores unidos en paralelo.

3. Conectando el amperímetro, sucesivamente, en el circuito principal y en los ramales, medid la intensidad de la corriente tanto en uno, como en los otros.

4. Los resultados de las mediciones se anotan en una tabla:

Tensión en el sector U, V	Intensidad de la corriente total I, A	Intensidad de la corriente en el 1-er ramal I_1, A	Intensidad de la corriente en el 2º ramal I_2, A	Resistencia en el sector R, Ω $R = \frac{U}{I}$	Resistencia en el 1-er ramal R_1, Ω $R_1 = \frac{U}{I}$	Resistencia en el 2º ramal R_2, Ω $R_2 = \frac{U}{I_2}$
--------------------------------	--	---	---	--	--	--

5. De acuerdo con los datos obtenidos, calculad el valor de la resistencia en todo el sector y de los ramales por separado.

6. Comparad la suma de las intensidades de la corriente $I_1 + I_2$ en los conductores por separado con la intensidad de la corriente I en el circuito principal. Haced la conclusión.

7. Comprobad si se confirma en el experimento la fórmula: $1/R = 1/R_1 + 1/R_2$.

21. Determinación de la potencia de la corriente en una bombilla eléctrica

Instrumentos y materiales: batería de tres elementos (o acumuladores), bombilla de baja tensión en su soporte, voltímetro, amperímetro, interruptor, cables de unión.

INDICACIONES PARA REALIZAR EL TRABAJO

1. Montad un circuito formado por la fuente de corriente, la bombilla, el amperímetro, interruptor, unidos todos en serie (fig. 254).

2. Con el voltímetro se mide la tensión en la bombilla.

3. Diseñad en el cuaderno el circuito montado y anotad las indicaciones de los instrumentos.

4. Calculad la potencia en la bombilla.

5. Comprobad si coincide el valor obtenido de la potencia con la indicada en la bombilla.

22. Determinación del rendimiento de una instalación con calentador eléctrico

Instrumentos y materiales: recipiente con agua, recipiente interior de un calorímetro, espiral, balanza o probeta graduada, termómetro, reloj.

INDICACIONES PARA REALIZAR EL TRABAJO

1. En el recipiente del calorímetro, se vierte una masa de 100–150 g de agua y se mide su temperatura. A continuación, se sumerge en el agua la espiral, se conecta la corriente y calentamos el agua hasta 60–70 °C. Registrad el tiempo durante el que se calentó el agua. Los resultados de todas las mediciones se anotan en una tabla:

Masa del agua m , kg	Temperatura inicial del agua t_0 , °C	Temperatura final del agua t , °C	Tiempo de calentamiento τ , s	Potencia P , W	Trabajo de la corriente A , J	Cantidad de calor Q , J	Rendimiento térmico, %
------------------------	---	-------------------------------------	------------------------------------	------------------	---------------------------------	---------------------------	------------------------

2. Empleando los datos de la tabla, calculad:

- el trabajo de la corriente, conociendo la potencia de la espiral (indicada en el pasaporte técnico) y el tiempo de calentamiento;
- cantidad de calor, consumida para calentar el agua;
- rendimiento térmico del calentador.

Llamamos rendimiento térmico del calentador, la razón entre la cantidad de calor consumida para calentar el agua y el trabajo realizado por la corriente.

Anotad todos los resultados en la tabla.

23. Montaje de un electroimán y ensayo de su funcionamiento

Instrumentos y materiales: batería de tres elementos (o acumuladores), reóstato, interruptor, cables de unión, brújula, piezas para montar el electroimán.

INDICACIONES PARA REALIZAR EL TRABAJO

1. Montad el circuito eléctrico de la batería, bobina, el reóstato e interruptor, uniéndolos en serie. Cerrad el circuito y con la brújula determinad los polos magnéticos de la bobina.

2. Alejad la brújula a lo largo del eje de la bobina a tal distancia, a la que el efecto del campo magnético de ella sobre la aguja de la brújula sea insignificante. Ubicad un núcleo de hierro en la bobina y observad el efecto del electroimán en la aguja. Haced la conclusión.

3. Con el reóstato, variad la intensidad de la corriente en el circuito y observad el efecto del electroimán sobre la aguja. Haced la conclusión.

4. Montad de piezas acabadas un imán en U. Unid en serie las bobinas del electroimán entre sí de forma que en sus extremos libres se obtengan polos magnéticos opuestos. Comprobad los polos con una brújula.

24. Estudio de las propiedades de un imán y obtención del cuadro de los campos magnéticos

Instrumentos y materiales: dos imanes rectangulares, aguja magnética, tamiz con limaduras de hierro, trozos de alambre blando de hierro, cartón.

INDICACIONES PARA REALIZAR EL TRABAJO

1. Colocad sobre la mesa un clavo de hierro, lápiz, goma de borrar, trozo de vidrio, trozo de aluminio y otros objetos corrientes. Acercad a ellos sucesivamente el imán y estableced cuáles de ellos son materiales magnéticos.

2. Cercioráos de que el efecto magnético del imán se manifiesta con la mayor fuerza en sus polos.

3. Colocad sobre la mesa un imán rectangular y sobre él, un trozo de cartón. Echad sobre el cartón limaduras y golpead ligeramente el cartón con el dedo. Examinad y dibujad el aspecto obtenido del campo magnético.

4. Obtened el cuadro del campo magnético de dos polos homónimos, de dos polos opuestos. Dibujad los aspectos obtenidos de los campos magnéticos.

25. Familiarización con el trabajo de un motor de corriente continua

Instrumentos y materiales: un imán en U, parte móvil del electromotor con los semianillos de contacto, escobillas, soporte de madera, soportes-cojinetes, fuente de corriente, cables de unión.

INDICACIONES PARA REALIZAR EL TRABAJO

1. Montad el electromotor.
2. Conectad a él la fuente de corriente y poned el electromotor en rotación. Si el motor no funciona, hallad las causas y liquidadlas.
3. Cambiad la dirección de rotación de la parte móvil del electromotor, variando el sentido de la corriente en el circuito.

Observación. La parte móvil del electromotor se llama inducido. El electroimán que crea el campo magnético en que el inducido gira, recibe el nombre de inductor.

Resultados de los ejercicios

- Ejerc. 6.1. 0,75 m/s. 2. 5 m/s. 3. 25 m/s.
Ejerc. 7.1. 12,6 m/s; 13,5 m/s. 2. ≈ 8 m/s; ≈ 4 m/s.
Ejerc. 8.1. 12–18 m; 125 m; 200 m. 2. 4500 km. 3. 200 s; 20 s.
Ejerc. 10.4. 10 veces.
Ejerc. 12.4. $0,12 \text{ g/cm}^3$; 120 kg/m^3 .
Ejerc. 13.1. 10 kg; 7 kg; 136 kg. 2. 1130 g. 3. 4 kg.
Ejerc. 15.1. $\approx 25 \text{ N}$; $\approx 8 \text{ N}$; $\approx 12 \text{ kN}$; $\approx 0,5 \text{ N}$. 2. $\approx 100 \text{ N}$; $\approx 2 \text{ N}$.
3. $\approx 80 \text{ kg}$.
Ejerc. 17.1. $\approx 900 \text{ N}$. 2. 10 N. 3. 700 N. 4. $\approx 15 \text{ N}$.
Ejerc. 18.1. $\approx 47 \text{ kPa}$. 2. 6000 kPa. 3. $\approx 1500 \text{ Pa}$.
Ejerc. 21.1. $\approx 6 \text{ kPa}$; $\approx 4,8 \text{ kPa}$; $\approx 82 \text{ kPa}$. 2. $\approx 112000 \text{ kPa}$. 3. 50 cm^3 .
Ejerc. 24.1. $\approx 10,3 \text{ m}$. 2. 28,4 kN.
Ejerc. 25.3. $\approx 460 \text{ m}$. 4. $\approx 1013 \text{ hPa}$. 5. $\approx 162 \text{ kPa}$.
Ejerc. 26.1. $\approx 10,3 \text{ m}$. 2. $\approx 13 \text{ m}$; $\approx 76 \text{ cm}$.
Ejerc. 27.1. 120 t. 2. 90 veces, 100 veces.
Ejerc. 28.4. $\approx 1 \text{ N}$; $\approx 0,8 \text{ N}$.
Ejerc. 30.1. Disminuirá. 2. $\approx 10000 \text{ m}^3$.
Ejerc. 32.3. $\approx 300 \text{ kJ}$. 4. $\approx 240 \text{ kJ}$. 5. $\approx 450000 \text{ kJ}$.
Ejerc. 33.1. $\approx 180 \text{ kW}$. 2. $\approx 55 \text{ W}$. 3. 120000 kJ. 4. 750 W.
Ejerc. 34.4. $\approx 417 \text{ kg}$.
Ejerc. 35.1. 3 m. 2. 2240 J; 2240 J.
Ejerc. 36.1. $\approx 10 \text{ kJ}$. 2. $\approx 20 \text{ kJ}$; $\approx 50 \text{ kJ}$.
Ejerc. 42.4. a) 162 kJ; b) 3220 J; c) 75000 kJ.
Ejerc. 43.3. $\approx 5 \cdot 10^8$; $\approx 5,4 \cdot 10^6$. 4. $\approx 7,4 \cdot 10^7 \text{ J}$. 5. 5 kg.
Ejerc. 45.3. No habrá. 4. Es posible.
Ejerc. 47.3. 1360 kJ. 4. 500 kJ; 1340 kJ.
Ejerc. 49.3. $\approx 345 \text{ kJ}$. 4. $\approx 1,36 \cdot 10^7 \text{ J}$. 5. $\approx 8,4 \cdot 10^5 \text{ J}$; $\approx 5,4 \cdot 10^6 \text{ J}$.
Ejerc. 51.2. 6 protones y 6 neutrones.
Ejerc. 54.1. $\approx 5,4 \cdot 10^{20}$ electrones. 2. $8,64 \cdot 10^{23}$ electrones.
Ejerc. 57.1. 4 V. 2. 1 A; 0,25 A.
Ejerc. 58.1. 2Ω . 2. 2Ω .
Ejerc. 59.1. 4,4 A. 2. 217 V. 3. 15 k Ω .
Ejerc. 60.1. La resistencia del segundo conductor es 8 veces mayor que la del primero. 2. $\approx 1 \text{ m}$. 3. $\approx 1,7$ veces. 4. 60 V; $\approx 120 \text{ m}$.
Ejerc. 61.4. 150 m.
Ejerc. 62.1. 0,8 V; 1,2 V; 2 V. 3. 63,5 V.
Ejerc. 63.1. 6Ω . 2. 1 A; 0,5 A; 1,5 A.
Ejerc. 64.1. $\approx 76 \text{ W}$. 2. 660 W. 3. $\approx 2,8 \text{ A}$.
Ejerc. 65.1. 0,9 kW·h. 2. 72 kopeks. 3. 10,8 kJ. 4. $\approx 260 \text{ J}$.
Ejerc. 66.1. 900 kJ.

Material para la lectura adicional

1. Movimiento browniano

Entre las demostraciones experimentales de que las moléculas se mueven, podemos citar el fenómeno que, por primera vez, observó en 1827 el botánico inglés Brown al estudiar con un microscopio las esporas de los vegetales ubicadas en un líquido.

Podemos realizar semejante experimento haciendo uso de pintura o tinta china previamente triturada hasta finisimas partículas que sólo pueden ser observadas con un microscopio. Después de mezclar la pintura en el agua, la mezcla obtenida se observa con dicho instrumento.

Al hacer semejante experimento podremos ver que los granitos de la pintura se mueven continuamente. Los más pequeños de éstos se desplazan desordenadamente desde un lugar de la disolución a otro, los más grandes sólo vibran caóticamente. Tal desplazamiento de las esporas de los vegetales en un líquido fue observado por Brown. Por esta razón, el movimiento de partículas sólidas muy pequeñas en un líquido ha recibido el nombre de *movimiento browniano*.

Las observaciones han mostrado que este movimiento nunca cesa. En una gota de agua (si no dejamos que se seque) el movimiento de los granitos se observa en el transcurso de muchos días, meses, años. No cesa ni en verano, ni en invierno, ni de día, ni de noche. En pedacitos de cuarzo que han yacido en la tierra miles de años, a veces se tropieza con gotitas de agua encerradas en él. En ellas también observaron el movimiento browniano de las partículas que flotan en el agua.

La causa del movimiento browniano consiste en el desplazamiento continuo, que nunca cesa, de las moléculas de aquel líquido en el que se encuentran los granitos del sólido. Claro está que estos granitos son mucho mayores que las propias moléculas y cuando vemos por el microscopio el movimiento de los granitos, no hay que pensar que vemos el desplazamiento de las moléculas. Éstas no pueden ser vistas por un microscopio corriente, pero acerca de su existencia y movimiento podemos juzgar por los choques que ellas efectúan, empujando los granitos de pintura, obligándolos a moverse.

Es posible aducir la siguiente comparación. Un grupo de personas juega en el agua con un enorme balón. Ellas empujan el balón con las manos y a causa de estos empujones él se desplaza en una y otra dirección. Si observamos este juego desde lejos, no veremos las personas, mientras que el movimiento desordenado del balón nos parecerá que transcurre sin motivo alguno.

De esta misma forma, no vemos las moléculas, pero comprendemos que a causa de sus "empujones" los granitos de pintura están en movimiento continuo y desordenado.

