

Movimiento Perperuo, Antes y Ahora

V. M. Brodiansky

Libros Tauro
www.LibrosTauro.com.ar

INTRODUCCIÓN

Física, Energética y Móvil Perpetuo

Todo arte falso, toda charlatanería dura solamente el tiempo que le corresponde, puesto que al fin y al cabo se destruye a si mismo y la culminación de su desarrollo es al mismo tiempo el comienzo de su derrumbamiento. I. Kant Al iniciar el examen de la historia del móvil perpetuo hay que, por lo visto, comenzar por el hecho, de dónde apareció esta noción y qué precisamente significa. La idea sobre un dispositivo que pudiera poner en movimiento las máquinas sin utilizar ni la fuerza muscular de los hombres y los animales, ni la fuerza del viento y del agua cayente, surgió por primera vez, por lo que se sabe, en India en el siglo XII. Sin embargo, el interés práctico hacia ella apareció en las ciudades medievales de Europa en el siglo XIII. Esto no era una casualidad; el motor universal, capaz de funcionar en cualquier lugar, sería de gran utilidad para el artesano medieval. El podría poner en movimiento los fuelles, que suministraban el aire a las fraguas y hornos, las bombas de agua, dar vueltas a los molinos, elevar cargas en las obras. Hablando en el lenguaje actual, la creación de semejante motor permitiría dar un paso considerable en la energética y en el desarrollo de las fuerzas productivas en general. La ciencia medieval no estaba preparada para ayudar a estas búsquedas. Las nociones habituales para nosotros, relacionadas con la energía y las leyes de sus transformaciones, en aquellos tiempos todavía no existían. Por esta razón, es natural que las personas que soñaban en crear el motor universal se apoyaban ante todo en el movimiento perpetuo que ellos vieron en la naturaleza circundante: el movimiento del Sol, la Luna y los planetas, los flujos y reflujos de los mares, la corriente de los ríos. Este movimiento perpetuo se llamaba móvil perpetuo natural (perpetuum mobile naturae). La existencia de semejante movimiento perpetuo natural desde el punto de vista medieval atestiguaba de modo irrefutable sobre la posibilidad de crear también un movimiento perpetuo artificial «perpetuum mobile naturae». Hacía falta solamente encontrar el método de transmisión de los fenómenos existentes en la naturaleza a las máquinas creadas artificialmente. Como resultado de tal transferencia la palabra «perpetuum» (perpetuo) adquirió en este término un sentido algo distinto. Con arreglo a la técnica él ya significaba no «sin fin» sino, más bien, «ininterrumpido», «de acción constante». Era evidente que cualquier máquina artificial, creada por el hombre, no es eterna, ella, al fin y al cabo, se desgasta. Pero mientras el motor existe, debe funcionar constantemente. En este sentido, como denotación del motor que funciona constantemente de por sí, la combinación de «perpetuum mobile artificiae» ha llega hasta nuestros días. La palabra «artificiae» desapareció poco a poco, puesto que estaba claro que el término se refiere al dispositivo artificial. Para simplificar, «móvil perpetuo» se escribe frecuentemente en forma abreviada mpp. Haremos lo posible en evitar donde se pueda la mención frecuente de los adjetivos «imaginario», «irrealizable» aplicados a las palabras «móvil perpetuo» puesto que esto se sobreentiende desde el principio. Por la misma razón, la combinación de «móvil perpetuo» en todos los sitios, comenzando por el título, se escribe sin comillas. Pues, mencionan en la literatura sin comillas diablos, brujas y toda clase de espíritus del mal, aunque se sabe perfectamente que en forma natural ellos no existen, lo mismo que el móvil perpetuo. La noción sobre el móvil perpetuo con el tiempo cambiaba esencialmente en correspondencia con el desarrollo de la ciencia, en particular, de la física y de los problemas que surgieron ante la energética. En la primera etapa de desarrollo del mpp (los siglos XIII-XVIII) sus inventores no comprendían la diferencia de principio entre el movimiento perpetuo de los cuerpos celestes y los fenómenos relacionados con él (por ejemplo, de las mareas ascendentes) y el movimiento por medio del cual ellos querían realizar el trabajo en los motores. Aunque parezca extraño ahora, el problema de dónde debe tomarse este trabajo, en aquellos tiempos no

surgía en general. Sólo aproximadamente desde el siglo XVI, cuando poco a poco comenzó a formarse la idea sobre cierta «fuerza» como fuente de movimiento y sobre que esta fuerza no puede surgir de la nada, ni desaparecer sin dejar huella, aparecieron dudas sobre la posibilidad y, luego, la convicción de la imposibilidad de crear el mpp. No obstante, como veremos en adelante, esta opinión pertenecía a un estrecho círculo de científicos, físicos y mecánicos más calificados. Esta noción no se hizo patrimonio común. No obstante, por decisión oficial de la Academia de Ciencias de París en el año 1775 cesó el examen de toda clase de proyectos del móvil perpetuo. Con esto terminó la primera etapa de la historia del mpp. La segunda etapa duró aproximadamente hasta el último cuarto del siglo XIX. Durante este tiempo se determinó la noción de energía, y el principio de su conservación obtuvo su formalización científica definitiva. Se fundamentó la termodinámica, la ciencia sobre la energía y sus transformaciones. Sin embargo, los esfuerzos de los inventores, que trabajaban en la creación de distintas variantes de mpp, no disminuyeron. Se creó una situación interesante: la coexistencia (verdad que no pacífica, ni mucho menos) de la ciencia y la actividad inventiva anticientífica. Esta paradoja se explicaba por un lado, por el aumento de las exigencias planteadas a la energética, que consume mucho combustible, y por otro, por el hecho de que el primer principio de la termodinámica (el principio de conservación de la energía) no era suficientemente conocido por un amplio círculo de personas, ocupadas en la técnica. En esto, en esencia, se termina la historia del llamado móvil perpetuo de primera especie, mpp-1, los inventores del cual pretendían alterar el primer principio de la termodinámica. Recordemos que él requiere que la cantidad total de energía, que se suministra al motor, sea exactamente igual a la cantidad total que sale de él; la energía no puede desaparecer, o surgir de la nada. ¡Mientras que el mpp-1 realizaría trabajo sin recibir por completo energía del exterior! La tercera etapa de desarrollo del mpp continúa hasta hoy día. Esta etapa se caracteriza por que los inventores actuales del mpp, a diferencia de sus colegas, que trabajaban en los tiempos antiguos, conocen la existencia de las leyes científicas que excluyen la posibilidad de su creación. Por eso ellos tienden a crear un mpp de otro género absolutamente distinto. Este móvil perpetuo no debe alterar el principio de conservación de la energía, el primer principio de la termodinámica. En este sentido todo está en orden. Pero él debe funcionar a pesar del segundo principio de la termodinámica. Este principio limita en cierto grado la transformación de unas formas de energía en otras. Semejante motor, a diferencia de las variantes de mpp-1 que lo antecedían, referentes a las dos primeras etapas fue llamado móvil perpetuo de segunda especie, mpp-2. El mpp-2 más simple sería el que recibiendo calor del medio ambiente (por ejemplo, del agua o del aire atmosférico), lo transformara total o parcialmente en trabajo. El permitiría pasar no sólo sin gastos de combustible orgánico o nuclear, sino que también sin la contaminación del medio ambiente. ¡Hay por qué luchar! Pero el segundo principio de la termodinámica prohíbe esta transformación. Pero cuanto este principio es conocido y existe, a los inventores de los mpp-2 no les queda nada más que luchar precisamente contra él. Los ataques contra el segundo principio se llevan a cabo por ellos desde los más distintos puntos de vista: físico, filosófico e incluso político. Esta lucha alrededor del segundo principio de la termodinámica forma, en esencia, el contenido fundamental de la tercera etapa de la historia del mpp. En las dos primeras etapas de la historia del mpp las discusiones alrededor de él contribuían en determinando grado al progreso de la física, y en la segunda etapa, al desarrollo de la termodinámica y al progreso de la energética. Es más, ambos principios de la termodinámica aparecieron de la tesis sobre la imposibilidad de la realización del móvil perpetuo. En total, estas etapas de la historia del mpp se pueden caracterizar como movimiento de la utopía a la ciencia. Al fin de cuentas, el propio móvil perpetuo generó, si así puede expresarse, las tesis científicas fundamentales que le hicieron perder los estribos y determinaron el final de su historia de muchos

siglos. Desgraciadamente, las tentativas actuales de hacer renacer el mpp sobre una nueva base, ya no dan, ni pueden dar, nada a la ciencia. Al contrario, ellas sólo llevan a confusiones y distraen a las personas de una tarea verdadera. La etapa actual de la historia del móvil perpetuo se caracteriza por las tentativas de avanzar en dirección contraria, de la ciencia a la utopía. Para comprender todas las etapas de la historia del mpp y marchar hacia adelante es necesario formular la definición, de lo que se hablará en adelante. Así pues, el móvil perpetuo es un dispositivo imaginario capaz de realizar trabajo con alteración del primer (mpp-1) o del segundo (mpp-2) principios de la termodinámica. Dedicuémonos más detalladamente, tanto a estos móviles, como a los correspondientes principios, inicialmente al primero y luego al segundo.

PREFACIO

El llamado móvil perpetuo ocupa en la historia de la ciencia y la técnica un lugar especial y muy notable, pese a que no existe ni puede existir. Este hecho paradójico se explica, ante todo, por que las búsquedas del móvil perpetuo por los inventores, que continuaron más de 800 años, están relacionada con la formación de la representación de la noción fundamental de la física - la energía. Es más, la lucha contra los errores de los inventores de los móviles perpetuos y de sus defensores científicos (también existían tales) contribuía en sumo grado al desarrollo y el establecimiento de la ciencia sobre las transformaciones de la energía, la termodinámica.

El análisis de la historia del móvil perpetuo corresponde a la tarea planteada por V. I. Lenin, cuando escribía sobre la necesidad de «la elaboración dialéctica de toda la historia de las ciencias naturales y la técnica». Semejante historia debe incluir no sólo la clarividencia, los grandes descubrimientos e invenciones, sino también los errores y fracasos. Solamente entonces ella será viva y completa.

De este interesante y al mismo tiempo instructivo sujeto de la historia de la ciencia y la técnica no pudo, naturalmente, hacer caso omiso la literatura de divulgación científica. No obstante, a excepción de un folleto, publicado en el año 1911, no existía literatura soviética sobre este tema. En los últimos años se publicaron dos libros traducidos al idioma ruso sobre el móvil perpetuo¹, que contiene un material bastante amplio e interesante. El libro que se propone sobre el mismo tema ha sido escrito por un gran especialista en el campo de la termodinámica y de la técnica de bajas temperaturas, el doctor en ciencias técnicas profesor V. M. Brodianski. Siendo no menos recreativo que otros (en particular gracias a los ejemplos de las bellas letras) se distingue de ellos en, por lo menos, tres aspectos esenciales.

El primero de estos está relacionado con el contenido del libro. Todos los autores, sin excepción, que escribieron sobre el móvil perpetuo, principalmente prestaron su atención al llamado móvil perpetuo de primera especie, al cual se dedicaban los inventores de los tiempos pasados. Los móviles perpetuos de segunda especie, que intentan crear los inventores contemporáneos, casi no se examinan. Mientras tanto, precisamente aquí se encuentra el punto central de la polémica, relacionada con las proposiciones sobre la creación de dispositivos energéticos «de inversión», que al parecer, podrían abastecer a la humanidad de energía para siempre y sin gastar recursos algunos recuperables o irre recuperables. Sobre la viabilidad de semejantes proyectos de móviles perpetuos atestigua el hecho de que incluso después de intervenir en la prensa tales científicos competentes como los académicos P. Kapitsa, L. Artzimovich e I. Tamm (Pravda, 21 de noviembre de 1956) protestando contra la divulgación de sensaciones pseudocientíficas, relacionadas con nuevos móviles perpetuos, 18 años más tarde fue necesario un nuevo artículo sobre el mismo tema: de los académicos E. Vélijov, A. Prójorov y R. Sagdeev (Pravda, 22 de agosto de 1987). Por esta razón, está absolutamente justificado que en el libro de V. M. Brodianski se ha hecho un giro decisivo de «antes» a «ahora»: se ha prestado principalmente atención precisamente al móvil perpetuo de segunda especie. Además, sin embargo, ante el autor surge un problema incomparablemente más difícil. Efectivamente, la tesis acerca de la imposibilidad de la realización del móvil perpetuo de primera especie es evidente para el lector actual, el cual desde los años escolares conoce el principio de conservación de la energía. Aquí el autor, al examinar cada motor, debe solamente mostrar dónde se esconde la contradicción con este principio.

Al examinar las ideas del móvil perpetuo de segunda especie es necesario no sólo revelar la contradicción con la ley de la naturaleza, sino también convencer al lector de la inmutabilidad de esta ley. No obstante, el segundo principio de la termodinámica no es tan evidente como el

principio de conservación de la energía, el no entra en el curso de la física de la escuela secundaria.

El autor ha aplicado muchas fuerzas y conocimientos para llevar, simplemente, sin pedantismo, hasta el lector el contenido del segundo principio de la termodinámica. Se prestó especial atención también a la polémica con los «derrocadores» del principio, y al análisis de sus argumentaciones, exteriormente evidentes, pero científicamente insolventes. Tal demostración de las colisiones de las posiciones científicas y anticientíficas se lleva a cabo por el autor en una forma bastante aguda. No obstante, esto está absolutamente justificado, puesto que el propio lector se incorpora a la discusión y recibe la posibilidad de separar la esencia de la envoltura de literatura, ver el problema espacialmente, desde distintos aspectos y confirmarse de su justo entendimiento.

La segunda particularidad del libro consiste en que el autor supo separarse del estilo descriptivo, adoptado hasta ahora en los libros sobre los móviles perpetuos. El logró, sin excesiva «erudición» hallar el estilo de exposición que permite dar respuesta a problemas difíciles y raramente aclarados en la forma necesaria para el lector que no tiene una preparación especial. A estos problemas pertenecen no solamente los físicos o los técnicos, sino también los psíquicos (por ejemplo, los motivos que determinan la insusceptibilidad de los inventores del móvil perpetuo a la crítica).

La tercera distinción de este libro de los anteriores está relacionada con la necesidad de hallar la metodología que permita presentar evidentemente, pero no demasiado simplificada, la esencia de los errores de los inventores del móvil perpetuo de segunda especie. El autor ha utilizado para ello la noción de exergía, ampliamente divulgada en los últimos años, en la elaboración de la cual él participó activamente. La experiencia de la utilización de esta magnitud en la literatura de divulgación científica en la Unión Soviética y en el extranjero, ha demostrado que ella permite exponer de la manera más simple los corolarios del segundo principio de la termodinámica en sus aplicaciones técnicas. Como resultado, los capítulos 3 y 4, que contienen los materiales más difíciles para la popularización, se han hecho interesantes y comprensibles, pese a que requieren del lector, en algunos lugares, cierta concentración.

La experiencia de mucho años de publicación de libros y revistas de divulgación científica en la URSS muestra que el nivel de preparación de los lectores, tanto adultos, como escolares, se ha elevado considerablemente. La aplastante mayoría de los lectores, incluyendo la juventud, prefiere no una lectura atractiva simplificada, sino una literatura interesante, que obliga a pensar. Precisamente a esta categoría pertenece el libro de V. M. Brodianski sobre el móvil perpetuo: en él se ha hallado la proporción óptima de lo científico y lo recreativo. Este libro ofrece muchos datos nuevos a los que se interesan por la historia de la ciencia y la técnica, tanto lejana como cercana a nuestro tiempo.

Académico de la Academia de Ciencias Pedagógicas de la URSS
V.A. Fabricant

PREFACIO DEL AUTOR

Me ha incitado a escribir este libro no sólo la tendencia a relatar la historia del móvil perpetuo desde un nuevo punto de vista. Indudablemente, la larga historia de las tentativas de crear el móvil perpetuo, las colisiones de sus partidarios y adversarios son extraordinariamente interesantes e instructivas. En ella figuran las más distintas personas, científicos y timadores, reyes y artesanos, arquitectos y teólogos, businessmanes y sacerdotes, hombres y mujeres. La historia del móvil perpetuo es al mismo tiempo la historia de establecimiento y desarrollo de muchas direcciones de la ciencia, en particular la mecánica, hidráulica y, claro está, la energética. Al mismo tiempo existe también otra causa, que conduce a la necesidad de, escribir sobre el móvil perpetuo precisamente ahora. Esta consiste en que las tentativas de crear el móvil perpetuo no han cesado tampoco en nuestro siglo científico. Los numerosos inventores trabajan en nuevos proyectos; muchos ingenieros y colaboradores científicos crean para ellos la «base teórica» y los propios autores y algunos periodistas propagan las correspondientes ideas en la prensa. A diferencia de los tiempos pasados los autores evitan el término de «móvil perpetuo» introduciendo otras palabras más científicas (por ejemplo, «inversión de la energía»). No obstante, el caso como es natural, no cambia.

Yo tuve que participar, reiteradamente, tanto en la peritación de semejante género de invenciones, como en el examen de las reclamaciones de los inventores con respecto al conservadurismo de los especialistas, que rechazan sus proposiciones. Como resultado no sólo se ha acumulado una información interesante (y emociones negativas), sino que se ha formado el convencimiento de que se necesita un nuevo libro de divulgación científica sobre el móvil perpetuo que contenga el análisis desarrollado de los errores de los inventores contemporáneos del mismo. Sus tentativas, condenadas de antemano al fracaso, continúan ya muchos años, incluso las intervenciones de competentes científicos en la prensa no pudieron poner fin a esta epidemia perniciosa.

Una de las causas, por lo visto la determinante, de la tendencia a crear un nuevo y extraordinario motor que funcione sin la utilización de recursos algunos, consiste en el rápido desarrollo de la ciencia y la técnica: muchos «milagros» se hacen realidad. Por eso la idea sobre la imposibilidad de algo se comprende frecuentemente con gran dificultad (o no comprende en general).

Semejante orientación social, particularmente en la juventud, es un fenómeno absolutamente natural. Sin embargo, en este terreno nutritivo a veces, al faltar los correspondientes conocimientos, crecen también las hierbas malas, ideas exteriormente muy progresistas, pero científicamente insolventes, y por esta razón, el principio, irrealizables. Los nuevos móviles perpetuos (los llamados móviles perpetuos de segunda especie) pertenecen precisamente a esta categoría.

La parte del libro dedicada a los inventores contemporáneos del móvil perpetuo de segunda especie se caracteriza por su inclinación crítica negativa, evidentemente expresada.

Criticar sin proponer nada mejor es un problema ingrato para el colaborador científico y el ingeniero, quienes por el propio género de su trabajo deben no tanto denegar, como crear y ayudar a otros a hacer lo mismo. Aquí, en principio, no se puede proponer algo mejor (un móvil perpetuo más perfecto). Queda solamente el esclarecimiento y la denegación. Como consuelo puede servir únicamente el hecho de que este trabajo ayuda a asignar para una tarea verdadera y útil medios y esfuerzos, que serían gastados en proyectos sin perspectiva, quiméricos.

Hay que señalar también que el análisis científico crítico de los móviles perpetuos y otros dispositivos análogos a ellos es útil porque crea la habilidad para diferenciar las ideas verdaderas de las teorías y proyectos exteriormente seductores, pero en esencia inútiles. Esto tiene sobre todo gran importancia para la juventud. Aquí hace falta no simplemente la referencia a la

alteración de la ley de la naturaleza, sino un análisis minucioso de esta ley. La práctica demuestra que incluso en este caso no siempre se logra convencer a los inventores más tenaces; pero esto ya es otro problema, que requiere un análisis psicológico. Lo principal es crear la opinión pública correspondiente.

A fin de cuentas, el propósito de este libro es contribuir a medida de las fuerzas al cumplimiento del legado que dejaron los académicos L. Artzimovich, P. Kapitsa e I. Tamm en el artículo «Sobre la búsqueda imprudente de sensaciones científicas». Este artículo termina llamando a cumplir la importante tarea de popularización de los logros de la ciencia y la técnica para cerrar el paso a la promoción de los «milagros» que desacreditan la ciencia.

La introducción del libro da a conocer al lector algunas tesis generales y los términos que se refieren a los móviles perpetuos.

Los dos primeros capítulos están dedicados al móvil perpetuo de primera especie, los tres capítulos siguientes, al móvil perpetuo de segunda especie. En la deducción breve se ilustra la idea de que «el callejón sin salida energético», del cual quieren salvar a la humanidad los inventores contemporáneos del móvil perpetuo, en realidad no existe y que la energética actual tiene la posibilidad de asegurar todas las necesidades razonables de la humanidad en energía.

Al final del libro se expone la bibliografía para aquellos quienes deseen conocer el tema más detalladamente. La lista está dividida en cuatro partes. La primera contiene la literatura que se refiere tanto a las tesis generales, tratadas en el libro, como a las científicas, enlazadas con la energética. En la segunda se han reunido los libros y artículos que se refieren directamente a la historia de los móviles perpetuos y a la crítica de los errores de sus partidarios. La tercera parte incluye los artículos, certificados de invención y libros, en los cuales los inventores, así como los defensores voluntarios e involuntarios de los móviles perpetuos expresan sus puntos de vista. En la última parte, la cuarta, se enumeran las obras de bellas artes, los protagonistas de las cuales son inventores de móviles perpetuos.

CAPITULO PRIMERO

**Móvil perpetuo de primera especie:
desde las tentativas tempranas hasta «los modelos experimentales»**

Martín: ¿Qué es perpetuum mobile?

Bertold: Perpetuum mobile es movimiento perpetuo. Si encuentro el movimiento perpetuo, yo no veo límites a la creación de la humanidad... es que, mi amable Martín: hacer oro es una tarea seductora, un descubrimiento, quizás, interesante, pero hallar el perpetuum mobile... ¡oh!...