El descubrimiento del movimiento browniano tuvo gran importancia para el estudio de la estructura de la sustancia. Ha mostrado que, en efecto, *los cuerpos constan de partículas individuales, es decir, moléculas y que éstas se encuentran en movimiento continuo y desordenado.*

2.

Ingravidéz

Vivimos en el siglo de la conquista del espacio, de los vuelos de naves cósmicas alrededor de la Tierra, la Luna y otros planetas del Sistema Solar. Con frecuencia oímos y leemos que los cosmonautas y todos los objetos en la nave cósmica se encuentran durante su vuelo libre en un estado singular, llamado *estado de ingravidéz*. ¿Qué significa esto? ¿Se puede observar tal estado en la Tierra? *La ingravidéz es un complicado fenómeno físico*. Para comprenderlo correctamente son necesarios profundos conocimientos de física. No obstante, ciertas nociones sobre la ingravidéz las podemos también obtener al comienzo de los estudios de esta asignatura.

Recordemos que entendemos por peso de un cuerpo aquella fuerza con la que él presiona sobre el apoyo o estira la suspensión, a causa de la atracción de la Tierra.

Imaginémonos el siguiente caso: el apoyo o la suspensión caen libremente junto con el cuerpo. Aquí, hay que tener en cuenta que tanto el apoyo, como la suspensión también son cuerpos y sobre ellos actúa asimismo la fuerza de la gravedad. ¿Cuál será en semejante caso el peso del cuerpo, es decir, con que fuerza actuará éste sobre el apoyo o la suspensión?

Hagamos un experimento. Para ello, tomamos un pequeño cuerpo y lo suspendemos de un muelle (fig. 321, a), cuyo segundo extremo está fijado en un apoyo inmóvil. Por el efecto de la fuerza de la gravedad, el cuerpo comienza a desplazarse hacia abajo, por lo que el muelle se alarga hasta el momento en que la fuerza elástica que en él surge equilibre la fuerza de la gravedad. A continuación, se corta el hilo que sujeta el muelle con el cuerpo, después de lo cual los dos juntos caen. Si observamos el muelle, veremos que su alargamiento ha desaparecido (fig. 321, a). Durante todo el tiempo que continúa la caída del muelle con el cuerpo, el primero queda no alargado. Por lo tanto, el cuerpo en caída no actúa sobre el muelle que junto con él cae. En este caso el peso del cuerpo es igual a cero, pero la fuerza de la gravedad no es nula, sigue, como antes, actuando sobre el cuerpo y le obliga a caer. De este mismo modo, si el cuerpo y el soporte, sobre el que se encuentra el primero, cayeran libremente, el cuerpo dejaría de presionar sobre el soporte. En este caso, el peso del cuerpo asimismo es igual a cero.

Semejantes fenómenos también se observan en un satélite que gira en torno a la Tierra. Tanto éste, como los cuerpos que en él se encuentran, incluido el cosmonauta, al girar alrededor de la Tierra, es como si continuamente cayeran libremente a nuestro planeta. Por esta causa, un cuerpo sobre un soporte no presiona sobre él, un cuerpo suspendido de un muelle no lo estira, etc. De estos cuerpos se dice que están en *estado de ingravidéz*.

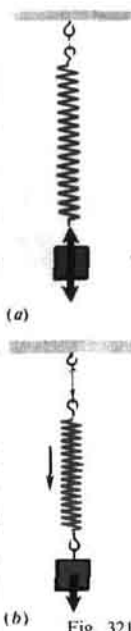


Fig. 321

Los cuerpos que en una nave satélite no están fijados, "planean" con libertad. El líquido echado en un recipiente no presiona sobre el fondo y las paredes de éste, por lo que no sale por un orificio en el recipiente. El péndulo del reloj está en reposo en cualquier posición que lo pusieran. Para que el cosmonauta tenga la mano o la pierna estirada, no tiene que ejercer ningún esfuerzo. Para él desaparece la representación de dónde está la parte de arriba y la de abajo. Si se comunica a cualquier cuerpo velocidad con relación a la cabina del satélite, aquél adquirirá movimiento rectilíneo y uniforme, hasta el momento en que choque con otros cuerpos.

El cosmonauta soviético G.S. Titov relataba que la cámara tomavistas, que volaba libremente por la cabina de la nave satélite, le golpeó fuertemente encontrándose en estado de ingravidez.

3. Fuerza de la gravedad en otros planetas

En torno del Sol se mueven 9 grandes planetas (fig. 322). Todos ellos se mantienen junto al Sol a causa de las fuerzas de gravitación. Éstas son gigantescas. Por ejemplo, entre el Sol y la Tierra actúa una fuerza de gravitación de unos 30 000 000 000 000 000 000 000 N = $3 \cdot 10^{22}$ N, ó $3 \cdot 10^{19}$ kN. El gran valor de esta fuerza encuentra su explicación en que las masas del Sol y de la Tierra son muy grandes.

Entre dichos planetas del Sistema Solar, la masa más pequeña es la de Mercurio, que es casi 19 veces menor que la de la Tierra. La masa del más grande de los planetas de nuestro sistema solar, es decir Júpiter, es 318 veces mayor que la de la Tierra. Alrededor de muchos de los planetas se mueven satélites que también se sujetan junto a sus planetas por las fuerzas de gravitación. El cuerpo celeste más próximo a nosotros es la Luna, el satélite de nuestro planeta. La distancia entre la Luna y la Tierra es, por término medio, igual a 380 000 km. La masa de la Luna es 81 veces menor que la de la Tierra.

Mientras menor sea la masa del planeta, con menor fuerza atraerá éste hacia sí otros cuerpos. La fuerza de la gravedad en la superficie de la Luna es 6 veces menor que en la Tierra. Por ejemplo, un automóvil cuya masa es igual a 600 kg, en la Luna pesaría no 6000 N como en la Tierra, sino que sólo 1000 N (fig. 323). Para abandonar la Luna los cuerpos han de tener una velocidad no de 11 km/s como en la Tierra, sino 2,4 km/s. Si un hombre fuese a parar a la superficie de Júpiter, cuya masa es mucho mayor que la de la Tierra, él pesaría allí casi tres veces más que en nuestro planeta.

Además de los nueve grandes planetas y sus satélites, alrededor del Sol se mueve un grupo de pequeños planetas, llamados *asteroides*. Incluso el más grande de estos planetas—Ceres—es 20 veces menor por su radio y 7500 veces menor por su masa que la Tierra. La fuerza de la gravedad en estos planetas es tan pequeña que un hombre, que diera un buen salto sobre la superficie de semejante planeta, podría salir de él volando.

He aquí cómo describe K.E. Tsiolkovski las condiciones que un hombre encontraría en el asteroide Vesta, en uno de sus relatos. Dicho asteroide tiene una masa 60 000 veces menor que la Tierra: "En la Tierra yo puedo

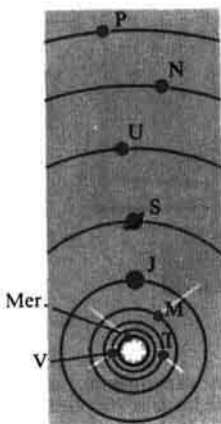


Fig. 322. Esquema de la estructura del Sistema Solar: Mer-Mercurio, V-Venus, T-Tierra, M-Marte, J-Júpiter, S-Saturno, U-Urano, N-Neptuno, P-Plutón



Fig. 323

llevar libremente un hombre más como yo, de un mismo peso. En Vesta, con la misma ligereza, yo podría llevar 30 veces más, es decir, 60 personas. En la Tierra yo puedo saltar a 50 cm. En Vesta, con igual esfuerzo realizaría un salto de 30 m. Esto es la altura de una casa de diez pisos o de un enorme pino. Allí es fácil sobrevolar fosos y zanjas de una anchura como la de un gran río. Es posible sobrevolar árboles y casas de 15 metros. Pero sin carrera preliminar”.

4. Paradoja hidrostática. Experimento de Pascal

En física recibe el nombre de paradoja hidrostática la propiedad de los líquidos de transmitir en todas direcciones la presión que sobre ellos se ejerce. Estudiemos este fenómeno.

En la fig. 324 están representados tres recipientes de diferente forma, pero con igual área del fondo y de la columna del líquido en ellos. La masa del líquido en estos recipientes es distinta, pero la presión a que están sometidos los fondos de los tres recipientes es igual y puede ser calculada por la fórmula:

$$p = gph.$$

Como el área del fondo de todos los recipientes es la misma, la fuerza con la que el líquido presiona sobre ellos será idéntica e igual al peso de la columna vertical *abcd* del líquido: $P = gphS$, donde *S* es el área del fondo.

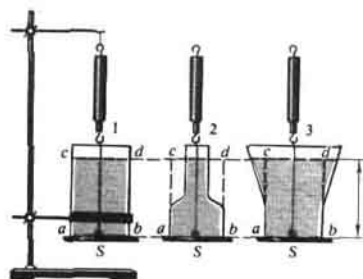


Fig. 324

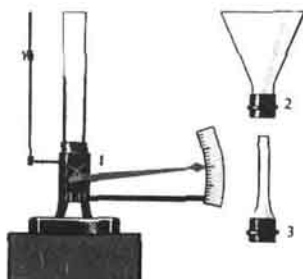


Fig. 325

Esta deducción es fácil de comprobar en un experimento con el instrumento que vemos en la fig. 325. Como fondo de los tres recipientes (1, 2, 3, en la fig. 325) sirve una película de caucho fijada en el soporte del instrumento. Los recipientes se enroscan sucesivamente en el soporte del instrumento y en ellos se vierte agua. Con esto, el fondo se comba y su movimiento se transmite a la aguja. El experimento nos muestra que *con iguales alturas de las columnas de agua en los recipientes, la aguja se desvía a un mismo número de divisiones de la escala*. Esto significa que *la fuerza con la que el líquido presiona sobre el fondo del recipiente no depende de la forma de éste, es igual al peso de la columna vertical, cuya base es el fondo del recipiente, y su altura, la de la columna del líquido*.

Esta afirmación, aunque ha sido fundamentada por nosotros y comprobada en un experimento, parece que es inverosímil, paradójica. Sin embargo, nada paradójico hay en ella y puede ser explicada por la ley de Pascal.

Examinemos la fig. 326. Sobre la superficie mn del fondo del recipiente actúa una fuerza igual al peso de la columna de líquido $kmnl$, que ejerce una presión ρgh . De acuerdo con la ley de Pascal, semejante presión se transmite también a las superficies am y nb . Entonces la fuerza que actúa sobre el fondo ab será igual al peso de la columna vertical del líquido $abdc$. Esta fuerza es mayor que el peso del líquido en el recipiente 3 (fig. 325), menor que el peso del líquido en el recipiente 2 e igual al peso del líquido en el recipiente 1.

Imagínense que la parte estrecha del recipiente (fig. 326) se hace aún más estrecha y larga. Entonces con una pequeña cantidad de agua podremos crear una gran presión sobre el fondo. Con semejante experimento, Pascal asombró a sus contemporáneos en 1648. En una sólida cuba, llena de agua y cerrada por todos los lados, Pascal metió un tubo estrecho (fig. 327), después subió al balcón del segundo piso y echó por este tubo una jarra de agua. La presión sobre las paredes de la cuba aumentó de tal forma que las duelas de ésta se separaron y el agua comenzó a derramarse de la cuba.

Fig. 326

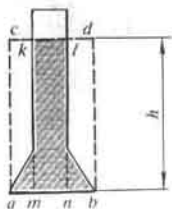


Fig. 327



5. Presión sobre el fondo de los mares y océanos. Investigación de las profundidades de los mares

La profundidad de los océanos alcanza varios kilómetros. Por esta causa sobre el fondo de éstos se ejerce una enorme presión. Por ejemplo, a una profundidad de 10 km (hay profundidades mayores) la presión alcanza 100 000 000 Pa (100 000 kPa).

A pesar de esto, a causa de su pequeña compresibilidad, la densidad del agua junto al fondo de los océanos es sólo un poco mayor que en la superficie.

Como muestran investigaciones especiales, a semejantes profundidades también habitan peces y algunos otros organismos vivos. El organismo de estos peces está adaptado para vivir a grandes presiones. Sus cuerpos pueden aguantar una presión de millones de pascales. Claro está que semejante presión existe en el interior de los propios peces.

El hombre, después de haber pasado un entrenamiento especial, puede, sin medios especiales de protección, sumergirse a profundidades hasta de 80 m, donde la presión del agua alcanza unos 800 kPa. Si a grandes profundidades no se toman medidas especiales de protección, la caja torácica del hombre puede no aguantar la presión del agua.



Fig. 328



Fig. 329

Durante la limpieza del fondo de los ríos, la reparación de la parte submarina de los buques, las presas, al elevar buques hundidos, las personas tienen que trabajar a diversas profundidades debajo del agua. Con este fin se utilizan los *trajes de buzo* (fig. 328). Dicho traje se confecciona de un tejido cauchotado y se pone sobre ropa de abrigo. Sobre la parte superior del traje se enrosca un casco de metal, con mirillas de vidrio grueso. Las botas del buzo tienen suelas de plomo y sobre el pecho y la espalda se suspenden cargas de ese mismo metal, ya que de otra forma el buzo no podría sumergirse en el agua con su traje. Por una manga se transmite ininterrumpidamente aire al casco para la manutención de la respiración. No obstante, la manga molesta a los movimientos del buzo y reduce la distancia a la que puede alejarse del lugar de sumersión. A una profundidad hasta de 90 m, los buzos pueden sumergirse bajo el agua teniendo consigo una reserva de aire bombeada en resistentes depósitos de acero. Semejante equipo recibe el nombre de *escafandra autónoma* (véase la lámina en colores III). Los deportistas nadadores hacen uso de semejante dispositivo.