A. S. Pushkin. Escenas de los tiempos de caballeros

1.1 Nacimiento de las ideas

Es difícil hablar más breve y expresivamente sobre el significado de la energética para la humanidad, así como lo hizo A. S. Pushkin por boca de un fraile medieval. Al responder sobre la creación del oro como una «tarea seductora», Bertold habla de manera absolutamente diferente del perpetuum mobile: «Si encuentro el movimiento perpetuo, entonces yo no veo límites a la creación de la humanidad ...» Todo lo que posteriormente se dijo sobre el papel de la energética, no va más lejos de estas extraordinarias palabras.

Esta idea fue formulada, realmente, quizás no con tanta evidencia, por primera vez en los «tiempos de caballeros», en el siglo XIII.

Fue verdaderamente profética la manifestación sobre el futuro de la técnica

- que no podría surgir sin comprender el significado del motor universal - del fraile medieval.

Éste fue el eminente Rogelio Bacon (cerca de 1214-1292), llamado por los contemporáneos doctor mirabilis (doctor admirable); esto no estorbó a los clericales mantenerlo casi 20 años en la cárcel.

He aquí lo que él escribía: «Ante todo yo les relataré sobre las maravillosas creaciones del hombre y la naturaleza para nombrar más adelante las causas y los caminos de sus creaciones, en las cuales no hay nada de maravilloso.

Es que se pueden crear grandes buques de río y oceánicos con motores y sin remeros, gobernados por un timonel y que se desplazan a mayor velocidad que si estuvieran repletos de remeros. Se puede crear una carroza que se desplace a una velocidad inconcebible, sin enganchar en ella animales. Se pueden crear aeronaves, dentro de las cuales se sentará un hombre que, girando uno u otro aparato, obligará a las alas artificiales a aletear en el aire como los pájaros. Se puede construir una pequeña máquina para levantar y bajar cargas extraordinariamente grandes una máquina de gran utilidad.

Al mismo tiempo, se pueden crear tales máquinas con ayuda de las cuales el hombre descenderá al fondo de los ríos y los mares sin peligro para su salud».

Esto significa predicción y llamamiento: «¡Es que es posible!» y no los fantásticos ensueños como la alfombra maravillosa o el mantel maravilloso. Lo principal en estos pronósticos, como comprendía claramente Bacon, era el motor, sin el cual es imposible el movimiento autónomo de los buques, carrozas y aeronaves.

Con toda la genialidad de H. Bacon¹ él no hubiera podido escribir nada semejante si para este tiempo no se hubiera formado un nivel determinado de nociones sobre las ulteriores necesidades y posibilidades del desarrollo de la técnica, que se apoyaban en sus distintos logros, modestos, pero lo suficientemente ponderables. En particular, ya «rondaba en el aire» la noción de que la creación de un motor universal, útil para el accionamiento de las máquinas, es posible.

La necesidad de semejante motor era natural para la producción artesana de una ciudad medieval pequeña, donde hacía falta manos de obra.

La respuesta a esta necesidad era precisamente las tentativas de crear el móvil perpetuo, los primeros proyectos del cual aparecieron en el mismo siglo XIII en que vivió y trabajó R. Bacon.

Ahora en el siglo XX es fácil criticar los errores de los inventores del siglo XIII. A un escolar contemporáneo, que ha estudiado el principio de conservación de la energía, le es evidente que el camino seguido entonces por los inventores del motor universal, era erróneo. No obstante, no se debe juzgar a base de esto con soberbia e incluso con ironía (también suele ocurrir) sobre los trabajos de los maestros e inventores de la «lúgubre Edad Media».

Desde estas posiciones, la audaz tentativa de apartarse de la energética «biológica» y «acuoaérea» representa un enorme paso hacia adelante.

El trabajo de los inventores medievales del móvil perpetuo era una etapa imprescindible de pruebas y errores, a base de los cuales poco a poco se cristalizaba el principio de conservación de la energía (y después todos los resultados científicos y técnicos, que él ayudó a obtener).

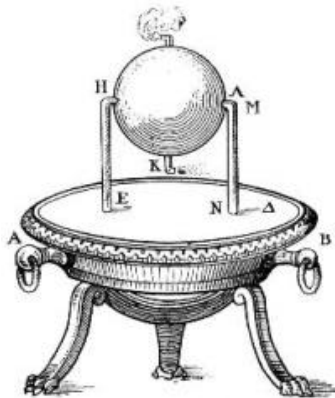


Fig. 1.1 Eolípila de Herón

Los pensadores, científicos e ingenieros más geniales del mundo antiguo, incluso tales como Arquímedes (cerca de 287-212 a. de J. C.) no hacían la alusión a la idea sobre el motor universal. Tampoco avanzó en esta dirección tal ingeniero como Herón de Alejandría (cerca del siglo I) a pesar de que él sabía mucho más que los pensadores de la Edad Media. Incluso la fuerza motriz del aire calentado y del vapor de agua le era bien conocida. Su «Eolípila» (fig.1.1) - el prototipo de la turbina de vapor de reacción- era únicamente un juguete interesante, así como el dispositivo que abría las puertas del templo (fig. 1.2). La idea de adaptarlo para una ocupación, utilizarlo como motor para máquinas, incluso ni surgió. Esto es comprensible: había mano de obra barata de los numerosos esclavos, de los animales domésticos, y por fin, del agua y el viento.

¹ Es interesante comparar el pronóstico (R. Bacon con el pronóstico (hecho en 1900) del científico-astrónomo norteamericano Newcomb:

«Todos los datos de la ciencia moderna indican que ninguna clase de combinaciones posibles de las sustancias conocidas, tipos de máquinas y formas de energía no permiten construir un aparato, útil prácticamente para un vuelo duradero del hombre en el aire». Este razonamiento fue hecho tres años antes del vuelo de los hermanos Wright.

Recordemos que en el Imperio Romano a cada esclavista le correspondían en término medio 10 esclavos (y algunos patricios tenían hasta 1000). Si se toma la potencia de cada esclavo por 0,1 kW, entonces (incluso sin contar el trabajo de los animales) la «dotación de energía» de un romano medio sobrepasaba de 4 kW, y la de un patricio rico, 10 kW. Esto corresponde aproximadamente al nivel actual.

¿Por qué la idea de la creación de un motor universal, así como sus primeros proyectos en forma de mpp apareció precisamente en el siglo XIII?

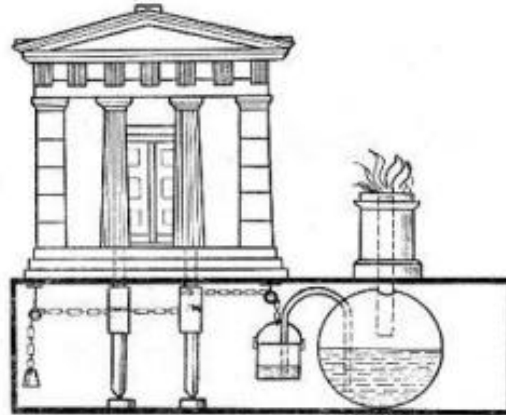


Fig. 1.2. Accionamiento térmico de Herón para abrir las puertas de un templo

Esto, claro está, no es una casualidad, sino el resultado de la marcha, históricamente condicionada, del desarrollo de las fuerzas productivas de la sociedad medieval; el siglo XIII ocupa en él un lugar especial. Precisamente en este tiempo ya aparecieron en suficiente medida las ventajas de la sociedad feudal desarrollada en comparación con la esclavista.

El crecimiento de las ciudades² conducía a la creación de grandes comunidades urbanas con gobernación individual. Los pequeños burgueses, apoyados por el poder del Rey, se fortalecían en la lucha contra los feudales, y su influencia crecía. El trabajo del artesano libre, el arte práctico, se hicieron, a diferencia de los tiempos antiguos, una ocupación de respeto merecido. Las corporaciones profesionales que unieron a los artesanos eran bastante fuertes para defender los intereses de sus numerosos miembros. En París, por ejemplo, conforme a los datos del censo tributario de 1291 habían 4159 maestros de taller.

En estas condiciones los maestros estaban interesados en el desarrollo de la técnica y la tecnología de su rama.

El crecimiento cuantitativo y cualitativo de la producción artesana y el comercio condujo a que la Europa medieval comenzó a recoger y a dominar las novedades técnicas e invenciones de todas partes:

Bizancio, Territorios árabes, India, e incluso China. La alfabetización dejó de ser sólo privilegio de los frailes, ella se difunde ampliamente entre la población urbana (recordemos el Novgorod medieval). El progreso técnico se manifestó de manera más «ponderal y visual» en el siglo XIII en la arquitectura y la construcción. El gótico afiligranado de armadura que tiende hacia arriba requería un alto arte ingenieril.

² En Alemania, en el transcurso del s. XIII se fundaron cerca de 400 ciudades; un proceso análogo transcurría también en otros países de Europa. En la Rusia premongólica existían tantas ciudades que los escandinavos la llamaban «Gardarik», país de ciudades

Al siglo XIII se refiere también la inauguración de las primeras universidades (Cambridge, 1209; Padua, 1222; Nápoles, 1224; Salamanca, 1227; solamente Oxford fue fundada en el año 1167). La lista de invenciones técnicas de este tiempo (tanto europeas como introducidas de afuera y que recibieron divulgación) es bastante voluminosa. Entre ellas el compás perfeccionado (en forma de aguja), la pólvora, el papel (s. XII-XIII), el reloj mecánico, los lentes, espejos de vidrio, la saladura del arenque, la fundición, las esclusas en los canales, el codaste (el montante vertical del timón) y el bauprés en los barcos de mar (s. XIII). En los siglos siguientes todas estas invenciones se perfeccionaban y divulgaban. Esto le dio razón a Bernal para sacar la conclusión de que «los cambios técnicos tuvieron lugar en el transcurso de toda la Edad Media, y representan verdaderamente su aportación más considerable a la civilización científica del futuro» [1.9].

Por extraño que sea, hay historiadores de la técnica que comparten las nociones refutadas ya hace mucho sobre la Edad Media como un «fracaso lúgubre» de la historia de la humanidad. Uno de ellos escribió así: «Nosotros podemos omitir sin vacilar los siguientes mil quinientos años. El siglo XVI comenzó con lo que se paró el I». [1.16]. Nosotros no seremos tan «valientes» y continuaremos el estudio aleccionador de la técnica medieval, dirigiéndonos, después de la revisión del cuadro general, a aquella parte de ella, que se refiere al móvil perpetuo.

1.2. Primeros proyectos de mpp mecánicos, magnéticos e hidráulicos

En la actualidad es difícil establecer exactamente, cuándo, por quién y dónde fue propuesto el primer proyecto de mpp. Existen datos de que el tratado del eminente matemático y astrónomo de la India Bhaskara Achariya (1114-1185) «Siddhanta Siromani» (cerca de 1150) menciona el mpp. Sobre esto se habla en la obra del árabe Falira ad-din Ridway ben Mohammed (cerca del año 1200).

En Europa las primeras noticias sobre el mpp están relacionadas con el nombre de una de las personas más destacadas del siglo XIII Villard de Honnecourt, arquitecto e ingeniero francés. Como la mayoría de las personalidades de aquellos tiempos, él se dedicaba y se interesaba por muchos asuntos: la construcción de templos, la creación de obras de elevación de cargas, sierras con accionamiento por agua, arietes de guerra e incluso ... al amaestramiento de leones. él dejó un «libro de dibujos», que llegó hasta nuestros días, un álbum con croquis y dibujos (cerca de 1235-1240), que se guarda en la Biblioteca Nacional de París. Para nosotros representa interés, ante todo, el hecho de que en este álbum se dan los dibujos y las descripciones del primero de los proyectos, fidedignamente conocidos, del móvil perpetuo.

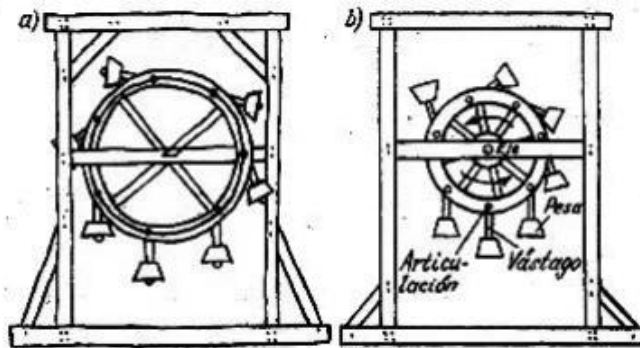


Fig. 1.3. Motor perpetuo de Villard D'Hoxinecourt: a, dibujo original; b, modelo

En la fig. 1.3 se muestra un dibujo original del autor. El texto que se refiere a este dibujo, dice: «Desde hace cierto tiempo los maestros discuten cómo obligar a la rueda a girar de por sí misma. Este se puede alcanzar mediante un número impar de martillitos o mercurio de la manera siguiente» (sigue el dibujo).

D'Honnecourt no escribe si fue él quien inventó el motor o apropió esta idea a otro maestro. Esto no tiene tanta importancia, lo principal es la esencia del hecho. Prestemos, ante todo, atención a que el autor no duda en absoluto de que es posible obligar a la rueda a que gire por sí sola. ¡El problema consiste sólo en cómo hacerlo! En el texto se habla de dos variantes de mpp, con martillitos y con mercurio. Comencemos por la primera. Del texto de la obra con el dibujo se puede comprender la idea de la invención. Por cuanto el número de martillitos en la llanta de la rueda es impar, siempre será mayor por un lado que por el otro.

En el caso dado a la izquierda se encontrarán cuatro martillitos, y a la derecha, tres. Por consiguiente, el lado izquierdo de la rueda será más pesado que el derecho y la rueda, naturalmente, girará en sentido contrario a las agujas del reloj. Entonces el siguiente martillito girará en el mismo sentido y pasará al lado izquierdo, asegurando de nuevo su superioridad. De este modo, la rueda girará constantemente.

La idea de la rueda con pesas o liquido pesado, distribuidos irregularmente por la circunferencia de la rueda, resultó muy viable. Se elaboraba en las más distintas variantes por muchos inventores en el transcurso de casi seis siglos y engendró toda una serie de mpp mecánicos. El análisis de estos motores lo realizaremos algo más tarde y los examinaremos junto con la posición general.

Dirijámonos a la segunda, no menos interesante, idea de mpp que surgió también en el siglo XIII y que también dio lugar a una gran serie de invenciones. Aquí se habla del mpp magnético propuesto por Pedro Pilgrim de Mericour³ en el año 1269. A diferencia del ingeniero práctico D'Honnecourt, Pedro Pilgrim era más que nada «teórico», pese a que se dedicaba también a experimentos; por eso, su proyecto de mpp, mostrado en la fig. 1.4 aparenta más como un esquema principal, que como un dibujo.

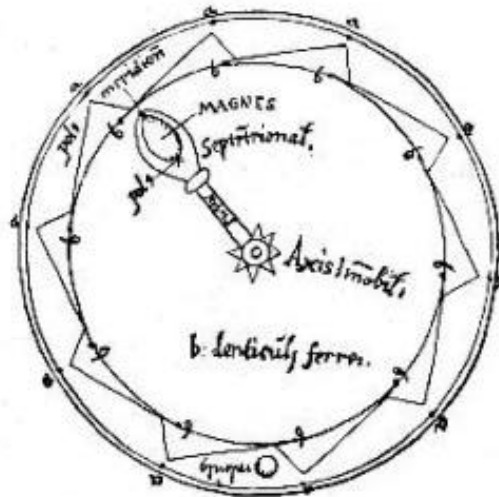


Fig. 1.4. Mpp magnético de Pedro D'Mericour

Según la opinión de Pedro, las fuerzas misteriosas que obligan al imán a atraer el hierro, son similares a las que obligan a los cuerpos celestes a moverse por órbitas circulares alrededor de la Tierra⁴. Por consiguiente, si se le da al imán la posibilidad de moverse por la circunferencia y no molestarle, entonces él, con la estructura correspondiente, realizará esta posibilidad. Por lo que se puede juzgar por el esquema, el motor consta de dos partes - la móvil y la fija. La parte móvil es un vástago, en un extremo (el exterior) del cual está fijado el imán, y el otro (el interior) va encajado en el eje central fijo. Así pues, el vástago puede moverse por la circunferencia a semejanza de las agujas del reloj. La parte fija representa en sí dos anillos, el exterior a y el interior b, entre los cuales se encuentra el material magnético con la superficie interior en forma de dientes oblicuos. En el imán fijo, colocado en el vástago, está escrito «polo norte» (pol. septentrionalis), en el anillo magnético, «polo sur» (pol. meridíanus). Señalemos, a propósito, que Peregrin estableció por primera vez dos tipos de interacción magnética, la atracción y repulsión e introdujo la designación de los polos de los imanes, norte y Sur.

El autor, por lo visto, suponía (esto no se puede comprender exactamente de la descripción) que el imán, instalado en el vástago, será alternativamente atraído hacia los dientes de los imanes,

³ A veces le llaman Pedro Peregrin, o por el lugar de nacimiento Pedro de Mericour.

⁴ Recordemos que en aquel entonces reinaba el sistema geocéntrico del mundo de Ptolomeo.

instalados en la parte anular y, por lo tanto, realizará movimiento ininterrumpido por la circunferencia.

A pesar de la evidente incapacidad de trabajo de semejante dispositivo, la propia idea de utilizar las fuerzas magnéticas para crear el motor era absolutamente nueva y muy interesante. Ella engendró ulteriormente toda una familia de mpp magnéticos. Al fin de cuentas no hay que olvidar que también el motor eléctrico moderno funciona a base de la interacción magnética del estator y el rotor.

Algo más tarde aparecieron mpp de tercer tipo, hidráulicos. Las ideas en las que ellos se basan no eran muy nuevas, ellas se apoyaban en la experiencia de las obras antiguas de elevación de cargas y en los molinos de agua medievales.

1.3. Los mpp mecánicos

Todos los mpp mecánicos de la Edad Media (y muchos de tiempos más cercanos) se basan en una misma idea, que parte de D' Honnecourt: la creación del desequilibrio constante de las fuerzas de gravedad sobre la rueda u otro dispositivo que se mueve constantemente como resultado de su acción. Este desequilibrio debe girar la rueda del motor y con ayuda de él poner en funcionamiento una máquina que ejecuta trabajo útil.

Todos estos motores se pueden dividir en dos grupos, que se distinguen por tipo de carga, cuerpo de trabajo. Al primer grupo pertenecen aquellos, en los cuales se emplean cargas de material sólido (llamémoslas convencionalmente de «cuerpo sólido»), al segundo, aquellos, en los cuales como carga sirven líquidos (llamémoslos «líquidos»). La cantidad de distintas variantes de mpp en ambos grupos es enorme. Describirllos en este libro no tiene sentido, puesto que esto ya se hizo por muchos autores [2.1-2.6].

Nosotros nos limitaremos solamente a algunos modelos, en el ejemplo de los cuales se puede seguir su evolución y la marcha de las discusiones sobre la posibilidad de obtener trabajo.

Comencemos por los motores de cuerpo sólido. Como ejemplo pueden servir tres variantes de mpp elaborados en distinto tiempo y distintos lugares. El ingeniero italiano Mariano di Yacopo de Cione (cerca de Florencia) en el manuscrito que data de 1438, describió un motor que repite en esencia la idea de D'Honnecourt, sin embargo, aquí ya se da la elaboración estructural clara (fig. 1.5). Las cargas (los pesos) que representaban placas gruesas rectangulares, están fijadas de tal manera, que pueden plegarse sólo hacia un lado. El número de ellas es impar, por eso, cualquiera que sea la posición de la rueda, a la izquierda siempre habrá más placas que a la derecha (en este caso 6 contra 5). Esto debe provocar el giro constante de la rueda en sentido contrario a las agujas del reloj.

El inglés Eduardo Sommerset, quien también elaboró un mpp mecánico en forma de una rueda, con pesos sólidos y que construyó en 1620, pertenecía, a diferencia de sus antecesores, a los círculos más aristocráticos de la sociedad.

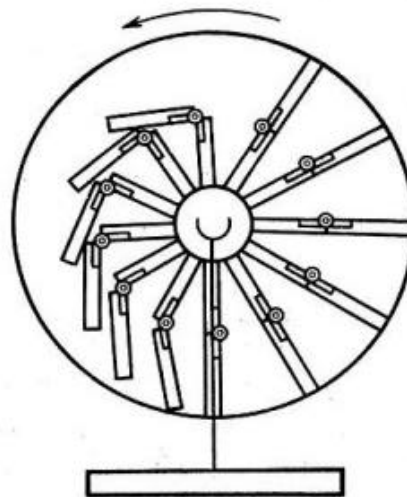


Fig. 1.5. Motor de Mariauo di Yacopo

El tenía el título de marqués de Worcester y pertenecía a la corte de Carlos I. Este hecho no le molestaba a dedicarse seriamente a la mecánica y distintos proyectos técnicos. El experimento para la creación del motor fue hecho con envergadura. Los maestros prepararon una rueda de 14

pies de diámetro (cerca de 4 m); por su perímetro se colocaron 14 pesas de 50 libras (cerca de 25 kg) cada una. La prueba de la máquina en la Torre de Londres pasó con un gran éxito y provocó emoción en todos los presentes, entre los cuales se hallaban tales autoridades como el Rey, el duque de Bichmond y el duque Hamilton. Desgraciadamente los dibujos de este mpp no llegaron hasta nuestros días, lo mismo que el informe técnico sobre esta prueba; por eso, en esencia, es imposible establecer cómo transcurrió. Se conoce solamente que ulteriormente el marqués no se ocupó más de este motor, y pasó a otros proyectos.

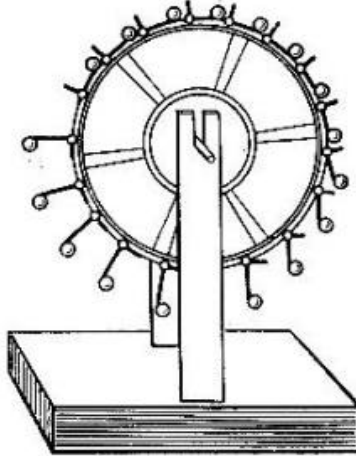


Fig. 1.6. Motor de Alejandro Capra

Alejandro Capra de Cremona (Italia) describió una variante más de mpp en forma de rueda con pesas. De la fig. 1.6 se ve que el motor representaba una rueda con 18 pesas iguales dispuestas por la circunferencia. Cada palanca, en la cual está fijada la pesa, está dotada de una pieza de apoyo, colocada bajo un ángulo de 90° con respecto a la palanca. Por esta razón en la parte izquierda de la rueda las pesas, que se encuentran por la horizontal a mayor distancia del eje que en la derecha, la deben girar siempre en sentido de las agujas del reloj y obligarla a girar ininterrumpidamente.

Los motores mecánicos líquidos (con pesas líquidas) de principio no se diferencian de los de cuerpos sólidos descritos. La diferencia consiste solamente en que en lugar de las pesas que se desplazan con respecto a la rueda se emplea un líquido, que al girar se transvasa de tal manera, que su centro de gravedad se desplaza en la dirección requerida.

Todos estos motores desarrollaban en distintas formas la idea del hindú mencionado Bhascara (1150). Por la descripción se puede uno representar solamente el esquema principal del motor [2.6] así como se muestra en la fig. 1.7. En la circunferencia de la rueda, bajo un ángulo determinado a sus radios, están fijados a distintas distancias tubos cerrados llenos de líquido pesado, mercurio. En dependencia de la posición de la rueda el líquido se transvasa bien a la parte exterior de cada tubo, bien a la interior, creando de este modo la diferencia de peso de las partes derecha e izquierda de la rueda.

Sin entrar en detalles⁵ Bhascara escribe:

«.. la rueda llena de tal manera, al encajarla: sobre un eje que descansa sobre dos apoyos inmóviles, gira ininterrumpidamente por sí misma».

⁵ Los historiadores señalaban que los científicos indios antiguos, como regla, no recurrían a demostraciones detalladas, contando por lo visto, con un lector lo suficientemente comprensivo. Ellos simplemente daban el esquema y escribían «Mira».

Todos los proyectos siguientes de mpp mecánicos, tanto con pesas sólidas, como líquidas, en esencia repetían la misma idea: crear de una u otra manera un exceso de peso constante de un lado de la rueda sobre el otro, obligándola, a consecuencia de esto, a girar continuamente. Se podía en vez de una rueda utilizar varias ruedas enlazadas entre sí, como en el proyecto de Wilhelm Schreter (1664); se podían haber hecho las pesas en forma de bolas o rodillos rodantes o una correa pesada. Todos estos proyectos y muchos otros, se describen en la literatura [2.3-2.6].

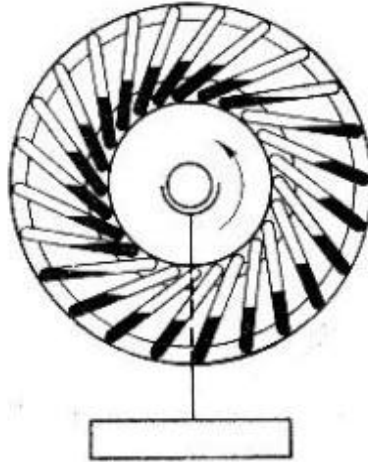
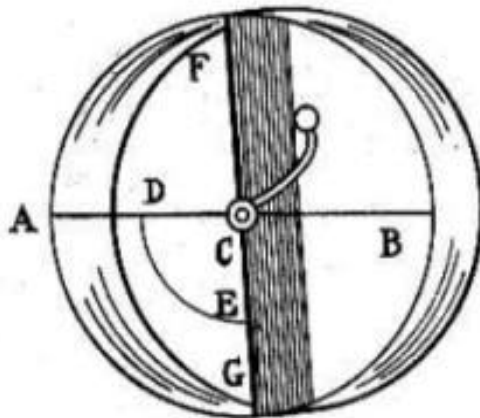


Fig. 1.7. Esquema básico del motor de Bhaskara

Existía incluso la idea de obligar a la rueda a rodar, haciéndola en forma de tambor dividido por un tabique vertical (fig. 1.8). A ambos lados de este tabique se debían echar dos líquidos de distinta densidad (por ejemplo, agua y mercurio). El autor de esta idea Klemens Septimus era discípulo de Galileo (verdad que no se destacó en nada). La descripción de este motor se da en el libro del conocido físico Juan Alfonso Borelli (1608-1679), miembro de la Academia de Florencia⁶.



⁶ La Academia de Florencia (Academia del Chimento academia de experimentos) fue una de las primeras sociedades científicas que aparecieron en el s. XVII en Europa. Sus fundadores fueron E. Torricelli y su discípulo V. Viviani, quienes continuaron las tradiciones de Galileo. R. Boyle era su miembro extranjero.

*Fig. 1.8. Motor perpetuo rodante, descrito
por A. Borelli*

Es curioso que en sus comentarios Borelli demostraba la incapacidad de trabajo de este motor. Él consideraba que no existían causas algunas para que el tambor de Septimus rodara, incluso si se moviera, alcanzaría la posición de equilibrio y se pararía. Esta afirmación se basaba en la idea de que la fuerza de la gravedad que actúa igualmente sobre todas las partes del dispositivo, no puede ser la causa de la alteración constante del equilibrio. La fuerza de la gravedad no puede realizar trabajo, que se transmita a una máquina cualquiera que la utilice.

Es evidente que Borelli ya comprendía perfectamente que las fuerzas de gravitación no pueden realizar trabajo, si el cuerpo se encuentra en el plano horizontal y su centro de gravedad no desciende.

La idea medieval de utilización de las fuerzas de la gravedad para la creación del motor, idea que rechazaba ya Borelli, no desapareció con el tiempo, ella existió hasta el s. XX y fue utilizada en la dirección de vanguardia de la técnica, para los vuelos espaciales. Verdad, que esto sucedió en la novela de ficción científica de H. Wells «Los primeros hombres en la Luna» (1901). Su protagonista Kayvor inventó un material extraordinario, la kayvorita, hecho de «una aleación compleja de metales y un nuevo elemento, me parece que helio». Este material era impermeable para la gravitación. «¡Qué maravillas, qué revolución en todo!» exclamó otro protagonista del libro Bedford.

«Por ejemplo, para levantar cargas incluso la más enorme, era suficiente colocar debajo de ella una hoja de la nueva sustancia y podía ser elevada como una pajita».

No es difícil imaginarse que la rueda más simple, incluso sin pesas ingeniosas, comenzaría a girar a enorme velocidad, si bajo una de sus mitades se colocara una hoja de «kayvorita». La mitad de la rueda, que conservó el peso, siempre atraería a la otra, que se hizo imponderable; la idea medieval del mpp sería fácilmente realizada.

Kayvor y Bedford utilizaron «kayvorita» para el vuelo a la Luna. Semejante material bajo el nombre de «lunita» fue empleado por los chisgarrabis, los protagonistas de la conocida novela-cuento de N. Nosov «Neznaika (el ignorante) en la Luna» para volar de la Luna a la Tierra. Pero los chisgarrabis fueron aún más lejos, hallaron otro material, la «antilunita», que neutralizaba la acción del primero.

J. A. Borelli no fue el primero quien rechazó ya en aquel tiempo la posibilidad de crear un mpp mecánico, basado en la utilización de las fuerzas de la gravedad. Su posición reflejaba una tendencia más general. Mientras los inventores de los mpp mecánicos se rompían la cabeza en las siguientes variantes de sus máquinas, se desarrollaba poco a poco la mecánica (y no sin su ayuda se perfeccionaban sus tesis en las discusiones con ellos). Ella elaboraba nuevas nociones que iban más allá de la mecánica antigua y permitían determinar cuantitativamente con precisión el resultado de la acción simultánea de varias fuerzas sobre el cuerpo. Con esto la nueva ciencia socavaba la base ideológica de los mpp mecánicos. En efecto, si se ha elaborado una regla clara de cómo calcular el resultado de la acción de las fuerzas aplicadas a la rueda (o ruedas) del mpp, entonces siempre es fácil determinar se encontrará la rueda en equilibrio o no. En el primer caso el motor no podrá funcionar. Si, al contrario, se demuestra que el equilibrio existirá constantemente, entonces el mpp «puede existir». El hecho, así pues, se reducía al establecimiento de la correspondiente ley de la mecánica (más exactamente, de su apartado, la estática).

El primer paso en esta dirección fue hecho, por lo visto, por el famoso Leonardo de Vinci (1452-1519). En el manuscrito de 1515 él introdujo la noción llamada hoy día en la mecánica

«momento estático de la fuerza». Desde los tiempos de Arquímedes se conocía la ley que determinaba las condiciones de equilibrio de una palanca recta. Ella componía el contenido del VI teorema de Arquímedes de las obras de la mecánica:

«Dos cargas commensurables se encuentran en equilibrio, si ellas son inversamente proporcionales a los brazos, sobre los cuales ellas están suspendidas». Con otras palabras (fig. 19, a.), si la carga (es decir, la fuerza con la cual las cargas son atraídas a la Tierra) se representa en forma de segmentos A y B que corresponden a las direcciones y la longitud, la condición de equilibrio será:

$$\frac{A}{B} = \frac{Ob}{Oa}$$

o bien, lo que es lo mismo (se desprende de las propiedades de la proporción),

$$A * Oa = B * Ob.$$

De este modo, la condición de equilibrio de la palanca puede ser expresada también así: «Los productos del peso de cada carga por la longitud del brazo de la palanca, sobre el cual ella está suspendida, deben ser iguales».

Pese a toda su importancia, la ley de Arquímedes no podía ser usada para el análisis del equilibrio de cualquier rueda del mpp mecánico que funciona con cargas sólidas o líquidas. El hecho consiste en que para tal análisis se necesitaba saber determinar el equilibrio también para el caso cuando la fuerza del peso de la carga está dirigida no bajo un ángulo recto a la palanca, como en la ley de Arquímedes, sino bajo cualquier ángulo, obtuso o agudo.

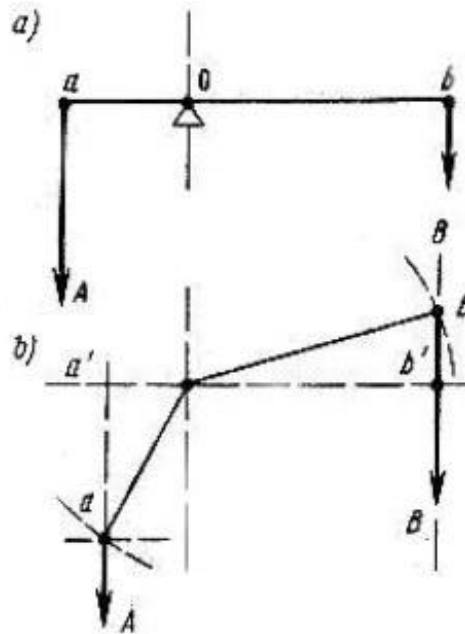


Fig. 1.9. Esquema que ilustra el desarrollo del VI teorema de Arquímedes por Leonardo de Vinci: a, palanca recta; b, palanca quebrada

En efecto, basta con mirar las figs. 1.3 ó 1.6 para ver que la fuerza de la gravedad está dirigida bajo los más distintos ángulos a los correspondientes radios de la rueda. Separemos, como ejemplo, dos cargas: una (B) está situada por encima del eje de la rueda y la otra (A) por debajo (fig. 1.9,b ¿Cómo resolver más general?

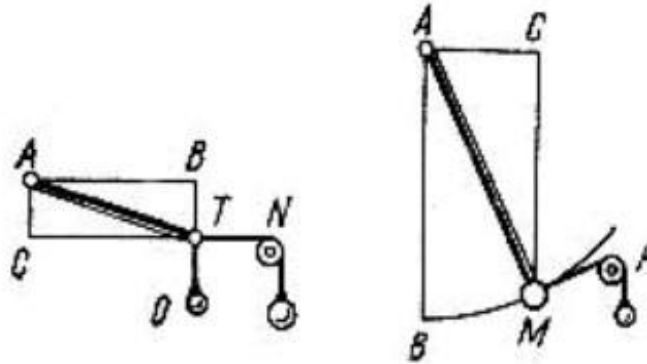


Fig. 1.10. Dibujos de Leonardo de Vinci, referentes al equilibrio de la palanca

Leonardo halló la siguiente solución, la cual mostró en dos ejemplos (las figuras correspondientes de su manuscrito se muestran en la fig. 1.10). El texto que se refiere a la figura izquierda es extremadamente claro: «Sea AT una palanca que gira alrededor del punto A. La carga O está suspendida del punto T. La fuerza N equilibra la carga O. Tracemos las líneas: AB perpendicularmente a BO, y AC perpendicularmente a CT. Yo llamo a AT palanca real, a AB y AC «palanca potencial». Existe la proporción

$$\frac{N}{O} = \frac{AB}{AC}$$

Es evidente que esta proporción puede escribirse de la manera siguiente:

$$O * AB = N * AC.$$

Con otras palabras, para el equilibrio de una palanca quebrada es necesario que el producto de las fuerzas por las correspondientes «palancas potenciales» sea igual. Estas palancas potenciales son las proyecciones de la palanca AT sobre los ejes correspondientes perpendiculares a la dirección de las fuerzas, es decir, hablando a la manera actual, sobre el «brazo de la fuerza». La condición de equilibrio consiste en la igualdad de los momentos estáticos, es decir, los productos de las fuerzas por las proyecciones de los brazos de la palanca sobre el eje perpendicular a la dirección de estas fuerzas.

Relaciones análogas fueron deducidas por Leonardo para el caso mostrado en la figura derecha. Aquí

$$\frac{F}{M} = \frac{AC}{AM}$$

De esta relación se desprende la igualdad de los momentos de las fuerzas:

$$F * AM = M * AC.$$

Volvamos al ejemplo mostrado en la fig. 1.9,b. Valiéndonos de la condición de Leonardo, obtenemos que el equilibrio se alcanzará al observar la igualdad

$$A * a'O = B * b'O.$$

Para comprobar las posibilidades de cualquier mpp mecánico hay que sumar todos los momentos de fuerzas (pesos) dispuestos a la derecha del eje O y hacer lo mismo con los pesos dispuestos a la izquierda.

Los primeros tienden a girarla rueda en el sentido de las agujas del reloj, los segundos, en sentido contrario. Si la suma total de los momentos es igual a cero (puesto que sus signos son contrarios), la rueda no se mueve, se alcanza el equilibrio.

De este modo es fácil demostrar que, pese a todos los subterfugios, la suma de los momentos de fuerzas en todos los mpp es igual a cero. Leonardo comprendía esto perfectamente. Solamente hace falta recordar las palabras de uno de sus apuntes sobre los mpp «¡Buscadores del movimiento perpetuo, cuántas ideas frívolas habéis arrojado al mundo!»

Desgraciadamente, los apuntes de Leonardo quedaron desconocidos tanto para sus contemporáneos, como para sus descendientes cercanos. Solamente desde finales del s. XVIII comenzó el descifrado planificado de sus cuadernos.

El problema de creación de la teoría que permita enfocar científicamente el análisis de los mpp mecánicos y responder a la pregunta de su capacidad de trabajo fue resuelto por el inglés John Wilkins, episcopo de Chester (1599-1658). Su trabajo era bastante independiente, puesto que él no conocía los resultados de Leonardo, obtenidos más de cien años antes.

Wilkins publicó su teoría en el libro «La magia matemática», que salió a la luz en 1648, en el idioma inglés (¡no en latín!). En este libro se habla de manera absolutamente clara sobre el momento estático de fuerza, una de las nociones fundamentales de la estática.

Los inventores de los mpp mecánicos con pesas, basándose en la conocida ley de la palanca de Arquímedes, suponían que cuanto más lejos del centro de la rueda se encuentra la carga, tanto con mayor fuerza debe girar la rueda. Esta regla es verdaderamente correcta, pero únicamente para la palanca horizontal (precisamente esta palanca examinaba Arquímedes). Es incorrecto extender esta ley para todas las cargas, independientemente de su disposición en la circunferencia de la rueda. Wilkins demostró esto evidentemente. Es fácil seguir la marcha de sus pensamientos con ayuda de la fig. 1.11, en la cual se representa el esquema de la rueda con centro en el punto A. El diámetro horizontal DC de la rueda está dividido en 10 partes iguales, y por los correspondientes puntos se han trazado circunferencias concéntricas con centro en el punto A. En distintos puntos de las circunferencias se han dispuesto cargas de igual peso, la acción de las cuales debe ser hallada. Si las cargas están situadas en el diámetro horizontal, el problema se resuelve fácilmente, a base de la regla de Arquímedes. Por ejemplo, la carga de una libra de peso en el punto C equilibrará 5 libras en el punto B, puesto que el brazo AC es 5 veces más largo que el brazo AB. Wilkins señala que esta relación seguirá válida, incluso si la carga se encuentra en el punto E o F, solamente hace falta que se encuentren en la misma vertical que C. Surgirá otra situación cuando las cargas se encuentren no en el diámetro horizontal, sino por encima o por debajo de él, como, por ejemplo, las cargas G, H o I, K, Wilkins comprendió perfectamente que en este caso la fuerza, con la cual ellas tenderán a girar la rueda en el correspondiente sentido, será otra. Es evidente que las cargas I, K son en este sentido inútiles, mientras que las cargas G y H perderán parte de su fuerza. Con el fin de determinar la acción de cada una de ellas, hay que multiplicar su peso por la longitud del segmento del diámetro horizontal, que se encuentra entre

el punto A y la línea vertical que pasa por el punto de suspensión de la carga. Para las cargas G o H éste será el punto M.

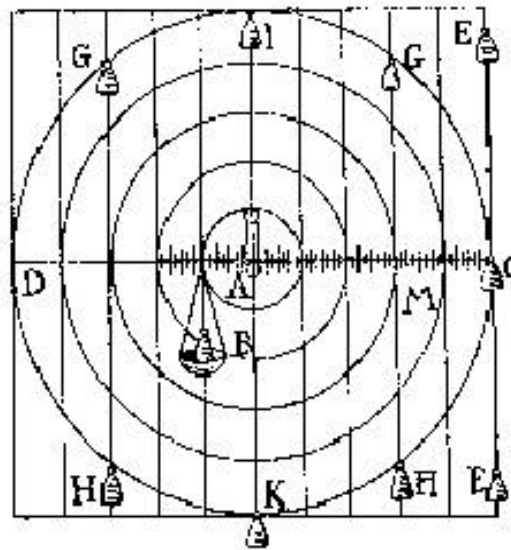


Fig. 1.11. Esquema de Wilkins para la deducción de la ley de equilibrio de las pesas

De este modo, Wilkins demostró que la acción de la carga, que gira la rueda, se determina por el producto de la fuerza (en este caso el peso de la carga) por el brazo (en este caso, el segmento del radio horizontal hasta su intersección con la vertical que pasa por el centro de la carga). La igualdad de todos estos productos, los momentos de las fuerzas que actúan sobre la rueda, determinarán su equilibrio; la desigualdad, el giro constante. Queda solamente demostrar que en cualquier mpp mecánico siempre se observa esta igualdad, y quedará demostrada la imposibilidad de su funcionamiento.

Verdad que Wilkins no introdujo el término de «momento de fuerza», pero ese hecho no cambia nada; fue establecida la ley fundamental de la estática. El trabajo de Wilkins ayudó a los mecánicos del tiempo ulterior a enunciar las tesis, las cuales les llevaron de lleno a la ley de conservación de la energía y enterraron definitivamente la idea del mpp-1. Pero eso estaba todavía muy lejos.

No obstante, los nubarrones se aglomeraron sobre el mpp no sólo por parte de la teoría. Los fracasos de la realización práctica de los modelos más diferentes también se reflejaban poco a poco. Por esta razón, algunos de los inventores (verdad, que muy pocos) se desilusionaron de la idea del mpp. Apareció una persona lo suficientemente valiente para reconocer no sólo ante sí misma, sino también ante otros la inutilidad de su trabajo de muchos años en semejantes máquinas. Esta persona fue el alemán Juan Joaquín Becher, quien creó un mpp «físico-mecánico» bastante complicado para el accionamiento del mecanismo de reloj. La idea del motor es la misma que la de los demás, descritos más arriba: el movimiento de las bolas, cargas rodantes, las cuales debían poner en movimiento un sistema de engranajes y palancas mutuamente enlazadas. El trabajo transcurría tan exitosamente, que el kurfursten de Maguncia ordenó edificar una torre de piedra especial para ubicar el reloj con el motor de Becher. (Esto fue en el año 1660, casi en el mismo tiempo cuando salió a la luz el libro de Wilkins.) Sin embargo, en lo sucesivo se frustraron las esperanzas puestas en este dispositivo.

Becher resumió todo su trabajo con las siguientes palabras: «Diez años me dediqué a esta imprudencia, perdiendo un montón de tiempo de dinero y haciendo perder mi buena reputación, todo esto únicamente para decir hoy día con plena convicción que el movimiento perpetuo es irrealizable». Este reconocimiento quedó, desgraciadamente, desconocido para los numerosos inventores del mpp.



Fig. 1.12 Motor perpetuo con «correas desequilibradas»

El problema de la inconsistencia de los mpp mecánicos con ruedas y pesas fue teóricamente resuelto, pese a que durante un largo tiempo dicha idea no se puso alcance de todos. Empero, el método de Wilkins no podía ayudar directamente en las discusiones sobre otra variante de mpp mecánico, por ejemplo, la que se muestra en la fig. 1.12, en la que la correa (o la cadena con pesas) es más pesada por un lado que por el otro. ¿Deberá «funcionar» esta diferencia de peso o no?

La teoría, que permitió resolver este problema, fue elaborada ya antes por el excelente matemático holandés, mecánico e ingeniero Simón Stevin (1548-1620). Esta teoría se refiere al equilibrio de los cuerpos que se encuentran en un plano inclinado, pero las deducciones de ella tienen un significado más general. Lo más interesante en la marcha de los razonamientos de Stevin es que él no considera necesario demostrar la imposibilidad de crear el mpp; él considera que esto es una verdad, que no requiere demostración, es un axioma. Solamente Leonardo de Vinci ocupaba semejante posición clara antes de Stevin.