Para investigar los mares a grandes profundidades se utilizan las *batisferas* (véase la lámina en colores III) y los *batiscafos* (fig. 329). Las batisferas se sumergen en el mar suspendidas por un cable de acero de un buque especial. El batiscafo no está ligado mediante un cable con el buque, tiene su propio motor y puede desplazarse a gran profundidad en cualquier dirección.

6. Máquinas e instrumentos neumáticos

La propiedad de los gases de transmitir la presión se utiliza en la técnica en diversos instrumentos y máquinas neumáticos.



Fig. 330

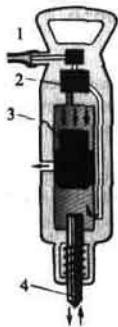


Fig. 331

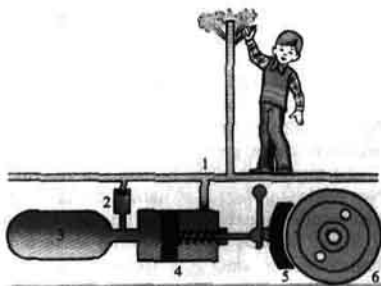


Fig. 332

Por ejemplo, el aire comprimido se emplea para poner en funcionamiento los martillos de remachar y picador (fig. 330).

En la fig. 331 se muestra el esquema de la estructura de un martillo picador. El aire comprimido se alimenta por la manga 1. El dispositivo especial 2, llamado distribuidor, lo dirige sucesivamente a las partes superior e inferior del cilindro. Por esta causa, el aire presiona sobre el émbolo 3 por uno y otro lado, lo que conduce al rápido movimiento de vaivén del émbolo y del percutor 4 del martillo. Dicho percutor aplica golpes que se repiten con rapidez y se introduce en el terreno o en el carbón y arranca trozos de éstos.

También hay sopletes de arena, que proporcionan un fuerte chorro de aire mezclado con arena. Son utilizados para limpiar las paredes. Con frecuencia podemos ver el funcionamiento de aparatos especiales empleados para pintar las paredes, en los que la pintura se pulveriza mediante el aire comprimido.

Con aire comprimido se abren las puertas de los vagones de los trenes del metro y de los trolebuses.

En la fig. 332 vemos el esquema de la estructura del freno neumático de un vagón del ferrocarril. Cuando la tubería 1, el cilindro de freno 4 y el receptáculo 3 están llenos de aire comprimido, su presión sobre el pistón del cilindro de freno a la derecha y la izquierda es igual, las zapatas de freno 5 no hacen contacto con la rueda 6.

Al abrir el freno de alarma, el aire comprimido sale de la tubería maestra, debido a lo cual la presión en la parte derecha del cilindro de freno disminuye. El aire comprimido que contienen la parte izquierda del cilindro de freno y el receptáculo, no puede salir ya que a esto obstaculiza la válvula 2. Por el efecto del aire comprimido el pistón del cilindro de freno se desplaza a la derecha, apretando la zapata de freno a la corona de la rueda, a causa de lo cual se realiza el frenaje.

Cuando la tubería maestra se llena de aire comprimido las zapatas de freno se separan de las ruedas por medio de muelles.

7.

Historia del descubrimiento de la presión atmosférica

El estudio de la presión atmosférica tiene una historia considerable y aleccionadora. Lo mismo que otros muchos descubrimientos científicos, éste está ligado íntimamente con las necesidades prácticas de la gente.

La estructura de la bomba era ya conocida en la más remota antigüedad. No obstante, tanto el sabio de la Grecia antigua Aristóteles, como sus sucesores explicaban el movimiento del agua tras el pistón por el tubo, por el hecho de que la naturaleza "teme a los vacíos". La causa real de este fenómeno, es decir, la presión de la atmósfera, les era desconocida.

A finales de la primera mitad del siglo XVII se construían en Florencia—rica ciudad comercial en Italia—las llamadas bombas de aspiración. La estructura de semejantes bombas es sencilla: consta de un tubo dispuesto en dirección vertical, dentro del cual hay un pistón. Cuando éste se desplaza hacia arriba, detrás de él sube el agua, lo mismo que en el experimento representado en la fig. 112. Con ayuda de estas bombas querían elevar el agua a gran altura, pero las bombas se "negaron" a realizar tal trabajo. Se dirigieron a Galileo. Éste examinó las bombas y llegó a la conclusión de que estaban en buen estado. El sabio se ocupó de este problema e indicó que dichas bombas no podían elevar el agua a una altura que superase 18 codos italianos (unos 10 m). Pero solucionar el problema hasta el fin no le dio tiempo.

Después de la muerte de Galileo continuó estas investigaciones científicas su alumno—Torricelli, que también se ocupó del estudio del fenómeno de elevación del agua tras el pistón por el tubo de la bomba. Para el experimento, Torricelli propuso utilizar un largo tubo de vidrio y en lugar de agua, mercurio. Por primera vez este experimento fue realizado por su alumno Viviani en 1643 (§ 48).

Reflexionando sobre este experimento, Torricelli llegó a la conclusión de que la causa real de elevación del mercurio es la presión del aire y no "el miedo al vacío". Semejante presión es producida por el aire con su peso. (Que el aire tiene peso, ya había sido demostrado por Galileo.)

Acerca de los experimentos de Torricelli se enteró el científico francés Pascal. Él repitió el experimento de Torricelli tanto con agua, como con mercurio. Sin embargo, Pascal consideraba que para la demostración definitiva del hecho de la existencia de la presión atmosférica, es preciso realizar el experimento de Torricelli una vez junto al pie de una montaña y otra vez, en su cúspide, midiendo en los dos casos la altura de la columna de mercurio en el tubo. Si en la cúspide de la montaña la altura de la columna de mercurio resultase menor que a su pie, de aquí se podría deducir que el mercurio se mantiene en realidad en el tubo por la presión atmosférica.

"Es fácil comprender,—decía Pascal,—que junto al pie de la montaña el aire ejerce mayor presión que en la cúspide, además, no hay fundamento alguno para suponer que la naturaleza tiene más miedo al vacío abajo que arriba".

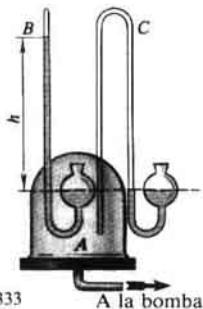


Fig. 333

A la bomba

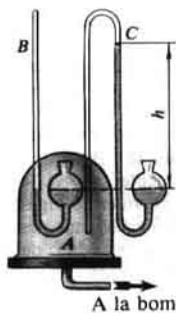


Fig. 334

A la bomba

Semejante experimento fue realizado y mostró que la presión del aire en la cúspide de la montaña, donde se efectuaba el experimento, era casi 100 mm Hg menor que al pie de ella. Pero Pascal no se limitó a realizar este experimento. Con el fin de demostrar que la columna de mercurio en el experimento de Torricelli se mantiene por la presión atmosférica, Pascal realizó otro experimento que de modo pintoresco llamó demostración del vacío en el vacío.

En la actualidad, este experimento de Pascal puede ser realizado con el instrumento representado en la fig. 333, donde A es un sólido recipiente de vidrio al que entran y están soldados dos tubos: uno del barómetro B, el otro (tubo con los extremos abiertos), desde el barómetro C.

El instrumento se instala en el plato de una bomba de aire. Al comenzar el experimento la presión en el recipiente A es igual a la atmosférica y se mide por la diferencia de alturas h de las columnas de mercurio en el barómetro B. En lo que atañe al barómetro C, el mercurio queda a un mismo nivel. Seguidamente, del recipiente A se extrae el aire con la bomba. A medida que el aire se extrae, el nivel del mercurio en el barómetro B baja, mientras que en el codo izquierdo del barómetro C, sube. Cuando del recipiente A se haya extraído por completo el aire, el nivel de mercurio en el tubo estrecho del barómetro B bajará y se igualará con el nivel del mercurio en su codo ancho. En lo que respecta al tubo del barómetro C, bajo la acción de la presión atmosférica, el mercurio sube hasta una altura h (fig. 334). Mediante este experimento, Pascal demostró una vez más la existencia de la presión atmosférica.

Con sus experimentos, Pascal rebatió definitivamente la teoría de Aristóteles acerca del "miedo al vacío" y de forma convincente confirmó la existencia de la presión atmosférica.

8.

Leyenda sobre Arquímedes

Existe la leyenda acerca de cómo Arquímedes llegó al descubrimiento de que la fuerza de empuje es igual al peso del líquido en el volumen del cuerpo. Él reflexionaba sobre el problema que

le fue planteado por el rey de Siracusa, Hierón (250 años antes de nuestra era).

El rey Hierón le encargó comprobar la honradez del joyero que había hecho para él una corona de oro. A pesar de que la corona pesaba tanto como fue dado oro para su fabricación, el rey sospechaba que estaba hecha de una aleación de oro con otros metales más baratos. Arquímedes debería determinar, sin destruir la corona, si en ella había impurezas o no.

Ciertamente no se conoce qué método empleó Arquímedes, pero podemos suponer lo siguiente. Primero él determinó que un trozo de oro puro es 19,3 veces más pesado que este mismo volumen de agua. Con otras palabras, la densidad del oro es 19,3 veces mayor que la del agua.

Arquímedes sólo tenía que determinar la densidad de la sustancia de la corona. Si dicha densidad resultara ser mayor que la del agua no 19,3 veces, sino un número menor de veces, esto significaría que la corona estaba hecha de oro no puro.

Pesar la corona fue fácil, pero ¿cómo hallar su volumen? Esto era lo que preocupaba a Arquímedes, ya que la corona tenía complicada forma. Muchos días reflexionó Arquímedes sobre este problema. Pero, en una ocasión, cuando se encontraba en el baño y se metió en la bañera llena de agua, de golpe le surgió una idea que ofrecía la solución del problema. Lleno de júbilo y exitado por su descubrimiento, Arquímedes exclamó: "¡Eureka! ¡Eureka!", lo que significa: ¡Lo he encontrado! ¡Lo he encontrado!".

Arquímedes pesó la corona primero en el aire y después en el agua. Según la diferencia en el peso, él calculó la fuerza de empuje, igual al peso del agua en el volumen de la corona. Después determinó el volumen de la corona y ya pudo determinar la densidad de ésta. Conociendo la densidad de la corona ya era posible responder a la pregunta del rey: ¿hay o no mezclas de metales más baratos en la corona de oro?

La leyenda relata que la densidad de la sustancia de la corona resultó ser menor que la del oro puro. De este modo el joyero fue desenmascarado y las ciencias se enriquecieron con un nuevo y magnífico descubrimiento.

Los historiadores cuentan que el problema sobre la corona de oro, despertó en Arquímedes el deseo de ocuparse del problema sobre la flotación de los cuerpos. Como resultado de dichas investigaciones, apareció la eminente obra "Los cuerpos flotantes" que ha llegado hasta nuestros días.

La séptima proposición (teorema) de esta obra, fue formulada por Arquímedes de la forma siguiente:

Los cuerpos más pesados que un líquido, al ser alojados en él, se sumergen a profundidad creciente hasta alcanzar el fondo y, estando en el líquido, pierden en su peso tanto como pesa el líquido tomado en el volumen del cuerpo.

Ejercicios
69

Supongamos que la corona de oro del rey Hierón pesa en el aire 20 N y en agua 18,75 N. Calculad la densidad de la sustancia de la corona.

Suponiendo que al oro en la corona sólo se mezcló plata, determinad cuánto oro y cuánta plata hay en la corona.

Al resolver el problema, es necesario redondear la densidad del oro, considerándola igual a $20\,000\text{ kg/m}^3$, la de la plata $10\,000\text{ kg/m}^3$.

9.

Energía del agua y el viento en movimiento. Motores hidráulicos y eólicos

Todo cuerpo elevado sobre la Tierra posee energía potencial. En el mismo grado, esto se refiere al agua. Por ejemplo, 1 m^3 de agua a una altura de 50 m tiene una energía potencial:

$$E_p = 9,8 \text{ N/kg} \cdot 1000 \text{ kg} \cdot 50 \text{ m} \approx 500\,000 \text{ J} = 500 \text{ kJ.}$$

Durante la caída del agua desde dicha altura, se realiza el trabajo $A = 500 \text{ kJ}$.

Pero en la naturaleza se tropieza rara vez con grandes cataratas. Con la mayor frecuencia el curso de los ríos tiene pequeña inclinación. En semejantes casos, a fin de crear la presión necesaria para el funcionamiento de los motores hidráulicos, es preciso elevar artificialmente el nivel del agua en los ríos por medio de presas. A cuenta de la energía del agua elevada los motores hidráulicos pueden realizar trabajo mecánico.

Uno de los motores más sencillos y antiguos, es la *noria*. Los motores hidráulicos más perfectos son las *turbinas hidráulicas*. En éstas, el agua cede su energía a la rueda, animando el movimiento de las paletas de la turbina. La rueda de trabajo (rodete) de la turbina está unida con el árbol del generador eléctrico, donde se produce la energía eléctrica. En la lámina en colores VIII se muestra el esquema de una central hidroeléctrica.

Los motores eólicos emplean la energía del aire en movimiento, es decir, el viento. A veces, la energía del viento recibe el nombre de "carbón azul".

El viento es una fuente de barata energía, pero esta fuente de energía es muy inconstante, en esto consiste su incomodidad.

Los motores eólicos eran conocidos en los más remotos tiempos. En la fig. 335 se muestra un motor moderno eólico de bastante potencia.

Las masas de aire en movimiento ejercen presión sobre los planos inclinados de las paletas de dichos motores y los ponen en movimiento. Con ayuda de un sistema de transmisiones, el movimiento rotativo de las paletas se transmite a los mecanismos que realizan cierto trabajo.

Los motores eólicos se utilizan para la elevación del agua de los pozos, para alimentar el agua a las torres de distribución; en los sovjoses, koljoses, en las estaciones del ferrocarril, para la obtención de energía eléctrica, etc. Para estos fines, la potencia de los motores eólicos es suficiente. A una velocidad del viento de 5 m/s un motor eólico, cuya rueda tiene un diámetro de 12 m, desarrolla una potencia de 3300 W (teniendo un rendimiento del 35%). Pero siendo la velocidad del viento de 10 m/s y el diámetro de la rueda 30 m, la potencia que desarrolla el motor alcanza 110 000 W.

Claro está, desde el punto de vista económico es ventajoso utilizar los motores eólicos allí donde los vientos son frecuentes y fuertes. Por ejemplo, en la cuenca del Volga, Kazajstán, en Altai, semejantes instalaciones funcionan con eficacia 200-300 días al año. Es ventajosa su utilización en regiones alejadas, a las que no llega la energía de las centrales eléctricas y donde es difícil llevar el combustible, por ejemplo, en las expediciones lejanas y alpinas.

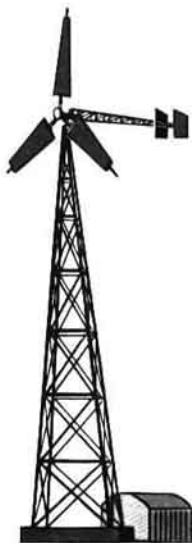


Fig. 335

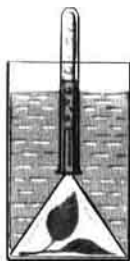


Fig. 336

10. Empleo de la energía solar en la Tierra

La fuente de la mayor parte de la energía que emplea el hombre es el Sol. A cuenta de la energía solar se mantiene en la Tierra una temperatura media anual de unos 15°C .

La potencia de la radiación solar, que incide sobre toda la superficie de la Tierra, es tan grande que para su sustitución serían necesarios 30 millones de potentes centrales eléctricas.

¡Es difícil imaginarse lo que ocurriría en la Tierra si el Sol no iluminara cada día nuestro planeta! En la Tierra existen lugares poco calentados por el Sol. Estas regiones son el Ártico y el Antártico. En ellas hace mucho frío, la nieve y el hielo se mantienen eternamente.

Además del calentamiento, vemos en el globo terráqueo otras huellas de la influencia de la radiación solar. El agua de los mares, los lagos y ríos se evapora, asciende y se condensa en las nubes, se transmite por el viento a diversos lugares de la Tierra y en forma de precipitaciones cae a nuestro planeta. Estas precipitaciones alimentan los ríos, que de nuevo fluyen a los mares y océanos. El gran ciclo ininterrumpido del agua en nuestro planeta se realiza a cuenta de la energía del Sol.

Debido al calentamiento irregular de la superficie de la Tierra por el Sol, surgen los vientos. Por el efecto de éstos y la humedad que ellos llevan se destruyen gradualmente gigantescos macizos montañosos.

Toda la vida en la Tierra —la de las plantas y los animales— depende del Sol. En los vegetales transcurre la transformación de la energía solar en energía química. Con el fin de comprender este fenómeno, hagamos un experimento.

Un embudo invertido se ubica en un vaso con agua. En el embudo se encuentra una hoja de una planta rodeada de aire. Si ésta se encuentra iluminada por el Sol, podemos advertir que del embudo sale oxígeno (fig. 336). ¿Cómo explicar este fenómeno? En la hoja verde de la planta penetran moléculas de bióxido carbónico (IV), que siempre hay en el aire. Como resultado de una reacción química en la que intervienen el bióxido carbónico (IV) y el agua, que contiene la hoja, se forman moléculas de oxígeno y sustancia orgánica. El oxígeno se desprende al medio ambiente, mientras que la sustancia orgánica que contiene carbono, queda en la hoja de la planta.

Pero como ya sabemos, para la descomposición de las moléculas en átomos, hay que consumir energía (§ 81). ¿De dónde se toma esa energía? Si realizamos el experimento descrito más arriba, sin iluminar la hoja de la planta con el Sol, la reacción química no se producirá. Esto quiere decir que la descomposición del bióxido de carbono (IV), en la hoja verde de la planta, transcurre gracias a la energía solar.

Una de nuestras fuentes principales de energía, el carbón de piedra, está constituida por los restos fosilizados de los bosques que en tiempos remotos crecían impetuosamente en los grandes espacios de nuestro planeta. En ellos está acumulada la energía del Sol.

En los pantanos se crean capas de turba de los vegetales desaparecidos, que extensamente se emplea como combustible.

La energía de los animales, que se alimentan de vegetales, y la del hombre, todo esto son transformaciones de la energía solar.

Hace muy poco la humanidad ha aprendido a utilizar una fuente adicional de energía en la Tierra, es decir, la energía atómica, que directamente no está ligada con nuestro Astro.

11. **Cuerpos amorfos. Fusión de los cuerpos amorfos**

Hay un singular tipo de cuerpos que también suelen ser llamados sólidos. Son los *cuerpos amorfos*. En condiciones naturales los cuerpos amorfos no tienen forma geométrica correcta.

Entre los cuerpos amorfos podemos enumerar: la resina sólida (alquitrán, colofonia), el vidrio, lacre, ebonita, diversos plásticos.

Por muchas de sus propiedades físicas e incluso por su estructura interior, los cuerpos amorfos son más próximos a los líquidos que a los sólidos.

Un trozo de resina sólida se fragmenta al ser golpeado, es decir, se comporta como un cuerpo frágil, pero al mismo tiempo revela también propiedades propias de los líquidos. Los trozos sólidos de resina fluyen lentamente por un plano horizontal y cuando se encuentran en un recipiente, después de cierto tiempo, toman su forma. Según las propiedades descritas

de la resina, podemos tomarla como un líquido muy espeso y viscoso.

El vidrio posee considerable solidez y dureza, o sea, propiedades características de los sólidos. Sin embargo, el vidrio, aunque con gran lentitud, es capaz de fluir como la resina.

A diferencia de los cuerpos cristalinos, en los amorfos los átomos o las moléculas están dispuestos de forma desordenada, como en los líquidos.

Los cuerpos cristalinos sólidos, como vimos anteriormente (§ 84) se funden y solidifican a una temperatura rigurosamente determinada para cada sustancia. Los cuerpos amorfos, por ejemplo la resina, cera, vidrio, se comportan de otra manera completamente diferente. Durante su calentamiento ellos se ablandan de forma gradual y se diluyen, hasta que se convierten en líquidos. Con ello, la temperatura varía constantemente. Durante su solidificación, su temperatura también disminuye de modo ininterrumpido.

Lo mismo que en los líquidos, en los cuerpos amorfos sólidos las moléculas pueden desplazarse libremente unas respecto de otras. Durante el calentamiento del cuerpo amorfo la velocidad de movimiento de las moléculas aumenta, también crece la distancia entre ellas, por lo que los enlaces entre las moléculas se debilitan. Como resultado el cuerpo amorfo se emblandece, se hace fluido.

Durante el enfriamiento de un cuerpo amorfo, todo sucede en orden inverso: la velocidad de las moléculas disminuye, se reduce la distancia entre ellas, mientras que las fuerzas de atracción molecular crecen. Como resultado el cuerpo amorfo se espesa y su fluidez disminuye.

12. Fundición de los metales

La producción de piezas de fundición se basa en la propiedad de los metales de fundirse al calentarlos y solidificarse al enfriarse. Con ayuda de la fundición se producen los artículos más diversos.

Con el fin de obtener por colada de metal cualquier pieza, primero se hace de madera el *modelo* de dicha pieza (fig. 337). A continuación, éste se ubica en un cajón metálico, llamado *caja de moldeo*, ésta se llena de tierra de moldear húmeda (fig. 338). Seguidamente, con precaución el modelo se saca de la caja de moldeo. La tierra de moldear conserva la forma del modelo. Para los modelos complicados, las cajas de moldeo se hacen de dos mitades. Las cajas con la forma del modelo se secan en hornos. Por los orificios que hay en la caja de moldeo a ella se vierte el metal fundido que llena todo el molde preparado para él. Cuando el metal se solidifica, éste se saca de la caja de moldeo. Tomando en consideración que durante la solidificación la mayoría de los metales se comprime, el volumen del molde se hace algo mayor que el de la pieza. A veces, el metal se vierte no en cajas de moldear, sino que en moldes de materiales más refractarios, fabricados de antemano.

En la actualidad, muchos artículos se producen mediante la fundición de plásticos y de piedras. De piedra fundida se fabrican, por ejemplo, tubos, bancadas (bases) de las máquinas herramientas, piezas para la construcción.



Fig. 337

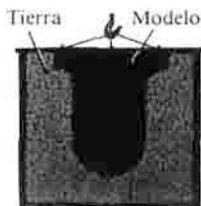


Fig. 338

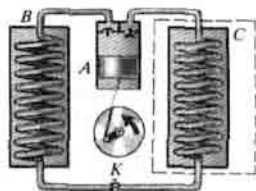


Fig. 339

13. Refrigeradores

El fenómeno del enfriamiento durante la evaporación rápida de los líquidos se utiliza en la práctica, por ejemplo, en las instalaciones refrigeradoras que hay en los vagones para el transporte de *productos perecederos*.

Los vagones se refrigeran evaporando en dispositivos especiales amoníaco líquido o bien ácido carbónico líquido. La evaporación transcurre en serpentines que pasan por una disolución de sal y la enfrían a una temperatura inferior a 0°C . En la disolución de sal se encuentran recipientes llenos de agua. En ellos se forma hielo por ser bañados por la disolución enfriada.

En la actualidad tienen profusa aplicación en la vida doméstica los refrigeradores eléctricos. Examinemos el principio de funcionamiento de un refrigerador de compresión. Él consta de tres partes principales: *el compresor A, el condensador B y el vaporizador C* (fig. 339).

Con el compresor se comprime en el serpentín-condensador cierta sustancia, que con facilidad se transforma del estado gaseoso al líquido y viceversa. Entre estas sustancias figuran: el freón, amoníaco, anhídrido sulfuroso, etc.

Durante la compresión, la sustancia se transforma del estado gaseoso al líquido. Al mismo tiempo, el compresor crea enrarecimiento en el serpentín-vaporizador. Por la válvula de regulación *K*, hacia él tiende la sustancia líquida, que allí se evapora con rapidez. La evaporación va acompañada por la absorción de la energía que ceden las paredes del serpentín, el aire que hace contacto con ellas y, más adelante, los productos que se encuentran en la cámara del refrigerador. Debido a esto, en dicha cámara se reduce la temperatura y los productos se enfrían.

El compresor se pone en funcionamiento con un electromotor.

Problemas para repasar el material

Datos iniciales sobre la estructura de la sustancia

1. ¿En qué fenómeno se basa el remojo de las sardinas saladas? Explicad cómo transcurre la transición de la sal de la sardina al agua.
2. Si colocamos en el microscopio una gota de leche, podremos ver en ella bolitas muy pequeñas de grasa. ¿Por qué estas bolitas están en movimiento desordenado? ¿Por qué al aumentar la temperatura de la leche su movimiento se intensifica?
3. ¿Por qué en un local frío se forma la nata en la leche con mayor rapidez que en un local templado?
4. Para cerrar herméticamente un frasco de vidrio se emplean tapones esmerilados. El tapón y parte del gollete del frasco se pulen minuciosamente en el lugar donde ellos hacen contacto. ¿En qué se basa el empleo de los tapones esmerilados?
5. La ropa interior mojada se tiende en la calle. ¿Por qué después de que aquélla se huela es difícil desdoblarla, doblarla?

Movimiento y fuerzas

6. Un tractor se desplaza por la tierra. ¿Cómo se mueven con relación a ésta la parte superior e inferior de la oruga del tractor?
7. Un niño observaba el trabajo de un leñador que estaba de él 680 m. El sonido del golpe del hacha llegó a oídos del niño 2 s después de éste. De acuerdo con estos datos determinar la velocidad del sonido en el aire.
8. Una liebre recorre la distancia de 60 km durante 1 h, el lobo, durante 1 h 20 min. Calculad y comparad las velocidades de dichos animales.
9. El más rápido de los mamíferos es el guepardo. A cortas distancias puede desarrollar una velocidad de 112 km/h. Comparad la velocidad del guepardo con la de un automóvil, igual a 30 m/s.
10. La primera velocidad cósmica (es decir, la que debe tener un cuerpo para convertirse en satélite artificial de la Tierra) es igual a 8 km/s. ¿Qué distancia recorrerá un cohete que vuela a esa velocidad durante 1 min?
11. En 1937 el avión soviético AHT-25 (la tripulación de V. P. Chkátov) realizó un vuelo sin escala de Moscú a los EE. UU. En el transcurso de 63 h 16 min recorrió 9130 km. Hallad la velocidad media de vuelo.
12. Un cohete cósmico soviético en vuelo desde la Tierra hasta la Luna recorrió una distancia de 410000 km durante 38,5 h. Determinad la velocidad media del cohete.
13. Una motonave recorrió en los primeros 5 min 2 km, en los siguientes 12 min, 5,5 km y en los últimos 3 min, 900 m. ¿Podemos llamar semejante movimiento uniforme? Determinad su velocidad media durante todo el tiempo de movimiento.
14. La Tierra gira alrededor del Sol a una velocidad media de 30 km/s. ¿Qué recorrida realiza la Tierra por su órbita durante 1 min y durante 1 h?
15. Con el fin de que el mercurio en un termómetro médico descienda, éste se "sacude", es decir, se desplaza hacia abajo y se para bruscamente. ¿Cuál es la causa del descenso del mercurio?
16. Todos los granitos de una muela de esmerilar se mueven junto con ella por circunferencias. Pero en cuanto el granito se separa de la muela su movimiento se convierte en rectilíneo (fig. 340). ¿Por qué?
17. ¿Con qué objeto se realiza la carrera preliminar durante los saltos de longitud?
18. Durante la interacción de dos carritos (fig. 41) la velocidad de uno de ellos varió en 1 m/s, mientras que la del otro, en 50 cm/s. ¿Cuál de los carritos tiene mayor masa y cuántas veces mayor?
19. Una bala de 10 g de masa salió de una metralleta a una velocidad de

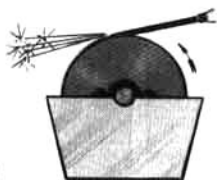


Fig. 340

Fig. 341



700 m/s. Debido a la repercusión, el arma adquirió una velocidad de 1,6 m/s. ¿Cuál es la masa de la metralleta?