El dibujo, que se refiere a la teoría del equilibrio de los cuerpos en un plano inclinado, Stevin lo consideró tan importante, que lo sacó a la página de portada de su tratado «Sobre el equilibrio de los cuerpos» editado en Leyden (1586). En el dibujo de Stevin (está reproducido en la fig. 1.13) se muestra un prisma triangular, las caras del cual tienen distinta anchura. La cara más ancha está colocada horizontalmente, por debajo de las otras. Las otras dos, inclinadas, están hechas de tal manera, que la derecha tiene una anchura dos veces menor que la izquierda. Sobre el prisma se ha puesto una cadena cerrada con 14 bolas pesadas iguales. Examinando el equilibrio de esta cadena, se puede ver (si se excluyen las ocho bolas inferiores, las cuales están, evidentemente, equilibradas) que en la cara más pequeña se encuentran dos bolas, y en la mayor, cuatro. «¿Se

encontrará la cadena en equilibrio?» - pregunta Stevin. Si esto es así, sucede un milagro. ¡Cuatro bolas se equilibran por dos!

«Si esto no fuera así, escribe él, la fila de bolas debería (al ponerse en movimiento) ocupar la misma posición que antes. Por la misma causa las ocho bolas izquierdas deberían, por ser más pesadas que las seis derechas, descender, y las seis, subir, de tal manera que las bolas realizarían movimiento ininterrumpido y perpetuo».

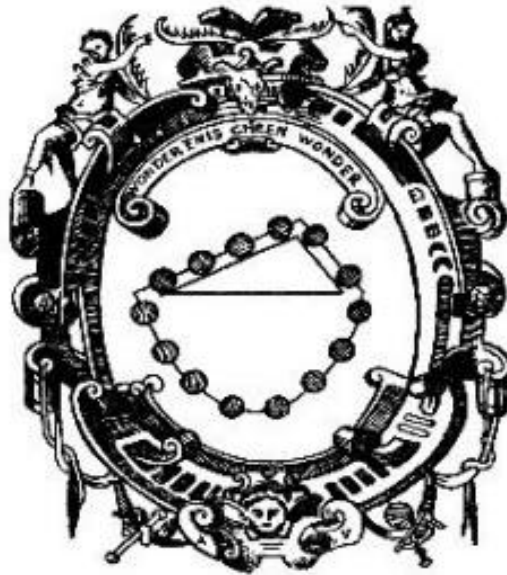


Fig. 1.13. Dibujo de la página de portada del tratado do 5. Stevin «Sobre el equilibrio de los cuerpos»

Así pues, surge una pregunta, la respuesta a la cual se ha sacado a la inscripción del dibujo, colocado en la página de portada «El milagro no es milagro» (en el idioma flamenco). Stevin, partiendo de la imposibilidad del movimiento perpetuo, afirma que no existe ningún milagro, y que dos bolas equilibran «legítimamente» a cuatro. él deduce el teorema: «Un cuerpo en un plano inclinado se mantiene en equilibrio por la fuerza que actúa en la dirección del plano inclinado, y que es tantas veces menor que su peso, en cuantas la longitud del plano inclinado es mayor que su altura».

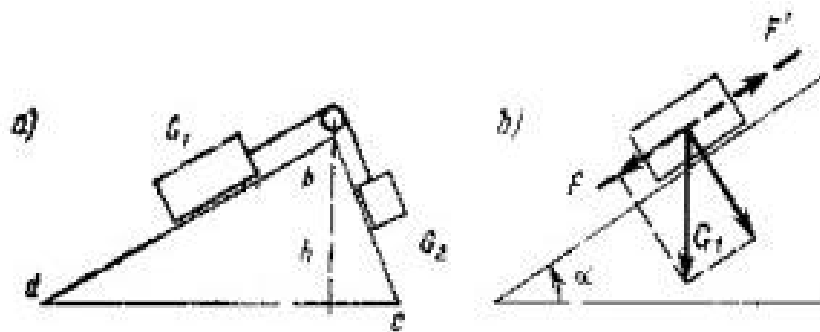


Fig. 1.14 Equilibrio de los cuerpos en un plano inclinado: a, según Stevin; b, según la interpretación actual

Si se toman dos cargas G_1 y G_2 (fig. 1.14,a), la condición de su equilibrio para los datos del problema de Stevin se escribirá así:

$$\frac{G_1}{G_2} = \frac{ab}{bc} = \frac{2}{1}$$

Cuatro bolas pesan precisamente dos veces más que dos. Valiéndose de la terminología actual, se puede expresar este teorema en una forma más cómoda (fig. 1.14,b): la fuerza F' , que sostiene la carga en el plano inclinado y cuyo valor es igual a la fuerza F , dirigida en sentido opuesto, que tiende a desplazarla, se determina (si se menosprecia el rozamiento) por el producto de su peso G por el seno del ángulo (de inclinación de plano a la horizontal):

$$F = G \text{ sen } (\alpha)$$

Si el plano es vertical, entonces $\alpha = 90^\circ$ y $\text{sen } (\alpha) = 1$, en este caso $F = G$; si el plano es horizontal, entonces $\alpha = 0$ y $F = 0$.

Stevin, con seguridad, basándose en los innumerables datos prácticos, dedujo una de las leyes más importantes de la estática. Aplicando esta ley a los proyectos de mpp parecidos al mostrado en la fig. 1.12 y análogo a él, es fácil ver que el peso de las partes inclinadas de la correa pesada (o de cargas), suspendidas por la diagonal, no puede ser considerado igual a la fuerza, con la cual ellas giran las ruedas de los motores. Se debe tener en cuenta que esta fuerza es tanto menor, cuanto mayor es la desviación de la correa (o la cadena con pesas) de la vertical. Si en cada caso concreto se realiza el correspondiente cálculo, se aclarará que las fuerzas que actúan por ambos lados sobre la rueda (o ruedas) del motor, serán inevitablemente con exactitud iguales.

De este modo, Wilkins y Stevin crearon la base científica, que permite mostrar la irrealizabilidad de cualquier mpp mecánico. No obstante, la ausencia de la teoría general, que muestre la irrealizabilidad de cualquier mpp, conservaba la posibilidad de búsqueda tanto de las nuevas soluciones de mpp, como de fundamentación de la posibilidad de su existencia.

Esto se nota sobre todo al estudiar los mpp magnéticos. La ciencia sobre los imanes, a diferencia de la mecánica, se encontraba en estado embrionario; por esta razón, la discusión alrededor de ellos se llevaba a cabo, principalmente, en un plano filosófico general.

1.4. Los mpp magnéticos

El primer mpp magnético conocido fue la máquina de Pedro Pilgrim (1269), descrita al principio de este capítulo (fig. 1.4).

Los nuevos tipos de móviles perpetuos magnéticos, que aparecieron más tarde, se basaban, lo mismo que el primero, en la analogía entre la fuerza de la gravedad y la fuerza de atracción del imán.

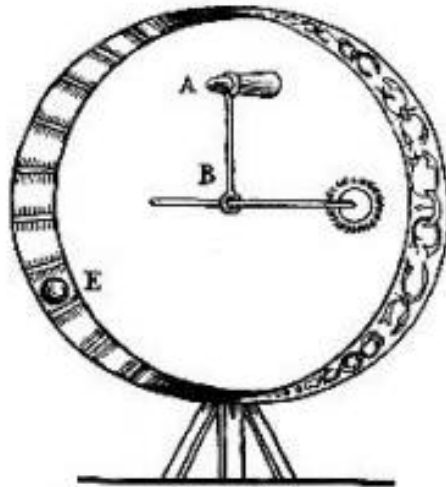


Fig. 1.15. Representación esquemática de mpp magnético de Johann Tesnerius

Semejante analogía era absolutamente natural; ella se apoyaba con los razonamientos filosóficos generales; además, la fuerza del imán se podía comparar directamente con la fuerza de la gravedad.

Efectivamente, si sobre uno de los platillos de la balanza se coloca un pedazo de hierro, y sobre el otro, una pesa de igual peso, entonces, actuando por abajo sobre el hierro con un imán, se puede determinar su fuerza. Para ello hay que equilibrar de nuevo la balanza, la carga adicional será igual a la fuerza de atracción del imán. Semejante medición fue realizada por Nicolás Krebs (1401-1464) conocido por el nombre de Nicolás de Cuza (por el pueblo Cuza de Moselle).

Precisamente la acción conjunta de dos fuerzas idénticas del imán y de la gravedad- sirvió de base para casi todos los mpp magnéticos propuestos después de Pedro Pilgrim.

El primero de ellos fue el motor inventado por Juan Tesnerius, arzobispo de Colonia a finales de los años 50 del s. XVI. El se entregó durante muchos años al estudio de todo lo que estaba relacionado con los imanes; esto le condujo a la deducción de que «en ninguno de los casos el movimiento perpetuo puede ser alcanzado por ninguno de los métodos, a excepción del empleo de la piedra magnética».

En la obra sobre la naturaleza de los fenómenos magnéticos él expone una instrucción peculiar para aquellos quienes deseen construir un mpp magnético, y da su imagen esquemática (fig. 1.15).

La traducción del latín de la parte principal de esta instrucción se publicó en [2.4]. Este curioso documento se merece que se exponga aquí.

«Coge un recipiente de hierro, a semejanza de cristales cóncavos, adornados por fuera con distintos dibujos grabados, no sólo para belleza, sino también para su ligereza, puesto que cuanto

más ligero sea el recipiente, tanto mejor se podrá poner en movimiento. Pero él no debe ser transparente, de tal manera que se pueda ver el misterio que en él se encierra.

En la parte interior del recipiente debe haber una gran cantidad de pequeños pedacitos iguales pesados de hierro, del grosor de un guisante o de una haba. La rueda dentro del recipiente debe tener igual peso en todas sus partes. El dispositivo en el cual la rueda puede girar, se ha colocado en el centro de tal manera, que él permanece absolutamente inmóvil. A él se sujeta un pasador de plata B, en el punto más alto del cual se encuentra el imán A. Cuando está preparada de este modo la piedra magnética, se le debe dar una forma circular, con esto se determinan los polos. Después, dejando los polos inmóviles, ambas partes opuestas se sierran en el centro en forma de huevo; además de eso aquellos dos lados deben ser aplastados, con el fin de que la parte baja ocupe el lugar más bajo y, de este modo, hará contacto con las paredes del recipiente, que como si fuera una rueda. Cuando todo esto se ha cumplido, se coloca la piedra en el pasador de tal manera, que el polo norte este algo inclinado en dirección a la banda de hierro, para que la fuerza actúe sobre ella no directamente, sino bajo un ángulo determinado.

De este modo, cada banda se acercará al polo norte y luego, cuando ella, como resultado de la rotación de la rueda, pase al lado del polo norte, ella llegará al polo sur, el cual la rechazará, y ella de nuevo será atraída hacia el polo norte, de tal manera quedará en movimiento.

Para que la rueda cumpla su trabajo con mayor rapidez, hay que introducir en el recipiente una piedrecita metálica o de plata E de tal tamaño, que entre fácilmente entre las dos bandas. Cuando la rueda sube, la piedrecita cae al lado opuesto, y puesto que el movimiento de la rueda en dirección de la parte más baja es perpetuo, también será perpetua la caída de la piedrecita entre las dos bandas, dado que ella, a consecuencia de su gravedad, tiende hacia el centro de la Tierra y al lugar más bajo...»

Es poco probable que sea posible crear una máquina real a base de semejante «documentación técnica» al estilo de guías alquímicas; el propio arzobispo científico, por lo visto, no hizo tal tentativa. Es más, seguramente no fue él quien inventó semejante motor, sino que lo apropió de alguno de sus antecesores.

A pesar de la insuficiencia de datos sobre la máquina de Tesnerius, su idea, en general, está clara. Ella consiste en que cada placa de hierro, fijada en la rueda, al principio era atraída hacia el polo norte del imán A, y luego era repulsada en la misma dirección del polo sur, recibiendo de este modo dos impulsos consecutivos hacia un lado. Luego, al girar la rueda, a su lugar llega la siguiente placa, etc.

Es interesante el papel de la bolita E, la cual, cayendo periódicamente al girar la rueda de su lado izquierdo al derecho, da, según la opinión del autor, fuerzas adicionales que ayudan a su giro. De este modo, el autor de Tesnerius representa cierto «híbrido» del mpp principal (magnético) y auxiliar (mecánico).

En la literatura no existen ningunos datos sobre las tentativas de comprobar experimentalmente este dispositivo.

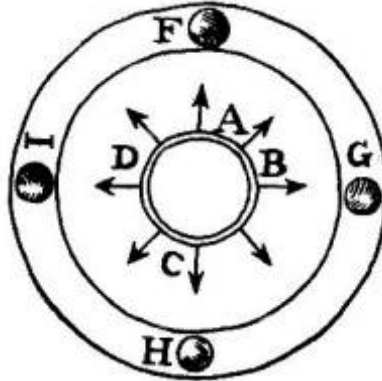


Fig. 1.16. Mpp magnético de A. Kircher

Un mpp magnético aún más interesante fue propuesto por un aficionado a la ciencia, inventor y coleccionista, el jesuita Atanasio Kircher⁷ (1602-1680). Su motor es extremadamente simple. Como se ve en la fig. 1.16 él consta de un círculo de hierro ABCD, en el cual están situadas radialmente unas flechas de hierro dirigidas hacia afuera. Este círculo debe girar bajo la acción de cuatro imanes I, F, G y H, situados en el anillo exterior.

Por qué Kircher decidió que el círculo con las flechas girará, no está claro. Todos los inventores anteriores de semejantes motores anulares pretendían crear cierta asimetría, con el fin de provocar una fuerza dirigida por la tangente. A Kircher no le surgieron tales ideas. él razona todavía al estilo medieval absolutamente escolástico. El incluso afirmaba seriamente que la fuerza de atracción del imán aumentará si éste se coloca entre dos hojas de la planta *Isatis Sylvatica*.

Un mpp magnético más interesante y original fue descrito por el conocido ya por nosotros Wilkins en su libro «Una centena de invenciones» (1649). El esquema de este motor se representa en la fig. 1.17. Hacia un imán esférico, situado sobre un montante, conducen dos canales inclinados: uno de ellos el (A) es recto y está colocado más arriba, y el otro (B) es curvo y está colocado más abajo. El inventor consideraba que una bola de hierro, colocada en el canal superior, rodará hacia arriba atraída por el imán. Pero como delante del imán en el canal superior se ha practicado un agujero, la bola caerá en él, rodará por el canal inferior, y por su parte encorvada saldrá de nuevo al canal superior y se moverá hacia el imán, y así sucesivamente hasta lo infinito.

⁷ Él se dedicaba también al mpp mecánico, demostrando teóricamente a base de la tesis, que «con una carga pequeña se puede levantar otra más grande», que semejante motor es posible. Pese al caudal teórico no muy profundo Kircher era un inventor talentoso. Esto lo demuestra el hecho de que él inventó la linterna de proyección («mágica»).

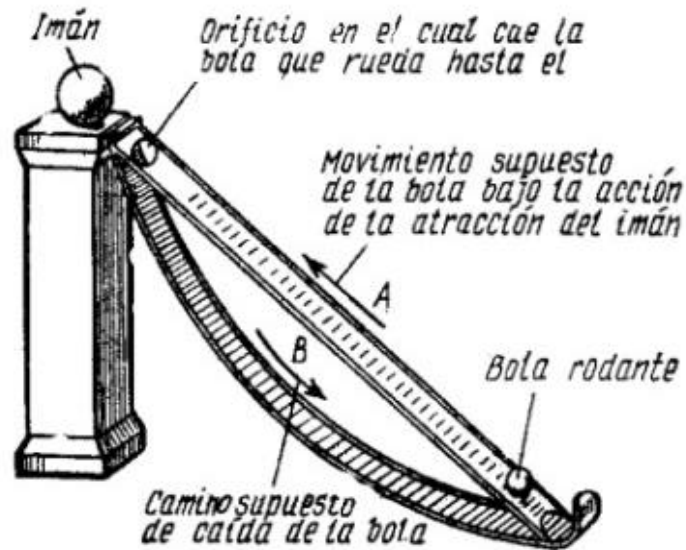


Fig. 1.17. Esquema del mpp magnético describe en el libro «Una centena de invenciones» de J. Wilkins

Wilkins, quien como ya vimos, llegó a comprender bien los problemas de principio de los mpp mecánicos, resultó a la altura también en este caso. Después de terminar la descripción de esta estructura, él escribe: «Pese a que esta invención a primera vista parece posible, un examen detallado mostrará su inconsistencia». La idea principal de Wilkins en este razonamiento se reduce a que si incluso el imán es lo suficiente potente para atraer la bola desde el punto inferior, entonces con mayor razón no la dejará caer a través del agujero, dispuesto muy cerca de él. Si, al contrario, la fuerza de atracción es insuficiente, entonces la bola no será atraída. En principio la explicación de Wilkins es correcta; es característico que él comprende perfectamente lo rápido que disminuye la fuerza de atracción del imán al aumentar la distancia hasta él. Posiblemente, Wilkins tuvo en cuenta también los puntos de vista del famoso Guillermo Gilbert (1544-1603), médico cortesano de la reina Isabel de Inglaterra, quien tampoco apoyó la idea de este motor. En el libro de Gilbert «Sobre el imán, los cuerpos magnéticos y el gran imán, Tierra» (1600) no sólo se da la lista de datos conocidos para aquel tiempo sobre el magnetismo, sino que también se describen los nuevos resultados obtenidos en los numerosos experimentos.

En el prefacio del libro Gilbert escribía:

«En el descubrimiento de los enigmas y la investigación de las causas ocultas de las cosas, de los experimentos precisos y las tesis demostradas se obtienen deducciones más sólidas que de las suposiciones y opiniones incomprensibles de los filósofos rutinarios». ¡En cuánto se diferencia esta clara posición de los razonamientos del filósofo-arzobispo Tesnerius!

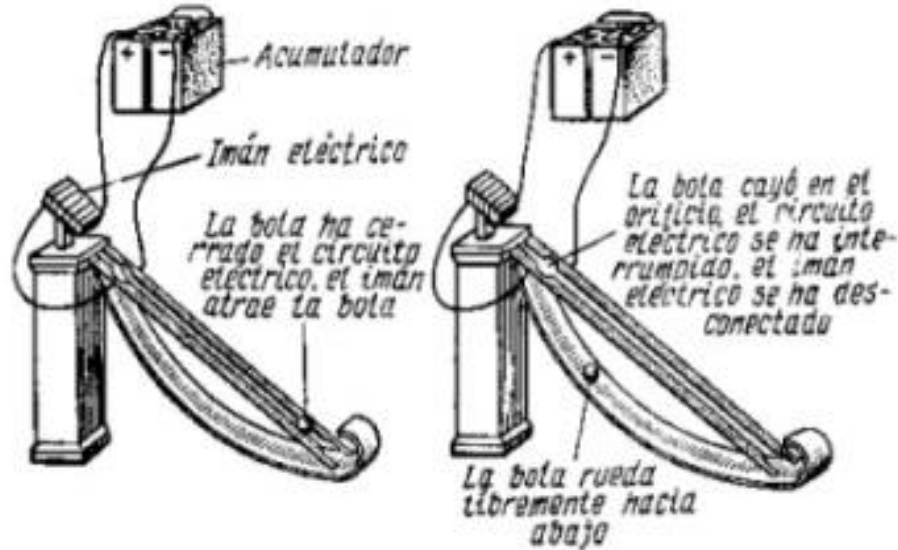


Fig. 1.18 Mpp magnético «perfeccionado» del Siglo XX

En el siglo XX se halló al fin y al cabo la posibilidad de realizar el dispositivo con la bola que se mueve «eternamente» por dos canales, que correspondía exactamente por su vista exterior al mpp magnético, descrito por Wilkins. Semejante motor «perfeccionado» se muestra en la fig. 1.18. El canal superior se fabrica de dos bandas metálicas eléctricamente aisladas una de la otra, y en lugar del imán permanente sobre el montante coloca un electroimán. El devanado del electroimán se conecta a un acumulador o a otra fuente de energía eléctrica de tal manera, que el circuito se cierre a través de la bola de hierro, cuando ella se encuentra en el canal superior, haciendo contacto con ambas bandas del mismo. Entonces el electroimán atrae la bola (dibujo izquierdo). Al llegar rodando hasta el agujero, la bola desconecta el circuito, cae y rueda por el canal inferior (dibujo inferior) regresando por inercia al canal superior, etc. Si se esconde el acumulador en el montante (o tender a través de él sin que se noten los cables para la alimentación del electroimán desde fuera), y el propio electroimán se coloca en una funda esférica, se puede considerar que está preparado el mpp en funcionamiento. A aquellos, quienes no conocen (o no pueden adivinar) el secreto, este dispositivo ejerce una gran impresión.

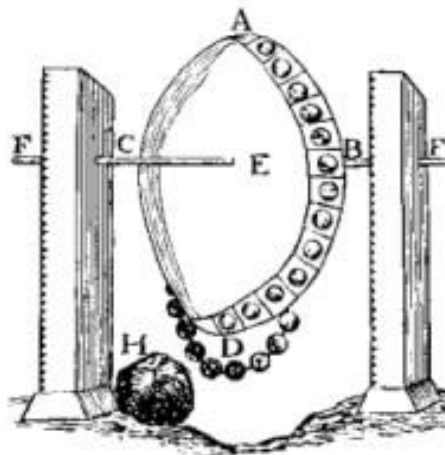


Fig. 1.19. Mpp magnético gravitacional del doctor Jakobus

No es difícil ver que en este juguete se ha eliminado precisamente el defecto, indicado por Wilkins, la posibilidad de que la bola se atraerá hacia el imán y no caerá en el agujero. El imán cesará de actuar precisamente en el momento cuando la bola debe caer en el agujero, y se conecta de nuevo cuando hay que atraer la bola hacia arriba.