20. Una molécula de hidrógeno chocó con una molécula de vapor de agua. ¿En cuál de las moléculas varió con ello la velocidad en mayor grado? ¿En cuántas veces?

21. En la fig. 341 están representadas barretas fabricadas de cobre, aluminio, plomo, oro y estaño. Haciendo uso de la tabla de densidades determinada de qué sustancia está hecha cada barreta.

22. En una probeta graduada se han echado 100 g de agua. Mediante esa misma probeta graduada se han medido iguales masas de queroseno, aceite para máquinas, ácido sulfúrico. Haced un dibujo y marcad en él los niveles hasta los que se vertieron estos líquidos en la probeta graduada.

23. La longitud de una barreta de afilar es igual a 30 cm, su anchura, 5 cm y su grosor, 2 cm. La masa de la barreta es de 690 g. Determinad la densidad de la sustancia de la que está hecha la barreta (en kg/m^3 y g/cm^3).

24. En un acuario de 40 cm de longitud y de 20 cm de anchura se ha echado agua hasta una altura de 35 cm. Determinad la masa del agua en el acuario. ¿Qué masa tendrá ese mismo volumen de aceite para máquinas?

25. ¿Cuántos vagones cisterna harán falta para transportar 200 t de petróleo si el volumen de cada uno de ellos es de 50 m^3 ?

26. Un vaso puede contener 250 g de agua. ¿Cual será la masa de miel vertida en este vaso?

27. La masa de una botella vacía es igual a 460 g. La masa de esta misma botella llena de agua es de 960 g, mientras que llena de aceite de girasol, 920 g. De acuerdo con estos datos determinad la densidad del aceite de girasol. (Considerar conocida la densidad del agua.)

28. La masa de una pieza de aluminio es igual a 300 g, su volumen, 150 cm^3 . ¿Hay en esta pieza huecos?

29. Determinad el valor de la división para cada una de las probetas graduadas que nos ofrece la fig. 342. ¿Qué volúmenes de agua están vertidos en cada una de las probetas? ¿A qué es igual la masa del agua en las probetas?

30. Durante la fabricación de una bombilla eléctrica, de ella fue extraído el aire de forma que la masa del que quedó en la lámpara resultó 8 millones de veces menor que la masa inicial de aire. ¿Cómo varió la densidad del aire? ¿Cómo varió el número de moléculas por unidad de su volumen?

31. La superficie de la cera líquida que se encuentra en un bote es horizontal. Después de su solidificación en ella se creó un cráter. ¿Cómo varió con ello el volumen de la cera, su masa y densidad? ¿Cómo varió el número de moléculas de la cera por unidad de volumen?

32. La masa de una de las mayores ballenas cazadas durante su pesca era igual a 150 t. ¿Cuál será la fuerza de la gravedad que actúa sobre semejante ballena¹⁾?

33. El ave más grande del mundo es el avestruz africano; su masa alcanza 90 kg. Determinad el peso del avestruz y comparadlo con el del pajarito más pequeño, el colibrí, cuya masa es igual a 2 g.

34. Una niña compró 0,75 l de aceite de girasol. ¿Cuál es la masa de dicho aceite y su peso? (La densidad del aceite de girasol es igual a $0,926 \text{ g/cm}^3$.)

35. Representad con una gráfica las fuerzas que actúan sobre la tabla (fig. 51), si

¹⁾ Para los cálculos tomar $g = 10 \text{ N/kg}$.

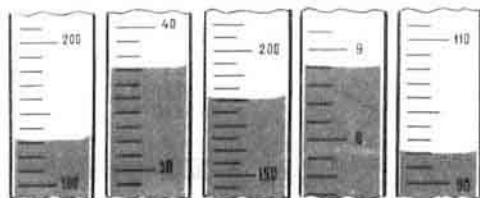


Fig. 342



Fig. 343

la masa del niño que está sentado en ella es igual a 40 kg.

36. Un ladrillo de 4 kg de masa está sobre la mesa. Calculad la fuerza de la gravedad que actúa sobre el ladrillo. En una gráfica representad la fuerza de la gravedad, el peso del ladrillo y la fuerza elástica de la mesa en una escala de 1 cm - 10 N. ¿Cuál de estas fuerzas variará si apretamos sobre el ladrillo con la mano?

37. La fuerza de tracción de un automóvil es igual a 1000 N, la fuerza de resistencia a su movimiento, 700 N. Determinad la resultante de estas fuerzas.

38. Un obrero, cuya masa es de 70 kg, sujeta una carga de 40 kg de masa. ¿Con qué fuerza presiona él sobre la tierra? Representad esto en una gráfica.

39. ¿Para qué sirven las entalladuras en las quijadas de un tornillo y en los alicates?

40. ¿Por qué durante el rectificado de superficies rozantes el rozamiento entre ellas primero disminuye y después de nuevo crece?

41. ¿Por qué las ruedas de un automóvil cargado patinan por una carrera resbaladiza menos que las de un camión vacío?

42. ¿Por qué hay que proteger el freno de un automóvil o una motocicleta contra la penetración del aceite?

43. Sabemos que entre las moléculas actúan las fuerzas de atracción. ¿Por qué dos moléculas de gas al chocar no se adhieren, sino que se separan y vuelan en direcciones opuestas?

44. ¿Por qué en calidad de aleaciones para soldar o pegamentos se utilizan sustancias en estado líquido?

45. Indicad cuál de las fuerzas (de la gravedad, elástica, de rozamiento) actúa en los siguientes casos: a) el agua cae de un presa, b) un automóvil se para durante el frenaje, c) un balón de caucho rebota de la pared, d) el agua fluye por el río, e) en el dedo de una persona queda una huella de la chinche que ella introduce en la pared, f) las suelas de los zapatos se desgastan, g) el muelle de un dinamómetro se alarga cuando de él se cuelga una carga.

46. Dos hombres cavan la tierra con palas de diferente forma (fig. 343). ¿A cuál de ellos le es más fácil trabajar?



Fig. 344

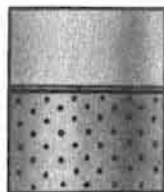


Fig. 345

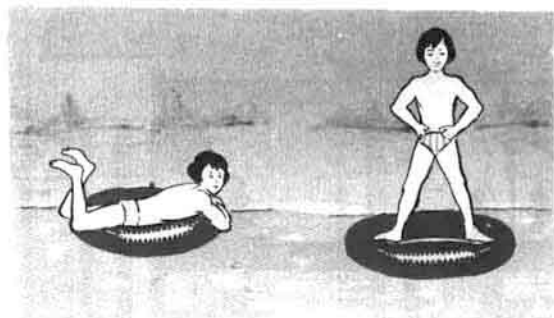


Fig. 346

47. ¿En qué las correas de la mochila se hacen anchas?
48. ¿En qué se basa el procedimiento, empleado para salvar a un hombre que se ha hundido bajo el hielo, mostrado en la fig. 344?
49. ¿A qué es igual la presión sobre los carriles de un vagón de cuatro ejes de 60 t de masa si el área de contacto de una rueda con el carril es igual a 10 cm^2 ?
50. Un deportista, cuya masa es de 80 kg, se desliza sobre patines. ¿Qué presión ejerce sobre el hielo si la longitud de un patin es de 40 cm, la anchura de su cuchilla es igual a 3 mm?
51. Un carro de combate pesado, que se desplaza por una carretera asfaltada, no destruye el asfalto. ¿Por qué el mismo aplasta un ladrillo que va a parar bajo su oruga?
52. Una avispa clava su aguijón con una fuerza de 0,00001 N. ¿Por qué, actuando con tan pequeña fuerza, ella perfora el pellejo de los animales? ¿Qué presión ejerce el aguijón sobre el pellejo, si el área de su punta es igual a $0,000\,000\,000\,003 \text{ cm}^2$?
53. Un recipiente está dividido con un tabique por la mitad (fig. 345). En su parte inferior se encuentra un gas. ¿Qué sucederá con el gas si en el tabique se practica un orificio? ¿Cómo variarán con ello la masa del gas, su densidad y presión?

Presión de los líquidos y los gases

54. Un hombre puede estar acostado sobre una cámara de automóvil llena de aire. Sin embargo, si este mismo hombre se pone de pie sobre ella, la cámara puede reventar (fig. 346). ¿Por qué? ¿Es obligatorio que la cámara reviente allí donde sobre ella presiona el pie del hombre?
55. Dos buzos se encuentran en el fondo de un lago (fig. 347), ¿qué presión sentirán igual o diferente?
56. La altura de una probeta graduada es igual a 20 cm. Sucesivamente se llena de agua, queroseno y aceite para máquinas. Determinad la presión sobre el fondo ejercida por cada uno de los líquidos.
57. La altura del edificio de la Universidad de Moscú es igual a 180 m. ¿Cuál es la diferencia de la presión del agua en los grifos que se encuentran en la planta más baja y más alta?
58. Durante la aspiración profunda, entran en los pulmones de un adulto cerca de 4 dm^3 de aire. Determinad la masa de esa cantidad de aire.
59. Determinad la masa de aire en el volumen de vuestra habitación. ¿Cuál es el peso de esa cantidad de aire?
60. ¿Es posible realizar el experimento de Torricelli con un tubo de vidrio de

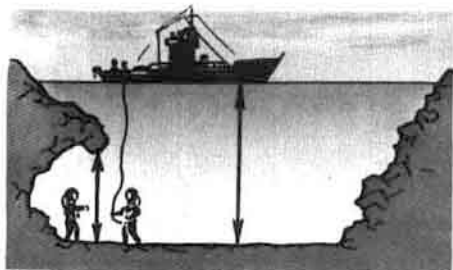


Fig. 347

una longitud menor que 1 m y mayor que 1 m?

61. Si a los labios aplicamos estrechamente una hoja de arce y aspiramos con rapidez el aire, dicha hoja se rompe. ¿Qué fuerza hace que la hoja se rompa?

62. Para que el aceite salga de la aceitera hay que presionar sobre su fondo con el dedo (fig. 348). ¿Por qué? ¿Qué papel juega aquí la presión atmosférica? ¿Desempeña aquí alguna función la ley de Pascal?

63. ¿En qué se basa la aspiración del agua con un tubo de cristal (fig. 349)? ¿Durante la aspiración puede elevarse el agua a una altura de 1 m? ¿5 m? ¿10 m? Fundamentad la respuesta.

64. En los aviones que vuelan a grandes alturas, así como en las naves cósmicas, las portezuelas y ventanillas no dejan pasar el aire (son herméticas). ¿Para qué es necesaria semejante hermeticidad?

65. Determinad en la fig. 350 cuánto se diferencia de la presión atmosférica la del gas en los recipientes A, B, C, medida con un manómetro de mercurio. Indicad las posibles causas de que la presión en los recipientes no es igual a la atmosférica. La explicación debe basarse en los conocimientos acerca de la estructura molecular de la sustancia.

66. Calculad la altura aproximada de la torre de televisión de Ostánkino. La presión atmosférica junto a su base y en su cúspide se determina a base de los datos expuestos en la fig. 351.

67. Dos cuerpos de diferente volumen se encuentran en un líquido a distinta profundidad. ¿Son iguales las fuerzas de empuje que actúan sobre estos cuerpos? (A causa de la compresibilidad insignificante del líquido, la densidad de éste se considera igual por toda su altura.)

68. En el fondo de un acuario se encuentra una piedra totalmente sumergida en el agua. ¿Variará la fuerza de empuje que actúa sobre la piedra si añadimos agua en el acuario (fig. 352)?