Semejantes juguetes, que imitan de distintos modos al mpp, en los últimos años se han ideado y fabricado en bastante cantidad. Más abajo, en el cap. 5 se da un apartado especial sobre los pseudo-mpp, en el que se examinan distintos dispositivos que se consideran (o se hacen pasar) como mpp.

Representa interés otro proyecto más de mpp magnético propuesto por cierto doctor Jakobus. Como se ve en la fig. 1.19, éste es en esencia un mpp semigravitacional-semimagnético. En el eje CB se ha colocado la rueda E con la cadena AD de bolas pesadas de hierro puesta sobre ella. El imán H, situado a un costado, atrae la cadena hacia un lado, creando asimetría con relación al eje de la rueda. Por el lado donde está situado el imán habrá más bolas con la particularidad de que parte de estas bolas se encontrarán a mayor distancia del eje. Por todas estas causas, como consideraba el autor creía, que la rueda deberá girar. Esto, naturalmente, no sucederá. La acción total del imán sobre las bolas, dispuestas tanto por un lado, como por el otro, creará, claro está, unos momentos de fuerza determinados, sin embargo ellos estarán dirigidos hacia lados opuestos y su suma, tomando en consideración los momentos de las fuerzas de atracción, siempre será igual a cero.

Ulteriormente fueron propuestos muchos otros mpp magnéticos, entre los cuales había ejemplos muy complicados [2.1-2.6]; algunos de ellos fueron construidos, pero tuvieron la misma suerte que los demás. La idea de uno de semejantes motores magnéticos construidos fue expuesta ya al final del s. XVIII. Cierta zapatero escocés de apellido Spens halló una sustancia que apantallaba la fuerza de atracción y de repulsión del imán. Se sabe incluso que era de color negro. Con ayuda de esta sustancia Spens aseguró el funcionamiento de dos mpp magnéticos construidos por él. Los logros de Spens fueron descritos por el físico escocés David Brewster (1781-1868) en la revista francesa «Anales de física y química» en el año 1818. Aparecieron incluso testigos: en el artículo se escribe que «el señor Pleifer y el capitán Keiter examinaron estas dos máquinas (fueron exhibidas en Edinburgo) y expresaron su satisfacción de que por fin el problema del móvil perpetuo ya se ha resuelto» ¡Así! A continuación, como ordinariamente, no sucedió ninguna clase de «actas de introducción».

Hay que señalar, que en el sentido del descubrimiento de la sustancia que apantalla el campo magnético, Spens no hizo nada particular y su «polvo negro» no hace falta para eso. Es bien conocido que para ello es suficiente una chapa de hierro, con la cual se puede tapar el campo magnético. Otra cosa es crear de este modo un mpp, puesto que para el movimiento de la chapa que apantalla el campo magnético, hay que consumir, en el mejor de los casos, tanto trabajo, cuanto proporcionará el motor magnético.

La cantidad total de motores magnéticos era menor que la de mecánicos y sobre todo de hidráulicos. Pasemos a estos últimos.

1.5. Los mpp hidráulicos

La gran atención que prestaban los inventores de los mpp a las tentativas de utilizar para ellos la hidráulica, claro está, no era casual.

Es bien conocido, que los motores hidráulicos estaban ampliamente divulgados en la Europa medieval. La rueda hidráulica servía como base principal de la energética de la producción medieval incluso hasta el Siglo XVIII.

En Inglaterra, por ejemplo, según el inventario agrario existían 5000 molinos hidráulicos. Pero la rueda hidráulica se aplicaba no sólo en los molinos; poco a poco se comenzó a utilizarla también para el accionamiento del martillo en los talleres de forja, de los cabrestantes, las trituradoras, los fuelles de forja, máquinas herramienta, sierras múltiples, etc. No obstante, la «energética hidráulica» estaba ligada a determinados lugares de los ríos. pero, la técnica requería un motor que pudiera funcionar en todos los lugares donde sea necesario. Por esta razón, era absolutamente natural la idea de un motor hidráulico que no dependiera del río. Efectivamente, la primera mitad del problema, cómo utilizar la altura del agua, estaba clara. Aquí se acumuló la suficiente experiencia. Quedaba la otra mitad del problema: crear esta altura artificialmente. Desde la antigüedad ya se conocían los procedimientos para suministrar ininterrumpidamente el agua de abajo arriba. Entre los dispositivos necesarios para esto el más perfeccionado era el tornillo de Arquímedes. Si se une semejante bomba con la rueda hidráulica, el ciclo se cerrará. Para comenzar hace falta solamente llenar de agua el estanque de arriba. El agua, al bajar de este estanque, girará la rueda, mientras que la bomba, accionada por ella, de nuevo suministrará el agua a dicho estanque. Así pues, resulta un motor hidráulico que funciona, por decirlo así, «a autoservicio». No necesita río alguno; él mismo creará la altura necesaria y al mismo tiempo pondrá en movimiento el molino o la máquina herramienta.

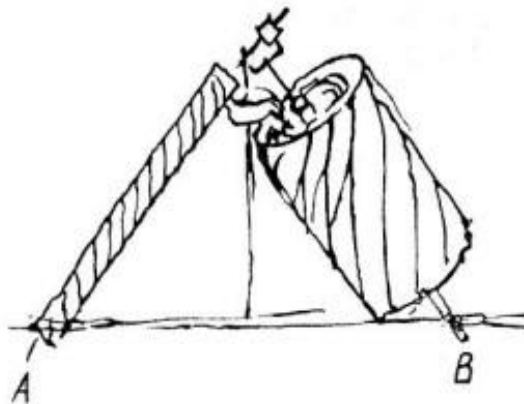


Fig. 1.20. Esbozo del mpp hidráulico de los cuadernos de Leonardo de Vinci

Para un ingeniero de aquellos tiempos, cuando todavía no existía la noción de energía y el principio de su conservación, en esta idea no había nada de extraño. Muchísimos inventores trabajaban, intentando ponerlo en la práctica. Solamente algunas grandes inteligencias comprendían que esto es imposible; y uno de los primeros entre ellos fue el genio universal, Leonardo de Vinci. En sus cuadernos se encontró el bosquejo de un mpp hidráulico (fig. 1.20). La línea horizontal abajo del dibujo muestra el nivel de agua en el tanque, del cual la máquina toma el agua. La máquina consta de dos dispositivos giratorios enlazados entre sí A y B, entre los

cuales se ha colocado un vaso lleno de agua. El dispositivo A representa un tornillo de Arquímedes, que suministra el agua del tanque inferior al vaso. El dispositivo B gira, accionado por el agua que cae del vaso, y gira la bomba A, el tornillo de Arquímedes; el agua usada se vierte de nuevo al tanque.

Leonardo, en lugar de la rueda hidráulica, conocida entonces, utilizó la turbina de agua, haciendo de paso una de sus invenciones. Esta turbina, la bomba invertida, es el tornillo de Arquímedes. Leonardo comprendió que si se vierte agua sobre la rueda, ella girará por sí sola, transformándose de bomba hidráulica en turbina.

A diferencia de sus contemporáneos y los futuros inventores de los mpp hidráulicos de este tipo (motor hidráulico + turbina hidráulica) Leonardo sabía que ello no podrá funcionar. Al agua, en la cual no hay diferencia de niveles, él la llamó muy metafórica y exactamente «agua muerta». Él comprendía que el agua cayente puede en el caso ideal elevar la misma cantidad de agua al nivel inicial y nada más; ella no puede realizar ningún trabajo suplementario. Para las condiciones reales las investigaciones del rozamiento realizadas por él dieron razón para considerar que incluso esto no se alcanzará, puesto que «del esfuerzo de la máquina hay que restar lo que se pierde en el rozamiento en los apoyos». Entonces, Leonardo fulminó la sentencia definitiva: «es imposible poner en movimiento el molino con ayuda del agua muerta». Esta idea sobre la imposibilidad de obtener trabajo «de la nada» (por ejemplo, del «agua muerta») fue desarrollada más tarde por R. Descartes y otros pensadores; en resumidas cuentas ella condujo al establecimiento del principio general de conservación de la energía.

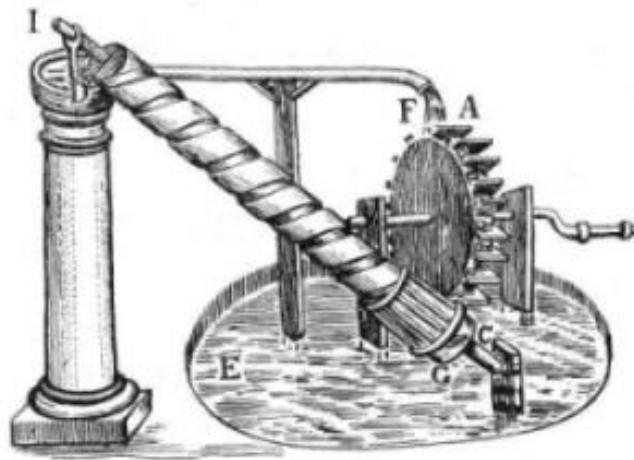


Fig. 1.21. Motor hidráulico «tipo»

Pero, todo esto sucedió mucho más tarde. Mientras tanto, los inventores de los mpp hidráulicos elaboraban nuevas y nuevas variantes, explicando cada vez sus fracasos por unas u otras faltas particulares.

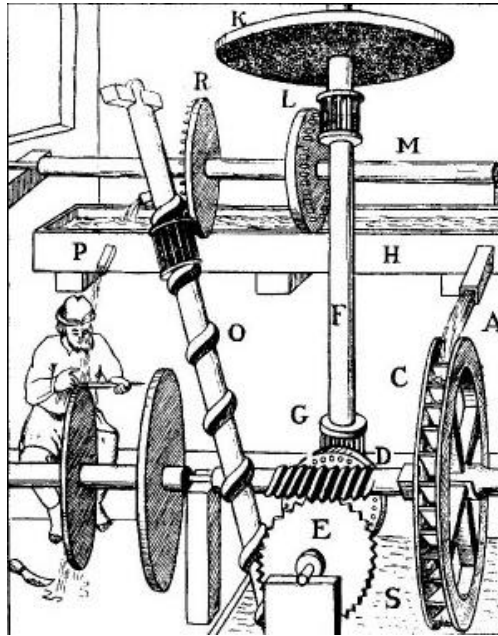


Fig. 1.22. Motor hidráulico para el accionamiento de una piedra de afilar

Como ejemplo clásico de un mpp hidráulico puede servir la máquina mostrada en la fig. 1.21. Una variante más compleja de semejante motor (fig. 1.22), utilizado para fines prácticos, ha sido cogida del libro de G. Becker «Nuevo teatro de máquinas» editado en Nuremberg en 1661. Este motor, destinado para hacer girar una piedra de afilar, fue propuesto por el italiano Jacobo de Strada en el año 1575 (por otras fuentes en 1629). Del depósito de agua inferior S la bomba helicoidal O con un piñón que se pone en movimiento con ayuda de la rueda dentada R, trasiega el agua a la bandeja superior. De aquí el agua se vierte a la rueda C, la cual, por intermedio del árbol D, pone en movimiento la piedra de afilar. Por intermedio de un sistema complejo de transmisiones (tornillo sin fin y las ruedas dentadas E, G, L y R) la rueda C pone también en movimiento la bomba O. Para la uniformidad del movimiento en el árbol vertical se ha establecido el volante K.

El autor está tan convencido de que al flujo A el agua se suministra con exceso y que bastará para todas las necesidades, que por el tubo P vierte parte de la misma para humectar la piedra de afilar, a la cual trabaja el afilador. Aquí se ha hecho todo lo que puede ser previsto por un constructor experimentado. Pero, en la máquina llamada por él «arte de giro y rotación con doble transmisión», no se ha tomado en cuenta solamente una circunstancia: la bomba nunca podrá elevar tanta agua, como necesita la rueda de trabajo. El experimento mostraba cada vez precisamente este hecho.

Uno de los artificios para superar las dificultades, consistía en obligar al agua a elevarse (y verse) en menor diferencia de alturas. Para ello se preveía un sistema en cascada de varias bombas y ruedas de trabajo unidas en serie. Semejante máquina, descrita en el libro de 3. Wilkins ya conocido por nosotros, se muestra en la fig. 1.23.

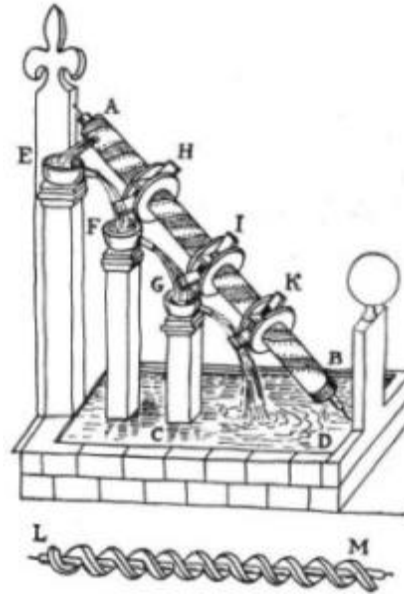


Fig. 1.23. Mpp hidráulico en cascada tri-escalonado con un tornillo de Arquímedes

La elevación del agua se realiza por medio de una bomba de hélice, compuesta por el tubo inclinado AB, en el cual gira el rotor LM, mostrado más abajo aparte. Éste se pone en movimiento por tres ruedas de trabajo H, I y K, sobre las cuales el agua se suministra desde tres vasos dispuestos en cascada E, F y G. En la valoración de este motor Wilkins, lo mismo que en la apreciación de los casos descritos anteriormente, estuvo a la altura debida. Él no sólo rechazó este motor por razonamientos generales, sino que incluso calculó que para la rotación de la espiral «se requiere tres veces más agua, que la que ella suministra hacia arriba».

Señalemos que Wilkins, lo mismo que muchos de sus contemporáneos, comenzó a dedicarse a la mecánica e hidráulica con las tentativas de inventar el móvil perpetuo. Un ejemplo más que estimula la acción del mpp-1 a la ciencia de aquellos tiempos.

«La primera vez que yo pensé en esta invención, yo me detuve con fuerza de no chillar, lo mismo que Arquímedes, «eureka». Me pareció que por fin se encontró un medio fácil de realizar el móvil perpetuo - escribía él en 1684, recordando sus tentativas de crear un mpp hidráulico con auxilio de una rueda hidráulica y del tornillo de Arquímedes para la elevación del agua. Sin embargo, bajo la influencia de los fracasos experimentales él encontró fuerzas para realizar el análisis teórico y pasar de las fantasías sin fundamento al análisis científico.

Wilkins dio la primera clasificación de los métodos de construcción de los móviles perpetuos:

- 1) con ayuda de la extracción química (estos proyectos no llegaron hasta nuestros días);
- 2) con ayuda de las propiedades del imán;
- 3) con ayuda de las fuerzas de la gravedad.

El refería los mpp hidráulicos (con absoluta razón) al tercer grupo.

En resumen Wilkins escribió clara y unívocamente «Yo he sacado la conclusión de que este dispositivo es incapaz de funcionar». Este aficionado a la ciencia, episcopo, dio en el siglo XVII

un digno ejemplo de cómo hay que vencer los errores y hallar la verdad. ¡ Si a él le hubiesen seguido los inventores diplomados de los mpp del siglo XX !

Entre otros mpp hidráulicos cabe señalar la máquina del jesuita polaco Stanislav Solski, quien para poner en movimiento la rueda de trabajo hacía uso de un cubo con agua. En el punto superior la bomba llenaba el cubo, éste descendía, girando la rueda, en el punto inferior el cubo se volcaba y vacío subía; luego el proceso se repetía. Cuando el padre demostró esta máquina en Varsovia (1661) al rey Casimiro le gustó mucho. No obstante, incluso los éxitos profanos de los inventores titulados no podían ocultar el hecho de que los mpp hidráulicos del sistema «bomba - rueda hidráulica» en la práctica no funcionaban. Hacían falta nuevas ideas, valiéndose de las cuales se pudiera elevar el agua desde el nivel inferior al superior sin gasto de trabajo, sin emplear la bomba mecánica. Y semejantes ideas aparecieron, tanto a base de la utilización de los fenómenos ya conocidos, como en relación con los nuevos descubrimientos físicos.

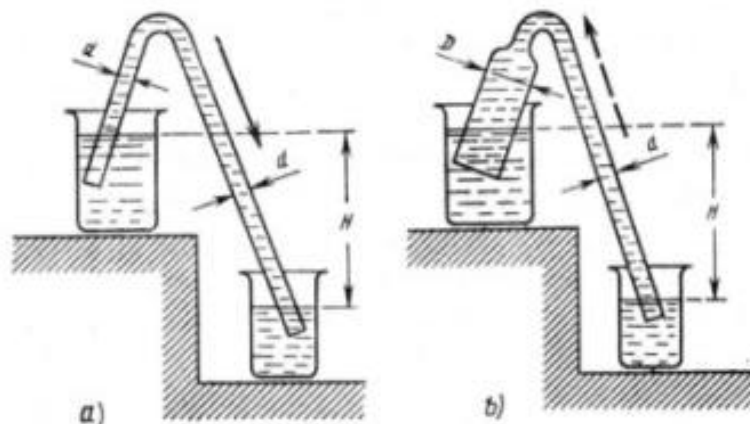


Fig. 1.24. Principio de funcionamiento de un mpp hidráulico de sifón: a; un sifón corriente; b, sifón «inverso» con el codo superior ensanchado

La primera de las ideas, la cual hay que recordar, es el empleo del sifón. Este dispositivo, conocido ya desde tiempos antiguos (se menciona por Herón de Alejandría), se utilizaba para la transfusión del agua o aceite de un recipiente, ubicado más arriba, a otro, dispuesto más abajo (fig. 1.24,a). La ventaja de semejante dispositivo simple, que se usa hasta hoy día, consiste en que se puede tomar el líquido del recipiente superior por arriba, sin hacer orificios en su fondo o paredes. La única condición del funcionamiento del sifón es el llenado total previo del tubo con líquido. Por cuanto entre los vasos superior e inferior existe diferencia de niveles, la altura de la columna de líquido en el codo largo del tubo es mayor que en el corto en la magnitud H .

Naturalmente, el líquido pasará por gravedad del vaso superior al inferior.

Surge la pregunta: ¿cómo se puede utilizar el sifón para la elevación del agua, si la destinación es al contrario, el vaciado del agua? Sin embargo, precisamente semejante idea paradójica fue expuesta cerca del año 1600 y descrita en el libro «Nuevo teatro de máquinas y obras» (1607) por el arquitecto urbano de Padua (Italia) Vitorio Zonca.

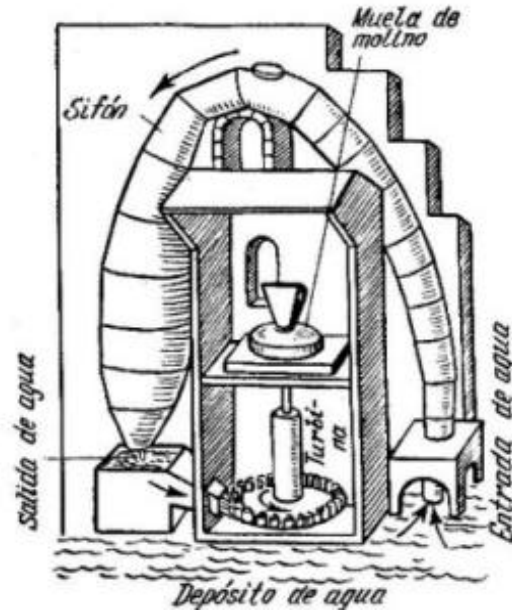


Fig. 1.25. Mpp hidráulico de sifón de Zonca para el accionamiento de un molino

Ella consistía en hacer el codo superior del sifón, el corto, más grueso, de mayor diámetro ($D > d$), como se muestra en la fig. 1.24, b. En este caso, consideraba Zonca, el agua en el codo izquierdo, el grueso, a pesar de su menor altura superará al agua en el codo delgado y el sifón la atraerá en dirección contraria, del vaso inferior al superior. Él escribía: «La fuerza que se manifiesta en el codo grueso atraerá lo que entra por el codo más estrecho». A base de este principio debía funcionar el mpp de Zonca, mostrado en la fig. 1.25. El sifón tomaba el agua del depósito de agua inferior a la derecha al tubo estrecho (codo derecho del sifón); el agua se vaciaba del tubo ancho (el codo izquierdo del sifón) a un vaso situado a un nivel más alto que el depósito de agua, de donde se suministraba a la rueda hidráulica y se vaciaba de nuevo al depósito de agua. La rueda giraba, por intermedio de un árbol, la piedra molar del molino. Esta máquina peculiar, naturalmente, no podía funcionar, puesto que conforme a las leyes de la hidráulica la dirección de movimiento del líquido en el sifón depende solamente de las alturas de las columnas de líquido y no depende de sus diámetros. Sin embargo, en los tiempos de Zonca los prácticos no tenían una idea clara sobre esto, a pesar de que en los trabajos de Stevin de hidráulica ya se resolvió el problema sobre la presión en el líquido. Él mostró (1586) la «paradoja hidrostática»: la presión en el líquido depende solamente de la altura de su columna, y no de su cantidad. Esta tesis se hizo ampliamente conocida más tarde, cuando semejantes experimentos fueron realizados de nuevo y más ampliamente por Blas Pascal (1623-1662). Pero tampoco éstos fueron comprendidos por muchos ingenieros y científicos, quienes, lo mismo que antes, consideraban que cuanto más ancho es el vaso tanto mayor es la presión del líquido contenido en él. A veces, incluso las personas que trabajaban en la línea principal de la ciencia y técnica contemporáneas a ellos eran víctimas de semejantes errores. Como ejemplo puede servir el propio Dionisio Papin (1647-1714), inventor no sólo de «la caldera de Papin» y la válvula de seguridad, sino que también de la bomba centrífuga, y lo principal, de las primeras máquinas a vapor con cilindro y émbolo. Papin incluso estableció la dependencia de la presión del vapor de la temperatura y mostró cómo obtener, a base de esto, vacío y presión elevada; Él era discípulo

de Huygens, mantenía correspondencia con Leibniz⁸ y otros grandes científicos de su tiempo, era miembro de la Sociedad Real de Inglaterra y la Academia de Ciencias de Nápoles. ¡Y esta persona, quien, con pleno derecho, se considera un eminente físico y uno de los fundadores de la termodinámica moderna (como el creador de la máquina a vapor), trabaja también en la creación del móvil perpetuo! Es más, él propone un mpp, el error del principio del cual era absolutamente evidente para la ciencia de aquel tiempo. Él publica este proyecto en la revista «Trabajos filosóficos» (Londres, 1685).

La idea del mpp de Papin es muy simple, es en esencia el tubo de Zonca puesto «patas arriba» (fig. 1.26). Por cuanto en la parte ancha del vaso el peso del agua es mayor, su fuerza deberá sobrepasar la fuerza del peso de la columna estrecha de agua en el tubo delgado C. Por esta razón el agua se verterá continuamente del extremo del tubo delgado al vaso ancho. ¡Sólo queda colocar por debajo del chorro una rueda hidráulica y el mpp estará preparado!

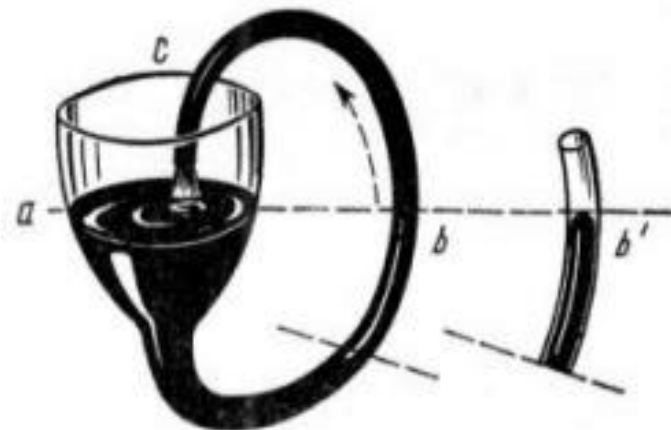


Fig. 1.26. Modelo del mpp hidráulico de D. Papin

Es evidente que en realidad no será así, la superficie del líquido en el tubo estrecho se establecerá a un mismo nivel que en el grueso, lo mismo que en cualesquiera vasos comunicantes (así como en la parte derecha de la fig. 1.26).

La suerte de esta idea de Papin fue la misma que la de otras variantes de mpp hidráulicos. El autor nunca más volvió a ella, dedicándose a una tarea más útil, a la máquina de vapor.

La historia de la invención de D. Papin sugiere la pregunta que surge constantemente al estudiar la historia de los mpp: ¿cómo explicar la extraordinaria ceguera y la extraña manera de actuar de muchas personas bastante instruidas y, principalmente, talentosas, que surgía cada vez que la cosa se refería a la invención de los mpp?

Volveremos a esta pregunta en lo sucesivo. Si continuamos la conversación sobre Papin, es incomprensible también otra cosa, además de que él no toma en consideración los ya conocidos principios de la hidráulica. Pues, en este tiempo él ocupaba el puesto de «tutor temporal de los experimentos» en la Sociedad Real de Londres. Papin podía comprobar fácilmente durante su práctica experimental la idea del mpp propuesta por él (lo mismo que comprobó otras de sus proposiciones). Semejante experimento es fácil de realizar en media hora, incluso sin disponer de las posibilidades del «tutor de los experimentos». Él no hizo esto, y mandó el artículo a la revista sin comprobar nada. ¡Una paradoja: un eminente científico experimentador y teórico publica un proyecto que contradice a la teoría ya establecida y no es comprobado experimentalmente! Este

⁸ Quien precisamente le dictó a D. Papin la idea de combinación del émbolo con el cilindro.

ejemplo, no es único. Más tarde, incluso hasta nuestros tiempos, tropezaremos con casos del mismo género no menos paradójicos.

Más tarde fueron propuestos muchos mpp hidráulicos con otros procedimientos de elevación del agua, en particular capilares y por mecha (lo que, propiamente, es lo mismo) [2.4-2.6]. En ellos se proponía. elevar el líquido (agua o aceite) del vaso inferior al superior por un capilar o mecha humectado. Efectivamente, se puede elevar el líquido por este procedimiento a una altura determinada, pero las mismas fuerzas de tensión superficial, que determinaban la elevación, no permitirán al líquido escurrir de la mecha (o el capilar) al vaso superior.

Al final de este párrafo examinaremos un mpp más, bastante original, propuesto por una persona no menos eminente que D. Papin, por el matemático Juan Bernoulli (1667-1748), uno de los tres famosos científicos, pertenecientes a esta familia.

La idea del motor se basa en la utilización de fenómeno de la ósmosis.

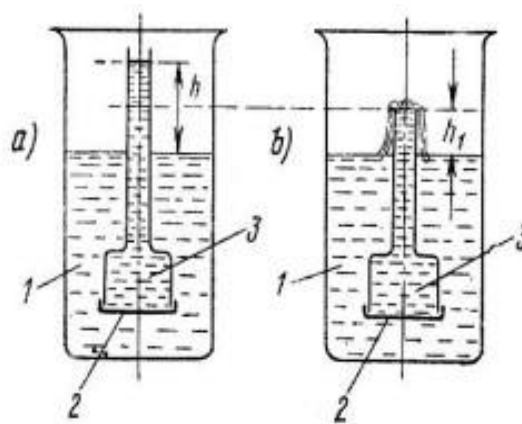


Fig. 1.27. Mpp osmótico de Juan Bernoulli: a, equilibrio; b, rebose del líquido; 1, agua; 2, tabique (membrana); 3, solución de sal

La ósmosis (en griego «empujón, presión») surge cuando dos líquidos diferentes están separados por el llamado tabique semi-permeable. Semejantes tabiques son permeables para una sustancia, pero impermeables para otra. Son conocidos desde tiempos muy remotos. La vejiga de los animales, por ejemplo, deja pasar el agua, pero no deja pasar la sal y el azúcar. Si se arma el dispositivo mostrado en la fig. 1.27, a, y en el vaso interior, sumergido en agua, se echa una solución, por ejemplo, de sal, el agua se infiltrará al vaso interior. El nivel en el tubo aumentará hasta que la presión de la solución en el fondo del tubo se haga igual a la llamada presión osmótica. Esta presión, determinada para cada solución, impide la penetración ulterior del agua a través del tabique; en el tubo se establece un nivel determinado h . En esto se manifiesta la ósmosis. Precisamente ella determina el hinchamiento de las semillas sumergidas en el agua, la elevación del agua del suelo por los troncos de los árboles y muchos otros procesos biológicos. Bernoulli consideraba que la presión osmótica se puede utilizar para la elevación continua del agua del nivel inferior al superior. Él se basaba en su teoría del origen del agua de río de la de mar. Según su opinión, el agua salada de mar, al pasar por las capas de tierra, que dejan pasar el agua (pero que no dejan pasar la sal), se transforma en la dulce, se eleva y corre de nuevo al mar en forma de ríos. Semejante circulación constante del agua representaba en sí un evidente *perpetuum mobile naturae*, por eso era absolutamente natural la idea de crear el correspondiente *ppm artificiae*.

De este modo, hablando en el lenguaje moderno, Bernoulli consideraba la capa superior del suelo como tabique semipermeable; pero incluso si ella tuviera esta propiedad, el agua dulce se infiltraría al mar, y no al contrario. (El agua de mar, como es conocido, se destila mediante la evaporación y llega a los ríos a través de la atmósfera en forma de precipitaciones.)

Es fácil mostrar que la presión osmótica no puede ser utilizada para la elevación del agua en el mpp hidráulico. Hagamos así como proponía Bernoulli: cortemos el tubo del vaso interior a la altura $h_1 < h$ (es decir, por debajo del nivel h , que se asegura por la presión osmótica). Entonces el agua correrá verdaderamente del nivel superior al inferior (fig. 1.26, b).

Al parecer, se ha alcanzado el objetivo, el agua fluirá eternamente. Pero es temprano alegrarse, el chorro de líquido que fluye disminuye poco a poco y al cabo de cierto tiempo se agotará totalmente. Se explica esto simplemente, es que se vierte no agua pura, sino una solución de sal. Poco a poco la solución en el vaso interior se diluirá con el agua pura que penetra a través del tabique, y en el vaso exterior, se salificará. Cuando se igualen las concentraciones de la solución en ambos lados del tabique, todo el sistema alcanzará el equilibrio y el proceso cesará, la solución salina se hará igual al «agua muerta», sobre la que escribía Leonardo de Vinci. Para que se reanude el proceso de ósmosis, hay que salar continuamente la solución en el vaso interior, y en el vaso exterior, al contrario, destilaría. Pero entonces ya no será un mpp, sino que un «motor de sal» peculiar, el cual debe ser alimentado continuamente con sal y agua dulce (lo mismo que el motor térmico con combustible y aire).

Hemos examinado brevemente la situación histórica que determinó la denominación y el desarrollo de las ideas de los mpp, los tipos principales de los móviles perpetuos, así como la discusión entre sus partidarios y contrarios. Todo esto se refiere al período cuándo la noción sobre la energía y su conservación o no existía totalmente, o solamente se formaba con arreglo a la mecánica.

Sin embargo, esta consideración será incompleta si no se refleja en ella la historia del móvil perpetuo de Ernesto Bessler (Orfireus) y los acontecimientos relacionados con ella. Ésta tuvo lugar en la primera mitad del siglo XVIII y, en realidad, finaliza el primer período de la historia de los mpp. En él se reflejaron como en un espejo los aspectos técnicos, científicos e incluso psíquicos de la historia de los mpp, muchos de ellos conservaron su significado hasta nuestros tiempos.

1.6 Orfireus, el mpp y Pedro I

La historia del móvil perpetuo de Bessler-Orfireus se da en una u otra forma en casi todos los libros y artículos sobre los mpp. Nosotros también la expondremos con ciertos complementos, no tanto por su interés⁹, como por su carácter aleccionador. Representa en sí el modelo clásico de todo el «ciclo vital» de los mpp, desde las ideas y las grandes esperanzas a través de la construcción de la máquina, las tentativas de su «reglaje» y hacerla funcionar hasta el fracaso inevitable. En este ciclo, así como en la escena, intervienen también personas muy distintas: el protagonista principal, inventor, quien al principio prometía mucho como científico e ingeniero y al final se hizo falsificador y aventurero; grandes científicos, quienes rechazaban «desde el umbral» la posibilidad de crear el mpp, y científicos de menor importancia, quienes consideraban que éste es absolutamente posible, y quienes apoyaban al inventor; y sus ayudantes y colaboradores; y los altos protectores del inventor, quienes disponían de recursos y poder... Por fin, con esta historia está relacionada una persona tan poderosa como el Emperador Pedro 1, quien seguía con mucha atención las novedades de la ciencia y técnica europeas. La «Joven Rusia» necesitaba motores para las empresas mineras y metalúrgicas que se desarrollaban. Naturalmente, Pedro 1 se interesó por el motor de Orfireus.

Comencemos por la biografía breve del personaje principal de esta historia, Ernesto Bessler. Nació en Alemania (Sajonia) en 1680, muy pronto manifestó notables capacidades y, pese a su procedencia campesina, ingresó en el gimnasio. El manifestaba especial interés por las matemáticas y la mecánica.

Antes de terminar la escuela el joven Ernesto empezó a peregrinar por los estados de Alemania y Austria-Hungría, dominando con bastante éxito las más diversas profesiones, desde relojero y armero hasta alquimista, astrólogo y médico. En este sinuoso camino él, así como el héroe de una novela picaresca, se encuentra con las personas más distintas, soldados y artesanos, sacerdotes y músicos, médicos y alquimistas..... Su destino se forma de distinta maneras unas veces cae en la miseria y pasa hambre, otras adquiere una fortuna y vive a lo grande. Por fin, después de adquirir en las peregrinaciones experiencia y conocimientos en distintas profesiones, Bessler a los treinta años de edad comprendió que ya era hora de asentar el pie y ocupar un puesto firme en la sociedad.

Para hacer carrera, una persona de las capas inferiores de la sociedad debía responder como mínimo en aquellos tiempos a tres condiciones: un nombre sonoro, que no recuerde el bajo origen campesino; una base material sólida y, por fin, una idea fructífera, elaborando la cual, se pueda lograr riqueza, gloria y apoyo en los círculos aristocráticos superiores.

Lo más fácil de todo era el nombre sonoro. El hijo de un campesino se convirtió en la persona sabia de Juan Orfireus (Orphos significa en griego «alto»).

Una base material considerable él la adquirió por un procedimiento bastante conocido, se casó con una heredera rica. Pero esto no fue una historia banal, sino que transcurrió con bastante romanticismo. En la pequeña ciudad de Aunaberg el doctor Orfireus curó a la hija del médico urbano de esta ciudad Schumann (que más tarde se hizo alcalde) y recibió como recompensa no sólo su mano y corazón, sino que también una dote considerable.

La elección de la idea fructífera para mostrarse y manifestar sus posibilidades, se determinaba tanto por el compás del tiempo, como también por el trozo anterior de la biografía de Bessler-Orfireus. Todo el s. XVII y sobre todo el comienzo del s. XVIII se caracteriza justamente como

⁹ Ella puede servir de un excelente fundamento para una novela histórica, una pieza e incluso una comedia musical. La literatura, así como la dramaturgia musical, prestan gran atención a la historia, a pesar de que los científicos e inventores figuran en ella con menos frecuencia de lo que se merecen. Este reproche se refiere principalmente a los compositores. Solamente J. Offenbach dio un excelente ejemplo con su ópera cómica «Doctor Ox» con el argumento de la novela de ficción científica de J. Verne

el «siglo de oro» de los mpp. Éste era un tiempo cuando se combinaban peculiarmente dos factores necesarios para ello. Por un lado, la necesidad de un motor universal económico se hizo ya la necesidad imperiosa de la sociedad¹⁰ y las búsquedas del mismo se llevaban a cabo en todas las direcciones; por otro lado, el principio de conservación de la energía todavía no se había formulado y no existía la prohibición general científicamente argumentada de la creación de los mpp. A esto hay que añadir el interés hacia la ciencia, que se difundía cada vez más ampliamente en el «siglo de instrucción» y que penetró incluso en los salones aristocráticos y que se hizo una moda peculiar. Si se toma todo esto en consideración, se liará evidente el porqué tantas personas tendían a distinguirse precisamente en el campo de la creación de mpp.

Juan Orfireus tenía todas las razones para considerar que sus posibilidades para ser aquí uno de los más destacados eran bastante grandes. Él era joven, enérgico, instruido y, por fin, dominaba bien distintos oficios. Y Orfireus se dedicó al móvil perpetuo.

Señalemos, antes de ir más adelante, una circunstancia importante.

No existen pruebas serias de que Bessler desde el principio, como escriben muchos autores, era un granuja y que se dedicaba al móvil perpetuo solamente para hacer carrera, engañando a la gente. Esta suposición es poco probable aunque sea por el hecho de que para ello él debía ser ya al principio de su carrera más listo y adelantado que las personas de su época, es decir, debía encontrarse al nivel de aquellos pocos eminentes físicos, quienes ya entonces comprendían la imposibilidad de realizar el mpp.

Asegurándose las condiciones para el trabajo y eligiendo su dirección, Bessler-Orfireus ya en el año 1712 construyó el primer modelo de mpp. La estructura del motor quedó desconocida. Los pocos testigos oculares confirmaban distintas cosas, unos se admiraban, otros dudaban. El autor, poco tiempo después, destruyó él mismo el modelo.

En 1715, al trasladarse con su esposa a Merseburgo, Orfireus construyó el segundo ya una máquina grande e incluso la presentó a la «comisión de especialistas». En la composición de la comisión entraba el físico y filósofo Cristian Wolf (el futuro maestro de Lomonósov). A pesar de que el inventor no permitió a los miembros de la comisión examinar su estructura interior (incluso por un pago especial), la comisión le entregó un documento de que su «móvil perpetuo afortunadamente inventado gira a la velocidad de 50 r.p.m. y eleva una carga de 40 libras a la altura de 5 pies». En la conclusión de la comisión no había datos algunos sobre la estructura del motor y por qué él funcionaba, su estructura quedó desconocida. A pesar de esto (o puede ser que a consecuencia de esto) C. Wolf habló así de la máquina: «algo digno de admiración».

El propio Orfireus para explicar el asunto publicó «Descripción detallada de la afortunada invención del móvil perpetuo junto con su representación exacta». En qué grado es exacta esta representación, se puede juzgar por la fig. 1.28.

¹⁰ En una patente inglesa (del 9.11.1635) sobre esto se decía con precisión jurídica: «Ella (la patente) se refiere al arte de crear máquinas, las cuales, puestas una vez en marcha, funcionarán realizando sus movimientos eternamente y además sin la aplicación de fuerza alguna: del hombre, el caballo, el viento, el río o una fuente, y al mismo tiempo realizarán distintos trabajos para el bienestar y el florecimiento del estado».

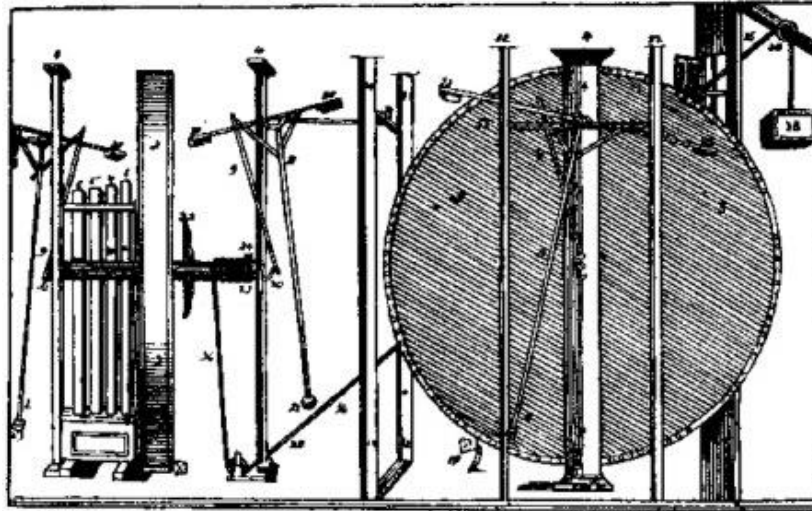


Fig. 1.28. «Reproducción exacta de la invención afortunada» de Orfireus

De una u otra manera, pero el objetivo fue alcanzado: el ruido y las discusiones alrededor de la máquina provocaron el interés hacia ella tanto entre la «sociedad científico-técnica», como entre el amplio público. Se expresaban las más distintas opiniones. Cristian Wagner, abogado y matemático de Leipzig, con la desconfianza propia de su primera profesión afirmaba que dentro de máquina se hallaba un árbol oculto («un asado») que se ponía en movimiento desde fuera. Aproximadamente de la misma manera opinaba Andrés Gärtner: él suponía que la máquina se ponía en movimiento por una persona oculta, quien tiraba de una cuerda. Gärtner incluso propuso hacer una apuesta de 1000 táleros, de que el desenmascararía a Orfireus. Otro escéptico, Juan Barliach, incluso publicó un dibujo, en el cual se muestra cómo se hacía esto (fig. 1.29). Es característico que ni uno de los escépticos dudaba de que, en principio, el mpp se puede construir; se criticaba solamente el modelo dado de máquina (el propio Gärtner construía móviles perpetuos). Entre los científicos alemanes solamente G. Leibniz desmentía ya entonces sin reservas la posibilidad de crear el mpp.

El éxito engendró en Orfireus el espíritu de codicia: él fijó en la máquina una hucha, para coger dinero de los numerosos visitantes (para fines de caridad). Pero, el consejo municipal de la ciudad de Merseburgo tampoco quedó indiferente y sometió al inventor a un impuesto diario de 6 pfennigs, con lo cual le ofendió gravemente.

Entre tanto, la fama de Orfireus se difundía. En 1716 Carlos, el landconde de Hesse-Cassel, quien manifestaba interés por las ciencias, invitó a Orfireus a su casa. Aquí, una vez instalado en el castillo Weisenstein y de recibir el cargo de consejero de la provincia, el inventor comenzó a construir el tercer modelo de su mpp.

Un año más tarde la máquina estaba preparada, y el 12 de noviembre de 1717, en presencia de la comisión científica, de la cual formaban parte el físico Wilhelm Gravesande de Leyden (Holanda) (1648-1742) y el arquitecto Emmanuel Fischer de Gerlach¹¹, el motor se puso en marcha en un local especial, escogido por el landconde en el castillo cerca del apartamento de Orfireus. La comisión decidió comprobar fundamentalmente la máquina: el cuarto fue sellado

¹¹ Es significativo que Fischer se encontraba en Gerlach, para vigilar por la construcción de la máquina a vapor. El trabajo en la creación del motor universal se llevaba a cabo simultáneamente en dos direcciones tan distintas. A veces sucedía que con ellas estaban enlazadas unas mismas personas. Recordemos aunque sea el caso con D. Papín.

para dos semanas. Después de terminar el plazo se quitó el sello y el landconde, al entrar con su comitiva al cuarto, descubrió que la rueda giraba con la misma velocidad que dos semanas atrás. El experimento fue continuado; el cuarto fue sellado de nuevo primero para 40 días, y luego para 60 días más. El resultado fue el mismo. A Gravesande, lo mismo que a Wolf, no se le permitió examinar detalladamente la rueda; sin embargo, la examinó por fuera. Representaba un tambor vacío de 12 pies de diámetro y cerca de 14 pulgadas de anchura, confeccionado de tablillas de madera cubiertas con tela opaca encolada. El tambor estaba encajado sobre un eje grueso (de cerca de 6 pulgadas de diámetro), en los extremos del cual se encontraban unas conteras de hierro de 3/4 de pulgada de longitud cada una, colocadas sobre cojinetes, en los cuales giraba dicho eje.