69. Un trozo de un carril de acero yace en el fondo de un río. Aquél fue levantado e instalado de modo vertical (fig. 353). ¿Varió, en este caso, la fuerza de



Fig. 348



Fig. 349

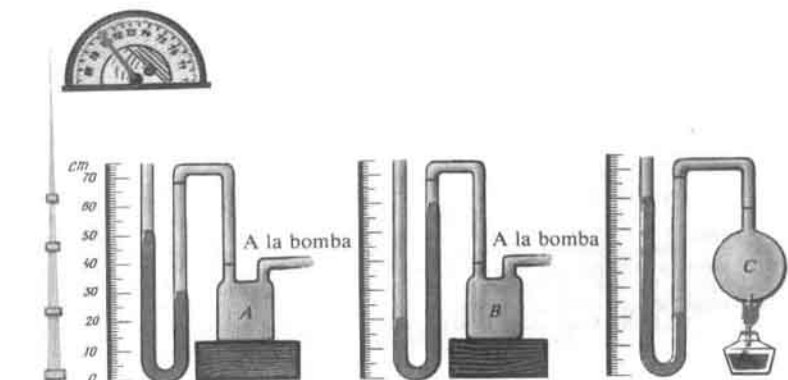


Fig. 350



Fig. 352

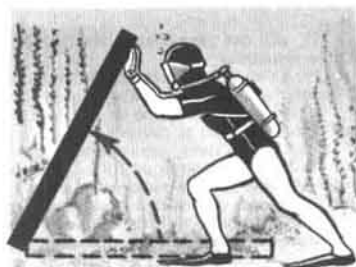


Fig. 353



Fig. 351

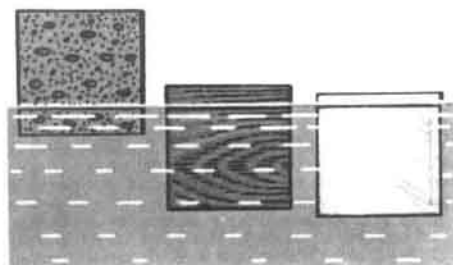


Fig. 354

empuje que obra sobre él? ¿Variará dicha fuerza si al levantarlo parte del carril sobresale del agua?

70. Un cuerpo flota en agua dulce, sumergido en ella por completo. ¿Cómo se comportará ese cuerpo en queroseno? ¿en agua salada?

71. En la fig. 354 vemos tres barretas que flotan en agua dulce. Determinad cuál de estas barretas está hecha de corcho, cuál de hielo, cuál de madera. Fundamentad la respuesta.

72. El flotador está hecho de madera cuya densidad es dos veces menor que la del agua. ¿Cómo se dispondrá este flotador en el agua? Haced un dibujo.

73. Las masas de un ladrillo y un trozo de hierro son iguales. ¿Cuál de estos cuerpos se mantiene con mayor facilidad en el agua? ¿Por qué?

74. Determinad la fuerza de empuje que actúa sobre un cuerpo de 10 cm^3 de volumen sumergido en el agua, en queroseno, en mercurio.

75. Una cadena aguanta una carga de 70 kN. ¿Podrá aguantar esa misma cadena debajo del agua una plancha de granito de 4 m^3 de volumen?

76. Haciendo uso de la tabla de densidades, indicad qué sustancias flotan en el agua y cuáles se hunden en ella. Fundamentad la respuesta.

77. El área de la sección de una motonave al nivel del agua en un río es de 5400 m^2 . A causa de la carga admitida el calado del buque aumentó 40 cm. Determinad el peso de la carga.

Trabajo y potencia. Energía

78. ¿En qué caso el alpinista (fig. 355) realiza trabajo y en cuál no? Fundamentad la respuesta.

79. La cuchilla de una cepilladora actúa sobre la pieza con una fuerza de 750 N. ¿A qué será igual el trabajo que efectúa la cuchilla al desplazarse 120 cm?

80. Al elevar un cuerpo de 15 kg de masa se ha realizado un trabajo de 60 J. ¿A qué altura se elevó el cuerpo?

81. Un deportista, cuya masa es igual a 70 kg, realiza un salto a una altura de 200 cm en el transcurso de 0,4 s. ¿Qué potencia desarrolla en este caso?

82. Un niño, cuya masa es igual a 40 kg, subió a la segunda planta de una casa (fig. 356) que se encuentra a la altura de 8 m. ¿A qué es igual el trabajo realizado por el niño? ¿Depende el trabajo que él verificó de si subió corriendo o al paso? ¿Depende de esto la potencia desarrollada?

83. Una potente grúa de torre puede subir una carga de 5 t de masa. ¿Si para elevar dicha carga el motor de la grúa desarrolla una potencia de 30 kW, en el transcurso de qué tiempo la carga será subida a una altura de 20 m?

84. La palanca representada en la fig. 357, a está en equilibrio. ¿Quedará ella en ese estado si de ella se suspenden dos cargas iguales como se muestra en la fig. 357, b? ¿Seguirá estando en equilibrio la palanca si estas dos cargas adicionales se suspenden del modo indicado en la fig. 357, c?

85. En la máquina para almiarar, una gavilla de heno de 200 kg de masa se eleva mediante una polea móvil. ¿Qué fuerza se aplica al extremo del cable de elevación? ¿Cuántos metros de cable se enrolla en el tambor al subir el heno a una altura de 7,5 m? El rozamiento no se tiene en cuenta.

86. Cubos con agua están suspendidos de las poleas como se muestra en la fig. 358. Si los cubos están en equilibrio ¿son iguales las masas de agua que hay en ellos?

87. ¿Qué tipos de energía mecánica poseen los siguientes cuerpos: el muelle real de un reloj, al que se ha dado cuerda; un trineo que se desliza de una montaña; el flujo de agua que cae de una presa; un ascensor en movimiento; el chorro de agua que sale de una manga?

88. A una misma altura se encuentran una barreta de madera y otra de hierro de igual tamaño. ¿Cuál de las dos posee mayor energía potencial?

89. ¿Pueden dos cuerpos de distinta masa poseer igual energía cinética? ¿A qué condición?

90. ¿A cuenta de qué energía funciona el reloj de pared de muelle real?

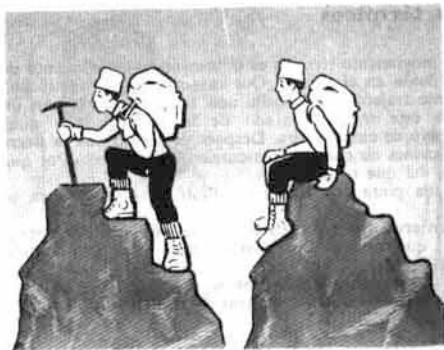


Fig. 355

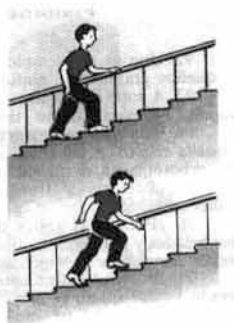
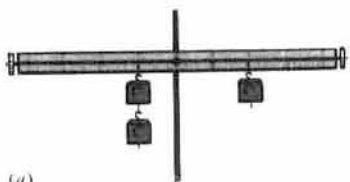
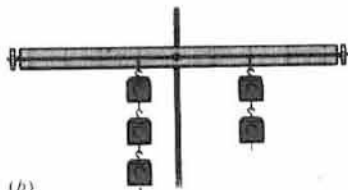


Fig. 356



(a)



(b)

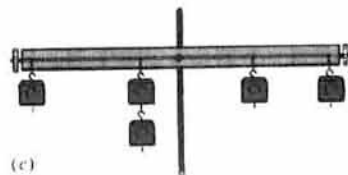


Fig. 357 (c)



Fig. 358

91. Un martillo de forja de 5 t de masa se eleva a 2 m. ¿Qué trabajo se efectúa al elevar el martillo? ¿Qué género de energía posee éste arriba y en el momento del golpe contra la pieza y a qué es igual su energía en dichos momentos?

Fenómenos térmicos

92. Uno de los ejemplos de movimiento térmico es el browniano (movimiento de pequeños granitos de pintura diluida en el agua). ¿Qué rasgos suyos lo certifican?

93. A una habitación caliente trajeron de la calle una botella cerrada con un tapón. Al pasar cierto tiempo éste salió disparado de la botella. ¿Por qué?

94. Una pelota de caucho cayó de cierta altura. Después de chocar con la tierra aquélla rebotó. ¿Qué transformaciones de energía transcurrieron con ello? ¿Por qué no rebotó hasta el mismo nivel del que cayó?

95. ¿Por qué al trabajar una pieza con una lima, tanto una como otra se calientan?

96. ¿Por qué el abrigo de invierno y el gorro de piel protegen al hombre contra las heladas y el intenso calor? ¿A qué temperatura aproximada de calor tiene sentido vestir semejantes vestimentas?

97. ¿Por qué un campo arado se calienta más por la radiación solar que un prado verde? Cómo se desplazan las corrientes convectivas de aire en la divisoria de dichos sectores del terreno?

98. ¿Por qué la cara de un hombre, sentado frente a una estufa encendida, siente de inmediato frescura al cerrar la portezuela de la estufa?

99. Calculad (mentalmente) la cantidad de calor necesaria para calentar en 1°C una masa de agua igual a 3; 4 y 10 kg.

100. ¿Qué cantidad de calor es necesaria para calentar de 20 a 1120°C una pieza de acero de 30 kg de masa?

101. A un cubo se han vertido 5 l de agua fría, a una temperatura de 9°C . ¿Cuánta agua hirviendo hay que añadir al cubo para obtener agua templada a una temperatura de 30°C ?

102. Al trabajar, una broca de acero se ha calentado hasta 100°C . ¿Qué cantidad de calor ha cedido la broca al enfriarse hasta la temperatura inicial si su masa es igual a 90 g? ¿De qué modo aumentó y después disminuyó la energía interna de la broca?

103. Al maquinar una pieza de acero en una rectificadora fue efectuado un trabajo mecánico igual a 575 kJ. El 40% de dicho trabajo sirvió para calentar la pieza, cuya masa es de 10 kg. ¿En cuántos grados se calentó la pieza?

104. Haciendo uso de la tabla donde se indica el poder calorífico de diversos tipos de combustible, calculad (de forma mental) qué cantidad de calor se desprenderá al quemar: a) 2 kg de leña, b) 1,5 kg de carbón pardo, c) 1 t de antracita y d) 500 g de gasolina.

105. Para calentar el agua en un depósito hay que consumir $4,2 \cdot 10^7$ J de energía. ¿Cuánto hay que quemar para este fin: a) carbón vegetal, b) gas natural, c) queroseno?

106. ¿Qué cantidad de calor hay que consumir para convertir 2 kg de hielo a la temperatura de 0°C en agua con una temperatura de 40°C ?

107. ¿Qué cantidad de calor será necesaria para fundir: a) una barreta de estaño de 2 kg de masa, cuya temperatura es de 12°C ; b) un trozo de hielo de 50 g de masa con temperatura de -10°C ?

108. ¿Por qué después de la lluvia hace más fresco?

109. ¿Por qué en la vestimenta de tejido cauchotado se soporta peor el calor que en la vestimenta corriente?

110. La temperatura de un trozo de hielo de 200 g de masa es igual a 0°C . ¿Qué cantidad de calor hay que consumir para derretir el hielo y luego calentar el agua obtenida hasta la ebullición?

111. El vapor de agua, cuya temperatura es de 100°C , se condensa y el agua formada de él se enfría hasta 0°C . ¿Qué cantidad de calor se desprende con ello? La masa del vapor es de 1 kg.

112. ¿Por qué el cilindro de los motores de combustión interna requiere ser refrigerado durante su funcionamiento, mientras que el cilindro en el que se instala la turbina de vapor, no?

113. La locomotora Diesel ТЭ-3 (TE-3) realiza en el transcurso de 1 h un trabajo igual a 800000 de kJ. En el transcurso de dicho tiempo consume 800 kg de



Fig. 359



Fig. 360

combustible para motores Diesel, cuyo poder calorífico es igual a $4 \cdot 10^7$ J/kg. Determinad el rendimiento del motor de la locomotora.

Electricidad

114. Con el fin de transmitir parte de la carga de una varilla de vidrio electrizada a un electroscopio, el escolar toca la bolita del electroscopio con la varilla. Otro alumno desplazó la varilla por la bolita. ¿En qué caso el electroscopio recibe mayor carga? ¿Por qué? Responded a esta pregunta en el caso cuando al electroscopio se transmite la carga con una varilla metálica.

115. Examinad el esquema de la estructura del átomo de litio en la fig. 223. ¿Por qué, a pesar de que su núcleo tiene carga eléctrica, el átomo en su totalidad es neutro?

116. El núcleo del átomo de oxígeno contiene 8 protones y 8 neutrones. ¿Cuántos electrones contiene este átomo? ¿En qué caso el átomo de oxígeno se convierte en un ion negativo?

117. Dos electroscopios están unidos con una varilla metálica. En su centro ésta tiene una manecilla de material aislante (fig. 219, b). ¿Cómo cargar estos electroscopios con cargas opuestas, si sólo se dispone de una varilla cargada? Describid cómo se moverán los electrones durante la carga de los electroscopios.

118. ¿Se podrá obtener un elemento galvánico sumergiendo en una disolución de ácido o de sal dos placas de zinc?

119. En la fig. 359 vemos un circuito eléctrico. Diseñad el esquema. ¿En qué dirección se mueven los electrones por este circuito?

120. Diseñad el esquema de un circuito eléctrico que consta de una batería y de dos bombillas, cada una de las cuales puede ser conectada independientemente de la otra.

121. En una clínica, en la mesa de la enfermera de guardia, hay un timbre eléctrico. Diseñad el esquema del circuito que permita a los enfermos que se encuentran en tres apartamentos conectar el timbre.

122. Examinad el circuito eléctrico representado en la fig. 360. Responded a las preguntas: a) ¿Cuál es la dirección de la corriente en el circuito y el sentido de movimiento de los electrones? b) ¿A qué es igual el valor de la división del amperímetro y cuál es la intensidad de la corriente en el circuito?