Fig. 1.29. Así se imaginaba Johann Barliach la fuente del movimiento de mpp de Orfireus

Gravesande en su carta a Newton (1721) menciona la máquina de Orfireus como «algo bastante extraordinario, pero que merece su estudio ulterior». Sea como sea, la comisión dio una reseña positiva, por cuanto «nada por fuera de la rueda contribuye a su movimiento».

El landconde le dio al inventor un documento, aún más ponderable que cualquier reseña científica. En él se hablaba de que con «su palabra justa de príncipe» el landconde atestigua que el mpp de Orfireus «no se pone en movimiento ni con fuerza ni ayuda exteriores, no depende de ninguna espiral a la que se le dé cuerda por dentro y de ninguna clase de ruedas, y que merced a las casi innumerables investigaciones ésta es la máquina ya hace mucho buscada y deseada o el llamado móvil perpetuo totalmente artificial... y es una rueda autopropulsada, la cual merced a su fuerza interna artificial de movimiento, puede moverse el tiempo, necesario para que en su estructura interior disminuya, se destruya, se rompa, explote, se estropee o se desgaste algo». El landconde le regaló al consejero comercial y matemático Orfireus un «privilegio notable», que incluía una casa, el patio y recursos. Éste fue el punto culminante de la carrera de Orfireus. Para fortalecer sus posiciones, Orfireus publicó él mismo una obra (en dos lenguas: latín y alemán) «El célebre móvil perpetuo de Orfireus». Este libro de 200 páginas es muy interesante; mucho de lo que se encontró en él en el sentido del estilo y el enfoque a la ciencia, se repite en distintas formas en las obras de otros inventores de mpp más tarde y sus partidarios (a pesar de que es poco probable que ellos conocieran la obra de Orfireus).

El libro comienza con una dedicatoria, llamada acertadamente en [2.4] «de cuatro pisos». El autor dedica el libro a Dios, al público, a la gente científica y a sí mismo.

La descripción del motor es muy breve e incomprensible; menos comprensible aún es el dibujo (fig. 1.30) que lo representa: una rueda, un tubo, un balde y un vaso con agua. Es un enigma cómo todo esto está mutuamente relacionado y por qué funciona. En este apartado no existe ninguna clase de argumentos y de nuevas ideas. Mientras tanto, la parte restante del libro está dedicada a la polémica con los oponentes (mejor dicho, contrarios). Los procedimientos, utilizados por él en este libro, viven hasta hoy día; en adelante veremos que ellos forman parte del armamento de los buscadores contemporáneos del movimiento perpetuo. Se han reunido minuciosamente todas las opiniones «en pro» (o las que pueden contarse como tales); se exponen detalladamente y con estimación a sus autores. Al contrario, en dirección a sus contrarios se escriben palabras feas sin ninguna tentativa de discutir seriamente con ellos. Es imposible sacar nada concreto de todo esto.

Mientras Orfireus disfrutaba de su gloria y derrotaba por escrito a sus oponentes, el rumor sobre su máquina se difundía por toda Europa y llegó en el occidente hasta Inglaterra y en el oriente

hasta Rusia. Los ingleses se interesaban por el precio, pero no la compraron; por lo visto no se conservaron los detalles de estas negociaciones.

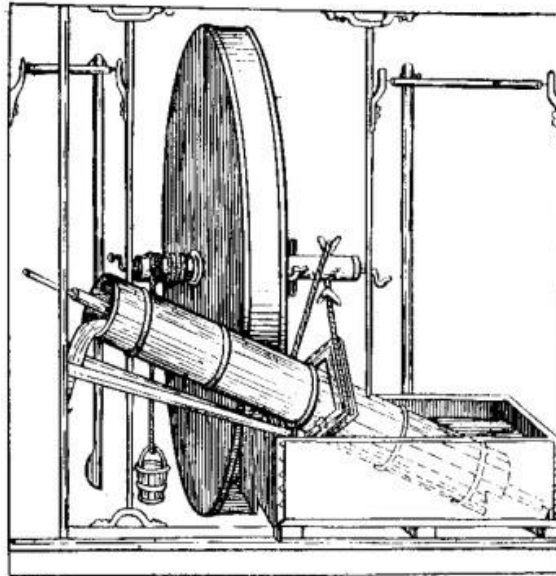


Fig. 1.30. La nueva variante «triunfante» del mpp de Orfireus

En Rusia, como ya dijimos, Pedro I también se interesó por el motor de Orfireus; pues si sus datos corresponden al reclamo, entonces esta máquina podría prestar gran utilidad. Pero Pedro I era un hombre de estado sabio y experimentado; a él no le gustaba tomar decisiones no argumentadas y no tiraba el dinero para «proyectos frívolos». Pedro le encargó en 1715 al canciller A. I. Osterman reunir los datos sobre la máquina de Orfireus. El informe de Osterman no satisfizo al zar. Por esta razón, cuando él mando a Europa al bibliotecario Schumacher con una serie de tareas relacionadas con la adquisición de literatura científica, muestras para el museo de antigüedades y obras de arte, le encomendó también reunir información sobre el motor de Orfireus. Schumacher, a pesar de no ser una persona demasiado científica¹², valía para cumplir los encargos del Emperador; él era cortés, enérgico, conocía las lenguas europeas y se distinguía por su escrupulosidad y exactitud.

Pedro le abasteció a Schumacher de una instrucción detallada por escrito de 13 puntos. Entre la inmensidad de encargos (visitar la Academia de Ciencias de París y mostrar allí el mapa del mar Caspio y otros materiales; invitar a Rusia a distintos científicos; traer un maestro «que pueda realizar experimentos y confeccionar los instrumentos necesarios para éstos», comprar libros, etc.), había también referentes a Orfireus. «Hablar con Orfireus sobre el móvil perpetuo y si es posible, que el señor Wolf dé su opinión sobre la utilidad de este móvil».

El amplio informe de Schumacher a Pedro I sobre su comisión de servicio a Europa se conservó [2.17]. E] párrafo 7 está totalmente dedicado a las negociaciones con Orfireus. Comienza con la exposición de cómo se cumplieron los deseos del Emperador:

¹² Más tarde Seliumacher se hizo asesor y director de la Academia de Ciencias, dirigía la sección de economía. Distinguiéndose más por su agilidad que por la comprensión de las tareas de la Academia, le produjo a ésta mucho daño. En particular, se conoce cuánta sangre le quemó a M. V. Lomonosov. Pero todo esto sucedió ya después de la muerte de Pedro I

«Antes de hablar con el inventor del móvil perpetuo Orfireus, yo hablé sobre este asunto con el señor profesor Wolf y le expliqué el alto propósito de Su Majestad Imperial, de que pese a que en beneficio de toda la nación de buena gana designaría cierta suma, no obstante, no desea tirarla inútilmente. Por esta razón, le pedí que me comunicara sinceramente su opinión sobre esto».

Wolf no rechazó en principio la posibilidad del mpp. Él contestó con bastante precaución: «Aunque Orfireus construyó una rueda que gira sin ayuda de fuerza exterior y atrae hacia sí cosas pesadas», sin embargo «es imposible decir si es un móvil perpetuo y si prestará un gran servicio al pueblo, por cuanto no se puede ver su estructura interior». Por esta razón Wolf le aconsejó a Schumacher hablar con Orfireus, ver la máquina y relatar sobre lo que vio. Después de esto Wolf prometió dar «su opinión por escrito».

Luego en el informe se describe detalladamente la historia de las conversaciones con Orfireus (esto sucedió en 1721). Schumacher ya no lo encontró en Cassel y Weisenstein, puesto que antes de su llegada el inventor destruyó él mismo su máquina. Schumacher describe esta historia de la siguiente manera: «El señor landconde invitó al señor Gravesande de Leyden para que le demostrase experimentos físico-matemáticos y tuvieron una discusión sobre si era verdaderamente la rueda de Orfireus un móvil perpetuo. El landconde confirmaba esto y pidió a Orfireus que se lo mostrara al señor Gravesande, sin explicarle quién era Gravesande.

Orfireus obedeció la orden y mostró su máquina en presencia del landconde; pero Gravesande comenzó a hacer tantas preguntas y con tanta perseverancia deseaba conocer su estructura interior, que Orfireus pensó que quiere sonsacar su secreto, cesó su demostración y en cuanto salieron, rompió la máquina, para que no hubiera nada que temer».

Por esta razón Schumacher no pudo ver la máquina, y la conversación con Orfireus tomó un carácter puramente comercial.

.. Su primera pregunta fue: ¿tiene el señor Schumacher dinero? Yo le respondí:

...Su Majestad Imperial desea ofrecer benevolencia y pago por el artículo, si él pasa las pruebas. No obstante, Orfireus no aceptó la propuesta de Schumacher.

Sus últimas palabras fueron: «Ponga en un lado 100 000 rublos y en el otro yo pongo la máquina». Con esto Schumacher regresó a Halle a donde el profesor Wolf y le informó sobre todo.

A continuación en el informe se dice: «Realmente es imposible creer las discusiones que produjo el móvil perpetuo». El profesor Gravesande piensa que el «móvil perpetuo no contradice a los principios de las matemáticas»... «De la misma manera piensa el matemático alemán Kaschuber.. Al contrario, «los matemáticos franceses e ingleses no estiman en absoluto todos estos móviles perpetuos y consideran que él contradice a los principios de las matemáticas».

Como vemos Schumacher dio una descripción bastante detallada y exacta de la situación.

Al final del informe se expone una conclusión por escrito larga y sutilmente compuesta con el título: «La pura opinión sobre el móvil perpetuo de Orfireus¹³, firmada por «Cristian Wolf, profesor, asesor cortesano de física de su Majestad Real Prusiana». Brevemente su contenido corresponde a una conocida forma verbal campesina: «Él es bueno y claro está, pero no obstante...»

Enviando este documento a Pedro, Schumacher deduce sabiamente: «De este escrito Su Majestad Imperial puede ver que este móvil perpetuo no es muy perfecto».

¹³ El lector puede familiarizarse con el texto completo en [2.17] págs. 541-543, por «Gristian Wolf, profesor, asesor cortesano de física y matemática de su Majestad Real Prusiana». Brevemente su contenido corresponde a la conocida fórmula verbal campesina: «El es bueno y claro está, pero no obstante...».

Naturalmente que Pedro a base de esta información no podía tomar una decisión definitiva. El se abstuvo de las ulteriores negociaciones, a pesar de que el propio Orfireus le proponía su máquina a través de intermediarios. Así, en enero de 1725, cierto Detlev-Klefeke estaba decidido a ir por su cuenta a Alemania a por la máquina de Orfireus, quien prometió comunicarle el último precio por su invención.

Pedro tenía la intención de aclarar todo esto él mismo durante el viaje al extranjero, planificado para 1725, pero su muerte impidió realizar este plan.

Ahora podemos regresar al propio Orfireus, los asuntos de quien cada día marchaban peor y peor. No logró vender la máquina, la cantidad de escépticos y adversarios aumentaba. Por fin, la suerte le asestó el golpe más duro: se descubrió el secreto de su máquina... por las mujeres. La primera de ellas era su sirvienta Anna Rosina. Al principio ella se fue de la lengua y después su mujer. Fue conocido por todos que no existía ningún mpp, la máquina era movida furtivamente desde el local vecino por intermedio de una transmisión especial (en el castillo Weisenstein desde el dormitorio de Orfireus). Esto era un trabajo muy difícil para el «motor biológico» - un equipo de la sirvienta, su hermano y esposa (y a veces por el propio Orfireus). Al hermano y a la sirvienta les pagaban poco - un gros por una hora de trabajo. El hermano al fin de cuentas se escapó; temiendo que la sirvienta se fuera de la lengua Orfireus le hizo prestar un juramento horrible y muy largo, tan expresivo, que se cita en casi todos los libros sobre el móvil perpetuo [2.4, 2.6]. Expongamos solamente dos fragmentos:

«.. juro en cuerpo y alma ante el triúnico Dios, que yo desde este minuto hasta mi muerte, en el siglo de los siglos, a nadie hablaré ni escribiré sobre Usted, mi actual amo, no mostraré nada feo y que a nadie le abriré, no descubriré y no describiré a ninguna bestia, si existe o no existe, nada de lo conocido por mí de sus creaciones, arte o misterios...»; «Si perjuro... que mi alma nunca conozca la tranquilidad y nunca se merezca la piedad de Dios, que sea maldecida para in sécula. Amén... Que sea yo maldecida si perjuro, y feliz silo cumplo. Yo juro que no perjuraré y cumpliré mi juramento».

Pero los juramentos no le ayudaron en nada... Orfireus logró más o menos tapar el escándalo, pero su carrera ya había terminado. Tenían razón Leibniz y aquellos matemáticos franceses e ingleses, quienes «no admiraban el móvil perpetuo».

Con la historia de Orfireus terminaremos el relativamente breve examen de las distintas variantes de mpp, propuestos en los tiempos cuando todavía no se había afirmado el principio de conservación de la energía. Al final de este periodo, para principios del siglo XVIII, poco a poco se acumulaba material experimental y se formaban las premisas teóricas para un nuevo, más general, conocimiento energético del problema de la creación del motor universal.

Sobre la difícil formación y divulgación de las nuevas representaciones, relacionadas con el establecimiento del principio de conservación de la energía, se hablará en el siguiente capítulo. Veremos que, a pesar de la clara prohibición que la ciencia, apoyándose en este principio, impuso a la creación de mpp-1, el trabajo en su creación continuaba intensivamente. Es más, al examinar los acontecimientos relacionados con los inventores de los mpp del s. XIX (e incluso del s. XX) nosotros, por muy extraño que parezca a primera vista, encontraremos personajes ya conocidos por la historia de Orfireus. Ellos, naturalmente, ya hablan en otra lengua, se visten de otra manera, pero pueden ser reconocidos.

CAPITULO SEGUNDO

Confirmación del principio de conservación de la energía y final del móvil perpetuo de primera especie

*La época de los milagros ya ha pasado,
Ahora debemos buscar las causas
De todo lo que sucede en el mundo.
W. Shakespeare. «Enrique V»*

2.1. Búsqueda de la causa general de los fracasos con los mpp. "Principio de conservación de la energía"

Los últimos dos siglos del periodo de la historia del mpp (s. XVII y s. XVIII) descrito en el capítulo I se caracterizan porque muchos científicos, incluso bastante serios, creían en que el móvil perpetuo pudiera ser creado. Incluso los constantes fracasos de los numerosos inventores no podían quebrantar la creencia en el mpp, a pesar de los trabajos de Stevin, Galileo, Guericke, Torricelli, Pascal, Boyle, Newton y Leibniz, quienes negaban con seguridad la posibilidad de su creación.

Los teóricos resultaban a veces por detrás de algunos prácticos, a quienes sus propios experimentos les llevaban a la conclusión sobre la ausencia de perspectivas del trabajo en el mpp. Al hacer la cuenta de la situación que se formó, el mecánico J. Leupold en su obra «Teatro de máquinas» («Theatrum machinarum»), publicada en 1724, escribía que siempre en la práctica en lugar de móvil perpetuo se obtiene estabilidad perpetua.

Este interesante fenómeno no se puede explicar simplemente por el hecho de que los científicos «de menor calibre» estaban muy lejos de las ideas de sus eminentes contemporáneos y antecesores, y no las comprendían. La causa principal era más profunda. El hecho consistía en que la tesis sobre la imposibilidad del mpp, expuesta por los físicos y filósofos de talla, no se confirmaba con ninguna ley física general, que fuera válida en cualquier esfera. Valiéndose de leyes particulares, de los momentos de fuerzas y del equilibrio de los cuerpos en un plano inclinado, era posible demostrar la incapacidad de trabajo de un mpp mecánico concreto. Las leyes de la hidráulica también permitían demostrar que un motor hidráulico determinado no podrá funcionar. No obstante, los partidarios del mpp siempre podían objetar: «¡Yo haré otro, que funcionará!» Todos los fracasos que tuvieron lugar, con raras excepciones (Leonardo, Stevin), se relacionaban no con la imposibilidad de principio del mpp, demostraciones de la cual no existían, sino solamente con los errores particulares o defectos, los cuales parecía que en lo sucesivo se podían eliminar. El asunto cambiaba poco como consecuencia de que muchos célebres talentos desde Descartes hasta Lomonosov preparaban poco a poco el fundamento de la ley general de la naturaleza, la cual prohibía totalmente el mpp. Mientras tanto, siempre quedaba la esperanza de «infiltrarse» a través de una rendija entre leyes particulares, hallar tales fenómenos y estructuras, donde ellas no tienen vigor. Solamente una ley única, que se extienda a todos los fenómenos de la naturaleza, podría crear un frente científico continuo, impenetrable para todo mpp-1. Semejante ley se hizo en el s. XIX - el principio de conservación de la energía. Cuando éste se confirmó, se terminó la física «preenergética» y con ella se puso fin¹ al móvil perpetuo de primera especie. El establecimiento del principio de conservación de la energía y la propia noción de «energía» transcurría durante largo tiempo y con dificultad. La lucha (precisamente lucha, y muy dura) por

¹ La palabra «fin» no significa, naturalmente que cesaron totalmente las tentativas de crear el mpp-1; pero estas tentativas se encuentran ya fuera de los límites de los asuntos serios y están relacionadas con la insuficiente competencia o con la extravagancia.

la confirmación de este principio transcurría en distintas direcciones, pero con la indispensable participación del móvil perpetuo.

En la historia a veces se observan situaciones paradójicas, cuando algo no existente (e incluso que no puede existir en principio) influye considerablemente en acontecimientos bastante reales. Un ejemplo interesante de esta influencia es el móvil perpetuo. M. Planck escribía: «. . las búsquedas del móvil perpetuo tenían para la física una importancia tan grande como tuvieron para la química las tentativas de obtener artificialmente oro, pese a que en ambos casos la ciencia se valió no de los resultados positivos de los correspondientes experimentos, sino de los negativos» [1,6].

La formación de la representación del principio general de conservación, que rige todas las formas de movimiento de la materia, comenzó ya hace mucho tiempo. Ya en los autores antiguos se puede encontrar la idea sobre la inaniquilación de no sólo la materia, sino también su movimiento. El romano Tito Lucrecio Car (95-55 a. De J.C) en su famoso poema «De la naturaleza de las cosas» escribía:

*«De la nada no nacen las cosas,
Tampoco, después de nacer, pueden ellas transformarse en la nada».*

Y luego sobre el movimiento de las diminutas partículas de materia:

*«Los cuerpos densos de materia
Se encuentran en movimiento perpetuo, Son invencibles muchos años.
También otras cosas dan llama, al calentarse con el movimiento.
Se hace blanda
Incluso la bola de plomo, cuando rueda mucho tiempo».*

De estas líneas se ve que los antiguos comprendían (claro está en rasgos generales) que el movimiento mecánico se transforma en movimiento térmico de las partículas del cuerpo. La idea sobre cierta fuerza constante, que se transmite de un cuerpo a otro, se conservó también en la Edad Media. En una forma peculiar ella fue reflejada, por ejemplo, por el filósofo medieval Juan Buridan² (1300-1358). El llamó a esta fuerza ímpetus (ímpetu, empuje, presión) y expresó su paso de un cuerpo a otro así: «Mientras lo moviente mueve lo movable, aquello reproduce en esto cierta fuerza (ímpetus), capaz de mover este movable en la misma dirección... indiferentemente de si será hacia arriba, hacia abajo, hacia un lado o por la circunferencia». A pesar de cierta pesadez de esta frase, su sentido, en principio justo, está claro.

Sobre la opinión de Leonardo de Vinci acerca de la conservación del movimiento ya hablamos más arriba. Luego, comenzando desde el s. XVI, la idea sobre la conservación del movimiento (limitada, naturalmente, solamente por el movimiento mecánico) y la imposibilidad de su surgimiento de la nada (es decir, la imposibilidad del mpp-1) se desarrollaba y fortalecía en las mentes de los físicos rectores. Concedamos la palabra a ellos mismos.

G. Cardano (1501-1576): «No se puede construir un reloj, que se dé cuerda el mismo y que levante las pesas que mueven el mecanismo».

Galileo Galilei (1564-1642): «Las máquinas no crean fuerza; ellas sólo la transforman, y todo aquél que espere otra cosa, no comprende nada en mecánica».

R. Descartes (1596-1650): «Yo acepto que en toda materia creada existe cierta cantidad de movimiento, el cual nunca aumenta ni disminuye y, por lo tanto, si un cuerpo pone en movimiento a otro entonces pierde tanto movimiento suyo, cuanto le comunica».

² El mismo, con el nombre de quien se relaciona la alegoría del «asno de Buridan» que se moría de hambre entre dos hacinas iguales de heno, las distancias hasta las cuales son iguales.

«Yo tuve la oportunidad de ver muchas cuadraturas del círculo, móviles perpetuos y muchas otras demostraciones imaginarias, que resultaron falsas».

Ch. Huygens (1629-1695): «Y si los inventores de nuevas máquinas, que intentan en vano construir el móvil perpetuo, se valieran de esta hipótesis mía (sobre la imposibilidad de un sistema de cuerpos de cambiar la posición de su centro de gravedad sin fuerzas exteriores), entonces ellos caerían fácilmente en la cuenta de su error y comprenderían que semejante motor no puede ser construido por medios mecánicos».

J. Bernoulli (1667-1748): «Una ínfima parte de la causa positiva no puede desaparecer sin generar a cambio tal acción, con ayuda de la cual esta pérdida puede ser restablecida. Así pues, nada de las fuerzas desaparece, pese a que aparentemente tuvo lugar semejante desaparición».

G. Leibniz (1646-1716): «El principio de igualdad de la causa y la consecuencia, es decir, el principio de móvil perpetuo rechazado, es la base de mi cálculo de la fuerza viva. De acuerdo con este principio la fuerza viva conserva su identidad invariable.