123. El paso de la corriente por una disolución de caparrosa azul va acompañada por el desprendimiento en una de las placas de cobre puro, mientras que al circular la corriente por un alambre de cobre no se produce el transporte de este metal? ¿Por qué?

124. Determinad en cuál de los circuitos eléctricos representados en la fig. 361 es mayor la intensidad de la corriente.

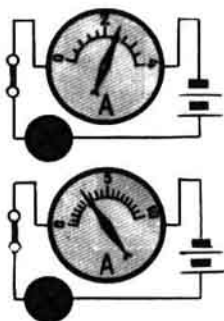


Fig. 361

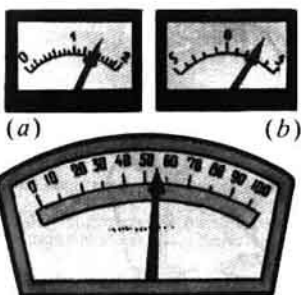


Fig. 362

125. Determinad el valor de la división en cada uno de los amperímetros mostrados en la fig. 362. Determinad las indicaciones de ellos.

126. Hallad en la tabla la resistencia del hierro. Calculad (de forma mental) a qué es igual la resistencia de un alambre de hierro de una sección transversal igual a 1 mm^2 y de una longitud: a) 2 m, b) 10 m, c) 100 m.

127. En una máquina especial, el alambre se trefila de tal forma que su longitud aumenta dos veces y su grosor disminuye igual cantidad de veces. ¿Cómo varía su resistencia a causa del trefilado?

128. Calculad y comparad la resistencia de conductores de aluminio y nicromo, si cada uno de ellos tiene una longitud de 10 m y su sección es igual a $0,2 \text{ mm}^2$.

129. ¿Cuántos metros de alambre de níquelina serán necesarios, siendo su sección $0,2 \text{ mm}^2$, para hacer un reóstato de cursor con una resistencia de 30Ω ?

130. A una misma red se conectan diversos electrodomésticos: una bombilla, un infiernillo, un ventilador, etc. Por todos estos aparatos pasa una corriente de igual intensidad. ¿Por qué?

131. A una red de 120 V de tensión están conectadas una tetera y una lámpara de mesa. La resistencia de la espiral de la tetera es igual a 22Ω , la del filamento de la bombilla, 240Ω . ¿A qué será igual la intensidad de la corriente en uno y otro aparato?

132. Una bombilla eléctrica, cuya resistencia es igual a 240Ω , arde a plena potencia siendo la intensidad de la corriente de 0,5 A. ¿A qué será igual la tensión en los bornes de la bombilla?

133. Determinad la tensión en los extremos de una línea telegráfica de 200 km de longitud, si los cables de ésta son de hierro y tienen una sección de 12 mm^2 . La intensidad de la corriente en los cables es igual a 0,01 A.

134. Dos bombillas, la resistencia de cada una de las cuales es igual a 240Ω , están unidas en serie y conectadas a la red de una tensión de 220 V. ¿A qué será igual la intensidad de la corriente en cada una de las bombillas?

135. Con el fin de hacer una guirnalda para el árbol de Noel, se han tomado bombillas cada una de las cuales tiene una resistencia de 20Ω y está calculada para una intensidad de la corriente de 0,3 A. ¿Cuántas bombillas de este tipo hay que unir en serie en la guirnalda para que ésta pueda ser conectada a la red de 220 V?

136. Dos bombillas eléctricas, cuyas resistencias son iguales a 200 y 300Ω , están unidas en paralelo. Determinad la intensidad de la corriente en la segunda bombilla, si en la primera aquélla es igual a 0,6 A.

137. Determinad la potencia de la corriente en una bombilla eléctrica que con una tensión de 220 V consume una corriente de 0,25 A.

138. Dos bombillas eléctricas de 100 y 25 W están unidas en paralelo y conectadas a una tensión de 220 V. ¿A qué es igual la intensidad de la corriente en

cada bombilla? ¿En cuál de estas bombillas es mayor la resistencia en el filamento?

139. Determinad el costo del trabajo de la corriente durante una hora en los siguientes electrodomésticos: a) en una plancha de 300 W de potencia, b) en una bombilla de 60 W de potencia, c) en un televisor de 220 W de potencia. El precio de 1 kW·h es igual a 4 kopeks.

140. ¿Qué cantidad de calor se desprenderá en el transcurso de 20 min en una tetera eléctrica cuya resistencia es de 100Ω y que está conectada a una red de 220 V? ¿Cuál es la masa del agua vertida en la tetera, si en este intervalo de tiempo se calentó desde 20°C hasta la ebullición?

141. Una bombilla eléctrica de 100 W de potencia está calculada para una tensión de 110 V. Determinad: 1) ¿Cuál será la intensidad de la corriente en el circuito cuando la bombilla está encendida? 2) ¿Qué resistencia adicional será necesaria y cómo habrá que conectarla a la bombilla para emplear ésta en una red de 220 V? 3) La resistencia adicional está hecha de alambre de manganina de 2 mm^2 de sección. ¿Cuál será la longitud del alambre de la resistencia adicional? 4) ¿Qué cantidad de calor se desprenderá en la resistencia adicional durante las 10 h que la bombilla ha estado encendida? 5) ¿Cuánto costará la electricidad al estar encendida la bombilla 30 días, 10 h cada día, con una tarifa de 4 kopeks por 1 kW·h?

142. ¿Cómo separar las limaduras de hierro de las de cobre con ayuda de un imán? ¿Por qué esto se puede hacer?

143. De dos agujas de acero, una de ellas está imantada. ¿Cómo determinar cuál de ellas es la imantada, si disponemos sólo de estas dos agujas?

144. ¿Cómo se comportarán estas agujas, si las ubicamos sobre corchos que flotan en el agua?

145. La aguja de una brújula se desvía de su posición inicial si acercamos a ella un imán. ¿Se desviará si acercamos a ella una barreta de hierro y una barreta de cobre?

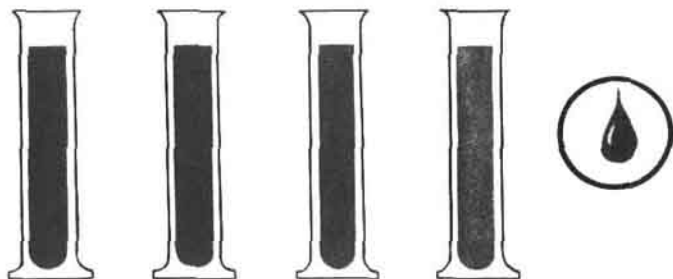
146. ¿Por qué la espiral de un infernillo eléctrico se calienta más en el lugar donde es más fina?

147. Un reóstato está fabricado de alambre de níquelina de 40 m de longitud y de $0,5\text{ mm}^2$ con área de la sección transversal. La tensión en los bornes del reóstato es igual a 80 V. ¿A qué será igual la intensidad de la corriente que pasa por el reóstato?

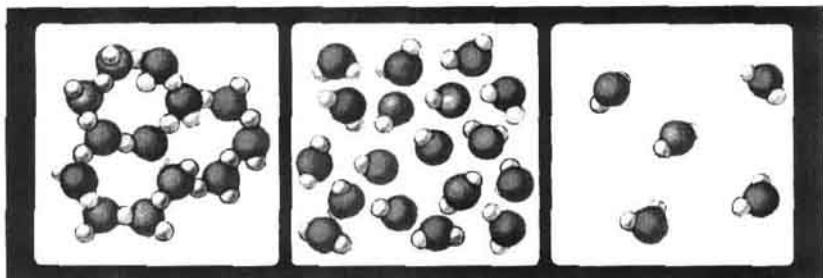
148. Dos conductores cuyas resistencias son de 5 y 20Ω están unidos en paralelo y conectados a un circuito donde la tensión es igual a 40 V. Determinad la intensidad de la corriente en cada uno de los conductores, en todo el circuito y la resistencia total del sector del circuito.

Resultados de los problemas para repasar el material

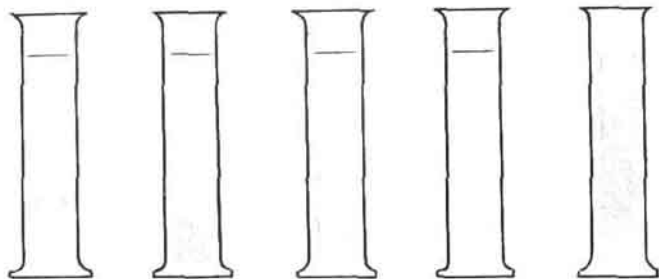
7. 340 m/s.⁸ 60 km/h; 45 km/h.⁹ La velocidad del guepardo ≈ 31 m/s.¹⁰ 480 km.
11. ≈ 144 km/h.¹² $\approx 11\,000$ km/h.¹³ 7 m/s.¹⁴ 1800 km; 108 000 km.¹⁸ La masa del segundo carrito es dos veces mayor que la del primero.¹⁹ $\approx 4,4$ kg.²⁰ La variación de la velocidad de la molécula de hidrógeno es 9 veces mayor que la de la molécula de agua.²³ 2300 kg/m³; 2,3 g/cm³.²⁴ 28 kg; 25,2 kg.²⁵ 337,5 g.²⁷ 0,92 g/cm³.²⁸ Hay.³⁰ Disminuyó 8 000 000 de veces.³² ≈ 1500 kN.³³ ≈ 900 N; $\approx 0,02$ N.³⁴ 695 g; ≈ 7 N.³⁶ ≈ 40 N; varía la fuerza elástica.³⁷ 300 N.³⁸ $\approx 1,1$ kN.⁴⁹ 75 000 kPa.⁵⁰ ≈ 670 kPa.⁵² $\approx 3 \cdot 10^{10}$ Pa.⁵⁶ 2 kPa; 1,6 kPa, 1,8 kPa.⁵⁷ ≈ 1800 kPa.⁵⁸ 5 g.⁶³ Puede.⁶⁶ 540 m.⁷² La mitad del volumen del flotador se encontrará en el agua.⁷³ El ladrillo.⁷⁴ $\approx 0,1$ N; $\approx 0,08$ N; $\approx 1,36$ N.⁷⁵ Puede, el peso de la plancha en el agua ≈ 64 kN.⁷⁷ $\approx 21\,600$ kN.⁷⁹ 900 J.⁸⁰ ≈ 40 cm.⁸¹ $\approx 3,5$ kW.⁸² ≈ 3200 J.⁸³ ≈ 33 s.⁸⁴ No queda. Quedará.⁸⁵ ≈ 1000 N; 15 m.⁸⁶ No son iguales.⁸⁸ De hierro.⁹¹ ≈ 100 kJ.⁹⁹ 12,6 kJ; 16,8 kJ; 42 kJ.¹⁰⁰ $\approx 16\,500$ kJ.¹⁰¹ 1,5 kg.¹⁰² $\approx 4,5 \cdot 10^3$ J.¹⁰³ $\approx 46^\circ\text{C}$.¹⁰⁴ a) $\approx 2 \cdot 10^7$ J; b) $\approx 1,9 \cdot 10^7$ J; c) $\approx 3 \cdot 10^{10}$ J; d) $2,2 \cdot 10^7$ J.¹⁰⁵ a) $\approx 1,24$ kg; b) $\approx 0,95$ kg; c) $\approx 0,91$ kg.¹⁰⁶ $\approx 10^6$ J.¹⁰⁷ a) $\approx 2,2 \cdot 10^3$ J; b) $\approx 1,8 \cdot 10^4$ J.¹¹⁰ $\approx 1,5 \cdot 10^5$ J.¹¹¹ $2,7 \cdot 10^6$ J.¹¹³ 25%.¹²⁶ a) 0,2 Ω ; b) 1 Ω ; c) 0 Ω .¹²⁷ Aumenta cuatro veces.¹²⁸ 1,4 Ω y 55 Ω .¹²⁹ 15 m.¹³¹ $\approx 5,5$ A; 0,5 A.¹³² 120 V.¹³³ ≈ 17 V.¹³⁴ $I_1 = I_2$ $\approx 0,5$ A.¹³⁵ 37 unidades.¹³⁶ 0,4 A.¹³⁷ 55 W.¹³⁸ $\approx 0,5$ A; $\approx 0,1$ A.¹³⁹ a) 1,2 kopeks; b) 0,24 kopeks; c) 0,88 kopeks.¹⁴⁰ ≈ 580 kJ; $\approx 1,7$ kg.¹⁴¹ 1) $\approx 0,9$ A; 2) $\approx 122\Omega$. 3) $\approx 567,5$ m. 4) ≈ 3558 kJ. 5) ≈ 120 kopeks.¹⁴⁷ 2,5 A.¹⁴⁸ 8 A, 2 A, 10 A, 4 Ω .



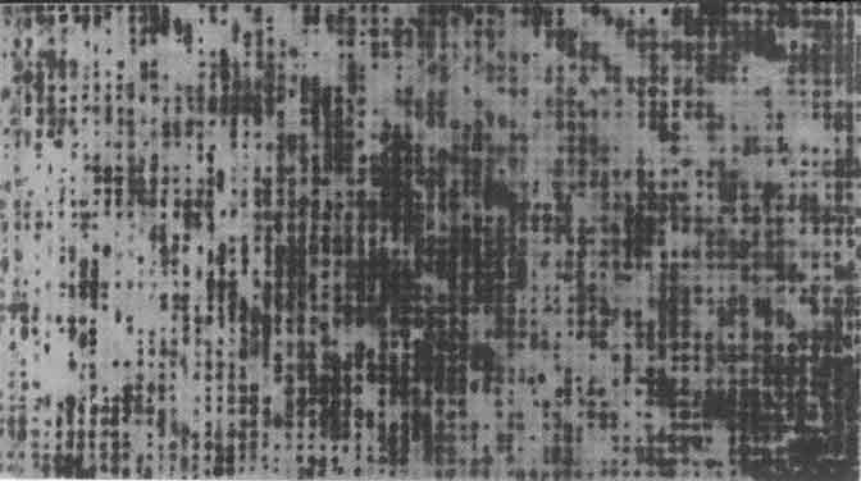
1. Experimento que ofrece una representación del tamaño de las partículas de la sustancia



Disposición de las moléculas del agua en diversos estados (esquema):
 a - sólido (hielo), b - líquido (agua),
 c - gaseoso (vapor de agua)



Difusión en un líquido



II. Disposición de los átomos de oro sólido (la foto está hecha con microscopio electrónico)

Modelo de un cristal de oro

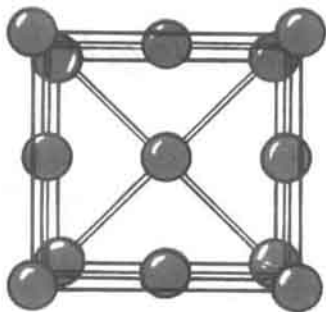
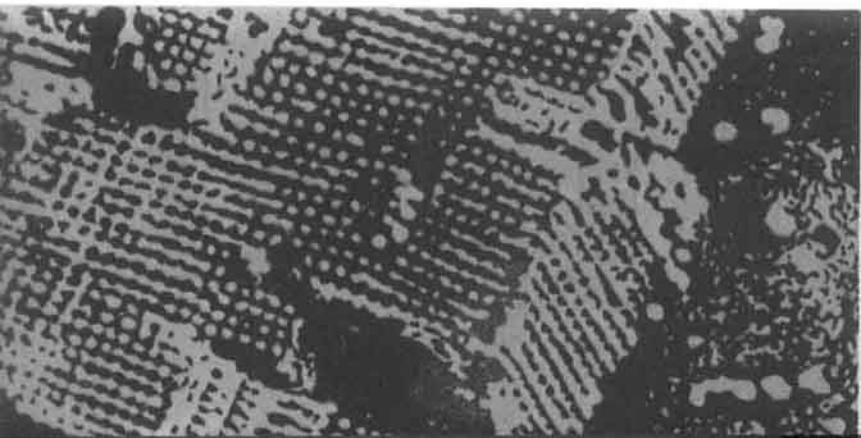


Foto de las moléculas más grandes, hecha con ayuda de un microscopio electrónico





III. ALTURAS

Nave cósmica (más de 300 km)

Avión de retropropulsión (hasta 40 km)

PROFUNDIDADES

Batisfera (hasta 600 m)

Un hombre con escafandra autónoma
(hasta 90 m)





IV. EFECTO DE LA FUERZA DE EMPUJE (DE ARQUÍMEDES)

En el aire

En el agua

Debajo del agua

V. FENÓMENOS TÉRMICOS EN LA NATURALEZA, TÉCNICA Y VIDA COTIDIANA

Chimenea eléctrica

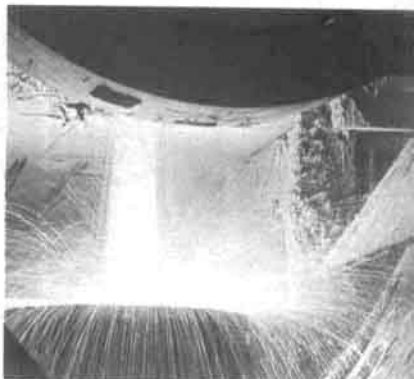
Invernáculo

Fundición

Relámpago

Locomotora Diesel





VI. LA ELECTRICIDAD EN LA TÉCNICA Y LA VIDA COTIDIANA

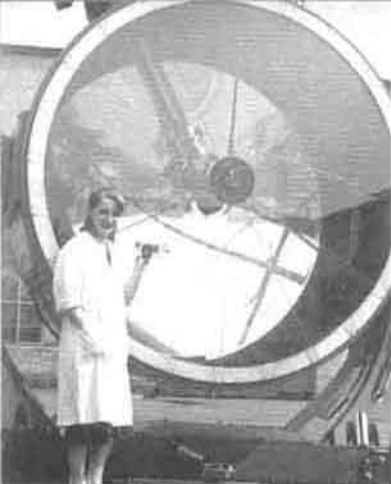
Proyector

Minilavadora eléctrica

Aspirador eléctrico

Plancha eléctrica

Lámpara de mesa



VII. LA ELECTRICIDAD EN LA TÉCNICA Y LA VIDA COTIDIANA

Refrigerador

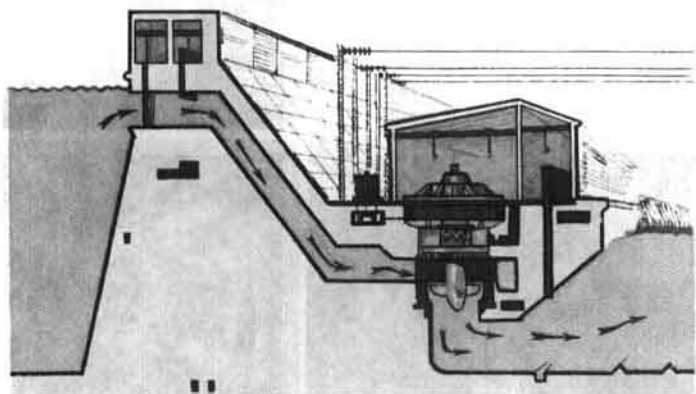
Televisores

Generadores

Locomotora eléctrica



VIII. ESQUEMA DE UNA
CENTRAL
HIDROELÉCTRICA



Índice alfabético de nombres y materias

- Acumulador 207, 208, 221
Aeronáutica 117
Aislador 193
Ambar 190, 193
Ampère 217, 260
Amperímetro 218, 223
Ánodo 212
Aristóteles 12, 304
Arquímedes 110, 115, 134, 305
Arrancador 185
Atmósfera 93
Átomo 25, 198-201
- Balanza 48, 49, 128
Barómetro aneróide 99
Batiscafo 302
Batisfera 302
Bomba hidráulica de pistón 104
Brazo de una fuerza 125
- Calor específico 161
-- de fisión 171, 172
--- vaporización 179
Carrera del pistón 184
Campo eléctrico 194
- magnético 253
Campo magnético de una bobina con corriente 256
--- la corriente directa 254
---- Tierra 262
--- un imán permanente 260
Cantidad de calor 158, 245
Carga eléctrica 190, 195
--, divisibilidad de la 195
Cátodo 212
Central atomoeléctrica (nuclear) 274
- hidroeeléctrica 273
- termoeléctrica 273
Círculo eléctrico 208
- Combustible 164
Composición de fuerzas 64
Condensación 174, 177
Conductor de electricidad 193
Conexión de conductores en paralelo 223, 238
---- serie 219, 236
Convección 151
Corriente eléctrica 204
--, efectos de la 213
--, sentido de la 215
-- *inducida* 270
Cuerpo amorfo 309
- cristalino 32
- físico 13
- Densidad 49
Dieeléctrico 193
Difusión 26
Dinamómetro 61, 65
- Ebonita 190
Ebullición 177
Electrificación 273
Electrización de cuerpos 190, 202
Electrodo 206
Electroimán 257
Electrólito 211
Electrón 196, 200, 210
Electroscopio 192, 193
Elemento calentador 248
- galvánico 206
Energía 137
- cinética 139
- interna 144
- potencial 138
- de transformación 141, 142
Escafandra autónoma 302
Esquema 209

Estado de agregación 167, 168

Evaporación 174-176

Faraday 12, 194, 271

Fenómeno físico 12

Física 12

Flotación de los cuerpos 112

Fuente de corriente eléctrica 205

Fuerza 54, 55

- de empuje 110

-- interacción de las moléculas 72

-- la gravedad 56, 60, 298

-- rozamiento 66-71

--- en reposo 68, 69

- elástica 56

- eléctrica 194

- magnética 253

Fusible 252

Fusión 168

Gagarin Yu.A. 18, 21

Galileo 12, 43, 304

Galvanómetro 214

Generador de corriente eléctrica 208,
269-271

Humectación 72, 73

Imán permanente 260

Inducción electromagnética 269

Inercia 41-44

Ingravidez 297

Instrumento eléctrico calentador 248

Intensidad de corriente 215, 216

Interacción de los cuerpos 44-47

Ioffe A. F. 12, 196, 197

Ion 201, 210, 212

Jacobi B. S. 267, 269

Joule 245, 246

Koróliov S. P. 18, 21

Kurchátov I. V. 12, 18, 21

Lámparas (bombillas) de incandescen-
cia 130

Lenz E. H. 245, 246

Ley de Joule-Lenz 245

Ley de Ohm 229

— Pascal 81, 82

Líneas magnéticas 254

Lodiguin A. M. 20, 247

Lomonósov M. V. 12, 16, 33

Magnitud física 15

Manómetro metálico 103

- de líquido 102

Máquinas y herramientas neumáticas
302

Máquina hidráulica 105

Masa 46

- de una molécula 47

Maxwell 194

Micrófono 264

Molécula 24

Millikan 196

Motor de combustión interna 183

- eléctrico 139

- eólico 307

- térmico 182, 189

Movimiento browniano 296

- mecánico 33-40

- térmico 144

Neutrón 201

Newton 12, 59

Nivel 84

Núcleo del átomo 200

— electroimán 257, 259

Oersted 253

Ohm 229

Ohmio 227

Palanca 123, 130

Partícula alfa 198, 199

Pascal 83

Peso 58, 60, 299

Polea 131-133

Polo magnético 253

Popov A.S. 16, 18

Potencia 121

- de la corriente eléctrica 241

Prensa hidráulica 105

Presión 74-78

- atmosférica 93, 96-98, 304

- Presión atmosférica normal 101
- del gas 79-81
-- líquido 81-88
- Principio de Arquímedes 110
-- conservación y transformación de la energía 165
- Protón 201
- Punto de ebullición 178
-- fusión 171
-- solidificación 171
- Receptor de calor 155
- Recorrido 34, 39
- Refrigerador 311
- "Regla de oro" de mecánica 133, 135
- Relé electromagnético 259
- Rendimiento 135, 136, 189
- Reóstato 234
- Resultante de fuerzas 64
- Resistencia eléctrica 226
- Resistividad 231
- Rodamiento 70
- Rotor 187
- Rutherford** 12, 199
- Solidificación (cristalización) 168
- Sustancia 13
- Teléfono eléctrico 264
- Telégrafo eléctrico 259
- Tensión eléctrica 220-222
- Termoconductividad 149-151
- Termo 158
- Timbre eléctrico 256
- Tiro 154
- Toma de tierra 204
- Torricelli** 97, 304
- Trabajo de la corriente eléctrica 243, 244
- mecánico 119
- Transferencia (transmisión) de calor 149, 157
- Trayectoria 34
- Tsiolkovski K. E.** 17, 20
- Turbogenerador 271
- Turbina de vapor 187
- Unidades de cantidad de calor 162
-- densidad 52-54
-- fuerza 59
-- intensidad de corriente 215-217
-- masa 46, 47
-- potencia 121, 122
-- presión 74, 75
-- resistencia eléctrica 226, 227
-- tensión eléctrica 221
-- trabajo 119, 120
-- velocidad 36
- Válvula de seguridad 107, 130
- Vatímetro 242
- Vasos comunicantes 89, 90
- Vavilov S. I.** 12, 18, 20
- Velocidad 36-39
- Volante 183, 185
- Volta** 222
- Voltímetro 222
- Yáblochkov P. N.** 20
- Zhukovski N. E.** 17, 18

A NUESTROS LECTORES:

"Mir" edita libros soviéticos traducidos al español, inglés, francés, árabe y otros idiomas extranjeros. Entre ellos figuran las mejores obras de las distintas ramas de la ciencia y la técnica: manuales para los centros de enseñanza superior y escuelas tecnológicas; literatura sobre ciencias naturales y médicas. También se incluyen monografías, libros de divulgación científica y ciencia-ficción.

Dirijan sus opiniones a la Editorial Mir, 1 Rizhski per., 2, 129820, Moscú, 1-110, GSP, URSS.

Unidad de calor específico de la sustancia

1 julio por kilogramo grado
centígrado ($1\text{J}/\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C}$)

Unidad de calor al quemar

un combustible, de calor específico de fusión,
de calor específico de vaporización

1 julio por kilogramo ($1\text{J}/\text{kg}$)

Unidades de intensidad de la corriente

1 amperio (1A)

1 kiloamperio (1kA), $1\text{kA}=1000\text{A}$

1 miliamperio (1mA), $1\text{mA}=0,001\text{A}$

1 microamperio ($1\mu\text{A}$), $1\mu\text{A}=0,000\,001\text{A}$



Unidades de tensión eléctrica

1 voltio (1V)

1 kilovoltio (1kV), $1\text{kV}=1000\text{V}$

1 milivoltio (1mV), $1\text{mV}=0,001\text{V}$

Unidades de resistencia eléctrica

1 ohmio (1Ω)

1 megohmio ($1\text{M}\Omega$), $1\text{M}\Omega=1\,000\,000\Omega$

1 kilohmio ($1\text{k}\Omega$), $1\text{k}\Omega=1000\Omega$