Durante estas acciones (levantamiento de una carga a una altura determinada, la compresión del muelle para la comunicación de una velocidad determinada) no sucede ni la mínima ganancia, ni la mínima pérdida de fuerza viva. Claro está, que parte de la fuerza viva (esta parte nunca debe ser menospreciada) es absorbida por las partículas imperceptibles del propio cuerpo o de otros cuerpos...

La opinión que yo aquí definiendo no se basa, claro está, en los experimentos de las colisiones de los cuerpos, sino que en los principios que le dan sentido a los propios experimentos. Estos principios permiten expresar la opinión sobre los casos todavía no comprobados por el experimento. La única fuente de estos principios es la igualdad de la causa y la consecuencia»³).

M. V. Lomonosov (1711-1765): «Todos los cambios que suceden en la naturaleza son tales estados, que cuanto se le gasta a un cuerpo, se le añade a otro, así que si en un lugar disminuye la materia, en otro aumenta. Esta ley general de la naturaleza se extiende también a las reglas del movimiento, puesto que el cuerpo que le comunica movimiento a otro pierde tanta fuerza como la que le comunica al otro».

Las dos últimas citas demuestran que las nociones de Leibniz y Lomonosov sobre los principios de conservación adquieren el carácter más generalizado.

Tiene importancia señalar que el principio de conservación de Leibniz ya sale de los límites del movimiento mecánico simple de los cuerpos; él habla también sobre la «absorción de la fuerza por partículas imperceptibles del cuerpo», es decir, sobre la forma térmica de movimiento.

Lomonosov desarrolló esta idea aún más («Razonamiento sobre la naturaleza del calor y el frío»-1744).

Lomonosov estaba en contra de la teoría, predominante en aquellos tiempos, del cuerpo termógeno - cierta «materia imponderable» añadiendo la cual a un cuerpo se transfería a éste calor., Él mantenía la opinión de que el calor es resultado del movimiento de «partículas insensibles» (es decir, hablando en el lenguaje moderno, de moléculas). De esto se deducía directamente que la formulación sobre la conservación del movimiento se extiende también al movimiento térmico. El principio de conservación de la energía no pudo confirmarse, hasta que fue rechazada la teoría del cuerpo termógeno; mientras este último existía, era imposible explicar el paso del trabajo mecánico a calor; la idea de este paso estaba clara para Leibniz y Lomonosov. Es interesante que la teoría cinética del calor de Lomonosov fue rechazada precisamente por este motivo, incluso en la primera mitad del s. XIX.

³ Comparar el refrán latino «Causa a quae effectum» (la causa es igual a la acción).

En el respetable diccionario físico alemán de Heller se mencionaba la teoría del calor de Lomonosov, pero ella se criticaba no por sus defectos reales (Lomonosov tomaba en consideración solamente el movimiento giratorio de las moléculas), sino por su principal mérito, porque ella refutó la teoría del «cuerpo termógeno».

Los trabajos de Leibniz y Lomonosov finalizan el primer período del desarrollo del estudio del principio de conservación de la energía - su preparación ideológica. Durante este período se formuló fundamentalmente la noción correcta sobre la «conservación de la fuerza» y de su transferencia de un cuerpo a otro y de su transformación de la forma mecánica en térmica. Hacía falta hacer el siguiente paso decisivo: hallar las relaciones cuantitativas entre las formas de movimiento, medirlas y extenderlas a todas sus formas conocidas. Pero esto exigía no sólo la realización de los correspondientes experimentos y la interpretación correcta de los resultados, sino también en primer lugar derrocar la teoría del cuerpo termógeno, la cual frenaba el desarrollo ulterior de la ciencia. Se logró resolver esta tarea solamente en el siglo XIX; los primeros fueron S. Carnot, R. Mayer y J. Joule. Precisamente estos trabajos determinaron el establecimiento definitivo del principio de conservación de la energía.

Desempeñó un gran papel la precisión y delimitación, por los científicos-mecánicos, de las nociones fundamentales: fuerza y trabajo.

El término «trabajo» fue introducido por primera vez por el científico-mecánico francés J. Poncelet en 1826 («Curso de mecánica aplicada a las máquinas»), a lo que le antecedió el establecimiento de esta noción (verdad que, con otras denominaciones: «fuerza», «acción», «momento de acción», «efecto mecánico») como medida de productividad de las máquinas. Se utilizaba ya ampliamente en la segunda mitad del s. XVIII. Por ejemplo, en el curso de mecánica de Kotélnikov (1774) se da una clara determinación de la magnitud «acción» llamada más tarde trabajo: «La acción de una máquina o de la fuerza que actúa por medio de ésta es igual a la tracción multiplicada por el camino recorrido por ella».

Una noción más general sobre el trabajo (cuando la dirección de la fuerza no coincide con la dirección del movimiento) se expone en el libro del ingeniero francés, científico y hombre político de la Gran Revolución Francesa Lazare Carnot⁴. En la obra «Experiencia sobre las máquinas en general» (es decir, en el curso de mecánica aplicada), que salió a la luz en 1783, él demostró que el valor del momento de acción (es decir, del trabajo) se determina multiplicando la fuerza por el camino y el coseno del ángulo entre ellos.



⁴ L. Carnot (1753-1823) era un hombre de vastos conocimientos. Gran matemático y mecánico, miembro de la Academia de Ciencias de París; durante la Gran Revolución Francesa se destacó como organizador militar («organizador de la victoria») de los ejércitos revolucionarios. S. Carnot, uno de los fundadores de la termodinámica, a quien en lo sucesivo mencionaremos muy a menudo es su hijo mayor.

Fig. 2.1 Lazare Carnot

Después de que se estableció definitivamente el término de «trabajo» (en el s. XIX), desapareció la dualidad de la noción de «fuerza». Ahora por fuerza se comprendía sólo la influencia que provocaba el movimiento del cuerpo en una dirección determinada.

De una u otra manera, en la mecánica «El principio de conservación de la fuerza» (y luego del trabajo) no se sometió a dudas entre los científicos serios ya en la segunda mitad del s. XVIII. La Academia de Ciencias de París tomó en 1775 una decisión especial de que no examinará ninguna máquina que proporcione movimiento perpetuo.

En la literatura generalmente esta decisión se cita muy brevemente. Entre tanto las partes que se refieren a los mpp⁵, contienen ideas interesantes [2.7].

«...La creación del móvil perpetuo es absolutamente imposible; incluso si el rozamiento y la resistencia del medio no reduce la duración de la influencia de la fuerza actuante, ella no puede reproducir un efecto igual a ella. La causa de esto reside en lo siguiente: si queremos que el efecto producido por la fuerza de magnitud finita, actuara un tiempo infinito, es necesario que el efecto producido sea infinitamente pequeño.

Supongamos que el cuerpo, al cual se le comunicó movimiento, en ausencia de rozamiento y resistencia es capaz de conservar este movimiento constantemente, pero en este caso no se habla de otros cuerpos. Este movimiento perpetuo sería posible solamente en estas condiciones (las cuales, a propósito, no pueden existir en la naturaleza), sería absolutamente inútil con respecto a otras obras, propuestas ordinariamente por los creadores del movimiento perpetuo». Aquí (verdad que es aplicable solamente al movimiento mecánico) el principio de conservación de la «fuerza» y la imposibilidad, que se deduce de éste, del móvil perpetuo de primera especie están expresados en forma absolutamente clara. Y luego:

«.. Semejante método de investigación, indudablemente, resulta caro; él ya destruyó muchas familias. Son frecuentes los casos, cuando un mecánico, que podría ocupar un lugar merecido, gastaba en esto su fama, tiempo y talento. Así son los principios, en los cuales se basa la decisión de la Academia: se ha decidido que ella nunca más se dedicará a estos problemas. La Academia expone su opinión sobre su inutilidad para aquellos quienes se dedican a ellos⁶. Frecuentemente se dice que dedicándose a problemas quiméricos, la gente descubría verdades reales. Este punto de vista sería fundamentado en aquellos tiempos, cuando el método de búsqueda de la verdad era desconocido en todas las esferas. En la actualidad, cuando él es conocido, el método más justo de búsqueda de la verdad es buscarla».

Esta parte de la decisión es también hoy día muy actual. Aquí se indica no sólo la inutilidad de la solución de proyectos quiméricos y el carácter pernicioso de esta para los propios inventores. Se ha prestado atención a la necesidad de emplear, hablando en el lenguaje actual, una metodología correcta de la búsqueda correcta. No estaría mal que los científicos inventores contemporáneos meditaran en las sensatas palabras, dichas por los académicos franceses más de 200 años atrás. A pesar de la gran importancia y clarividencia de la decisión de la Academia de París, en ella no se mencionaban otras formas de movimiento y, particularmente, el térmico; el problema sobre su relación con el movimiento mecánico quedaba abierto. Correspondientemente quedaba la «rendija» para la ideología, que permitía el mpp. La extraordinaria clarividencia de Leibniz y

⁵ En ella se hablaba también de otros problemas insolubles en el campo de las matemáticas: la cuadratura del círculo, duplicación del cubo y la trisectriz del ángulo.

⁶ La decisión de la Academia, indudablemente, influyó en las mentes de las personas, que se encontraban cerca de la ciencia, e influyó en su ulterior desarrollo. En lo que se refiere a los inventores ordinarios del mpp, lejanos de la ciencia, ellos, como veremos de lo que sigue, continuaban durante mucho tiempo sus búsquedas.

Lomonosov tenía un carácter filosófico común. El desarrollo de la técnica (máquinas a vapor y otros motores térmicos, por ejemplo, la máquina de Stirling [1.28, 1.29.]) requería la comprensión de los procesos de transformación del calor en trabajo y del trabajo en calor, su preciso análisis cuantitativo.

El primero quien planteó correctamente (y en principio resolvió) el problema de determinación del equivalente térmico del trabajo fue el ingeniero militar francés Nicolás Leonardo Sadi Carnot (1796-1832), hijo de Lazare Carnot. Él publicó en 1824 el libro, que más tarde se hizo famoso, «Razonamientos sobre la fuerza motriz del fuego y sobre las máquinas capaces de desarrollar esta fuerza» [1.13]. En él S. Carnot fundamentó no sólo la teoría de las máquinas térmicas, sino también el segundo principio de la termodinámica. En el siguiente capítulo ya hablaremos otra vez más del trabajo de Carnot, cuando nos dediquemos al mpp-2. Aquí nos interesan las opiniones de Carnot sobre el mpp-1 y su aportación a «principio de conservación de la fuerza», del cual se dedujo el principio de conservación de la energía, el primer principio de la termodinámica.



Fig. 2.2 Sadi Carnot

Sobre el mpp S. Carnot escribía en su libro: «Si esto fuera posible, se haría inútil la búsqueda de la fuerza motriz en las corrientes de agua y de aire, en el material combustible; tendríamos una fuente inagotable, de la cual podríamos hacer uso incesantemente». Y luego: «... aquí puede surgir la pregunta: si se ha demostrado la imposibilidad del mpp para las acciones puramente mecánicas, ¿se conserva o no esto al consumir calor o electricidad; pero acaso es posible inventar para los fenómenos del calor o de la electricidad otra causa, además de cierto movimiento de los cuerpos, y acaso estos movimientos no deben subordinarse a las leyes de la mecánica?».

En lo que se refiere a la «conservación de la fuerza» durante las transformaciones recíprocas del calor y el trabajo, la posición de S. Carnot estaba claramente fundamentada en sus apuntes más recientes:

«El calor no es otra cosa que la fuerza motriz o, mejor dicho, el movimiento, que cambió su forma; este movimiento de las partículas de los cuerpos surge por doquier, donde tiene lugar la aniquilación de la fuerza motriz. Viceversa, siempre que desaparezca el calor surge fuerza motriz. Así pues, se puede enunciar la tesis general: la fuerza motriz existe en la naturaleza en una cantidad invariable: ella, propiamente dicho, nunca se crea y nunca se aniquila; en realidad, ella cambia su forma, es decir, provoca bien una forma de movimiento, bien otra, pero nunca

desaparece. Por ciertas ideas, que me he formado con respecto a la teoría del calor, la creación de la unidad de fuerza motriz requiere el gasto de 2,7 unidades de calor».

Si se cambia en todo el texto las palabras «fuerza motriz» por «energía», y en la última frase, por «trabajo», la formulación de Carnot puede incluirse totalmente en un manual moderno de física. Carnot no sólo formuló aquí el principio de conservación de la energía, sino que dio por primera vez el coeficiente numérico para el recálculo del calor en trabajo y al contrario. Esto fue un salto cualitativo, el paso a un nuevo nivel de conocimientos, el significado del cual no puede ser sobreestimado. En adelante veremos con qué dificultad estas verdades penetraban en la mente de las personas.

¿Cuán exactamente S. Carnot calculó el equivalente térmico del trabajo? Henri Poincaré en el año 1892 escribía: «¿Se puede enunciar con mayor claridad y precisión el principio de conservación de la energía? Observemos también que el valor del coeficiente calculado por Carnot, de 2,7 kcal por unidad de trabajo, por la cual él toma $1000 \text{ kgf} \cdot \text{m}$, corresponde a $370 \text{ kgf} \cdot \text{m/kcal}$, lo que no se diferencia mucho de la verdad ($427 \text{ kgf} \cdot \text{m}$)...».

Sin embargo, el descubrimiento de Carnot quedó desconocido para sus contemporáneos; a él no le dio tiempo para publicarlo. En 1832 S. Carnot falleció, después de enfermarse de cólera. Solamente en 1878, su hermano publicó los apuntes, los cuales contenían el fragmento citado, junto con la segunda edición del libro «Sobre la fuerza motriz del fuego».

Este descubrimiento de Carnot no influyó en el ulterior desarrollo de la teoría de la conservación de la energía; los principales acontecimientos, relacionados con su establecimiento, tuvieron lugar más tarde, en los años 40 y 50 del S. XIX. No obstante, la prioridad de S. Carnot es indudable.

Sin embargo, como fundador del principio de conservación de la energía figura en la historia (con pleno derecho de ello) otra persona, que en realidad «iba el segundo», el médico alemán Robert Mayer (1814- 1878). Él publicó por primera vez su cálculo del equivalente mecánico del calor en 1842 (la cifra obtenida por él, $365 \text{ kgf} \cdot \text{m/kcal}$, era algo menos exacta que la de Carnot).



Fig. 2.3. Robert Mayer

R. Mayer así como muchos otros descubridores tomó sobre sí los golpes de los adversarios de la nueva ley. Él comprendía el problema de las transformaciones energéticas más a fondo y más ampliamente que sus contemporáneos, los físicos ocupados en este mismo problema.

Esto tenía sus ventajas e inconvenientes. Ventajas, porque (aunque no inmediatamente) dio la posibilidad al principio de la conservación de la energía de establecerse en la forma más general. Inconvenientes, porque los trabajos de Mayer, en sumo grado precisamente por esta causa, «no llegaban» durante largo tiempo hasta sus contemporáneos y no fueron apreciados en su justo valor. Él vivió más que Carnot, pero su suerte también fue trágica.

Mayer abordó el principio de conservación desde un punto de vista biológico, algo inesperado para los físicos: lo mismo que Darwin, él recibió el primer incentivo hacia sus ideas de las observaciones durante su largo viaje marítimo. Él como médico de barco tuvo que hacer operaciones quirúrgicas; él prestó atención en que los habitantes de la isla Java tenían una sangre venosa mucho más clara que los europeos. Mayer conocía que el desprendimiento de calor por el organismo vivo tiene lugar como resultado de la oxidación del alimento con oxígeno (esto fue establecido por primera vez por A. Lavoisier y P. Laplace). Razonando sobre esto Mayer llegó correctamente a la explicación: en un clima caluroso el organismo cede calor y, por lo tanto, produce menos calor que en el norte. Correspondientemente, la sangre arterial al pasar a la venosa debe entregar menos oxígeno (es decir, oscurecer menos).

Desarrollando esta idea Mayer enlazó el proceso de oxidación del alimento no sólo con el desprendimiento de calor por el organismo, sino también con el trabajo que él realiza. Por consiguiente, tanto el calor como el trabajo surgen de una misma fuente, del alimento. Por cuanto Mayer, lo mismo que Leibniz partía del principio de igualdad de la causa y la acción (causa aequat effectum), para él era evidente que el calor y el trabajo pueden mutuamente transformarse. Es más, sus cantidades en este caso deben encontrarse en una relación absolutamente determinada.

Para una misma cantidad de alimento oxidado la suma de las fuerzas es invariable; cuanto disminuye el trabajo, tanto aumenta el calor (y viceversa). Queda sólo calcular el equivalente térmico del trabajo.

Cuán lejos miraba Mayer, se ve de tales, por ejemplo, líneas suyas:

«Estudiar la fuerza en sus distintas formas, investigar las condiciones de su transformación (metamorfosis), ésta es la única tarea de los físicos, puesto que el engendro de la fuerza o su supresión se encuentra fuera de la esfera del razonamiento y de la acción del hombre.

Se puede demostrar a priori y confirmar en todos los casos con el experimento, que distintas fuerzas pueden transformarse una en otra. En realidad existe solamente una fuerza única. Esta fuerza circula en cambio

constante tanto en la naturaleza muerta como en la viva. En ninguna parte se puede encontrar ningún proceso en el que no haya variación de la fuerza por parte de su forma».

Si se tiene en cuenta que la palabra «fuerza» corresponde al término de «energía», esta cita suena como si hubiera sido escrita hoy día.

Estas ideas de Mayer, que para nosotros son absolutamente naturales e irrefutables, en aquellos tiempos (1840-1842) parecían, por muy extraño que parezca, no sólo paradójicas, sino simplemente ignorantes. No hay que olvidar, que en las mentes de los científicos predominaba todavía la teoría del cuerpo termógeno, la idea sobre cierto líquido imponderable, el cual surgía y no se aniquilaba, sino que sólo pasaba de un cuerpo a otro, y al «saltar» de un nivel térmico más alto al siguiente más bajo, podía realizar trabajo semejanza del agua, que hacía girar la rueda. Mayer, sin embargo, escribía sobre el cuerpo termógeno con extremada irreverencia.

«Expresemos una gran verdad: no existe ninguna materia inmaterial. Nosotros comprendemos perfectamente que libramos una lucha contra hipótesis arraigadas y canonizadas por grandes autoridades, que queremos, junto con los líquidos imponderables, expulsar de la ciencia de la naturaleza todo lo que ha quedado de los dioses de Grecia...».

No son menos sediciosas «en contra del cuerpo termógeno» las ideas de S. Carnot sobre la equivalencia del calor y el trabajo, escritas en su diario, desconocidas en aquellos tiempos; eran también pocos los que conocían las declaraciones de Leibniz y Lomonosov. Todas las dificultades de la lucha contra los adversarios científicos y no científicos fueron soportadas por Mayer.

Hay que tener también en cuenta que él hablaba de todas las estupideces en los trabajos de muchos de sus oponentes (incluyendo a sus colegas, los médicos) con humor, cosa que raramente se perdona.

En 1841 Mayer mandó su primer trabajo sobre la idea de la conservación de la fuerza a la revista física «Annalen der Physik». No obstante, el redactor de la revista Poggendorf se negó a publicarlo. En ese mismo año Mayer escribió un nuevo artículo bajo el título de «Observaciones sobre las fuerzas de la naturaleza muerta», que logró publicar en otra revista, «Annalen der Chemie und Pharmacie». En este artículo no sólo se planteaba claramente el problema sobre el equivalente mecánico del calor, sino que se aportaba su valor, calculado por los datos conocidos en aquellos tiempos para las capacidades caloríficas del aire a presión constante C_p y volumen constante C_v . Por cuanto el aire, al expandirse a presión constante, realiza trabajo, y al calentarse a volumen constante no lo realiza, la diferencia de las cantidades de calor, consumida en el calentamiento, es equivalente al trabajo realizado. Mayer obtuvo la cifra $365 \text{ kgf} \cdot \text{m/kcal}$. Más tarde, en el trabajo «Movimiento orgánico y metabolismo» él precisaba este valor, determinándolo igual a $425 \text{ kgf} \cdot \text{m/kcal}$ (lo que está muy próximo al valor verdadero de $427 \text{ kgf} \cdot \text{m/kcal}$).

Mayer escribía además sobre las fuerzas eléctricas y químicas, extendiendo también a ellas el principio de conservación.

Los méritos de Mayer ante la ciencia no fueron apreciados por sus contemporáneos. Al principio las ideas de Mayer provocaban resistencia y luego, como sucede con frecuencia, discutían su prioridad.

La atmósfera hostil que rodeaba a Mayer⁷, condujo incluso a una tentativa de suicidio (en 1850) y a una depresión mental; cerca de un año (1852-1853) él lo paso en un hospital. Sobre su estado se puede juzgar por las palabras: «O todo mi método de razonamiento es anormal e inútil, entonces mi lugar adecuado es una casa de locos. O a mí me premian con el desprecio y burlas por el descubrimiento de importantes verdades».

Solamente un poco antes de su muerte los méritos de Mayer fueron en cierto grado reconocidos; en esto desempeñó un gran papel el físico inglés J. Tindalí y el alemán H. Helmholtz. Ya después de la muerte de R. Mayer en el año 1892 en la c. Heilbronn, donde él nació se erigió un monumento, y en 1893 se editaron sus obras.

Apreciando la aportación de R. Mayer en la ciencia, F. Engels escribía en «Dialéctica de la naturaleza» sobre su papel revolucionario: «La constancia cuantitativa del movimiento fue enunciada ya por R. Descartes casi en las mismas expresiones..., pero la transformación de las formas de movimiento fue descubierta en 1842 y precisamente esto, y no el principio de constancia es lo nuevo».

⁷ Es característico el comportamiento de aquel mismo Poggendorf que no admitió el artículo de Mayer en 1841. En el diccionario biográfico editado en 1863 la información sobre R. Mayer terminaba así: «.. al parecer murió en 1858 en un manicomio». Pero al final del libro se añadió: «No ha muerto... pero todavía está vivo».



Fig. 2.4. Jacobo Joule

La suerte del tercer fundador del principio de conservación de la energía J. Joule (1818-1889) no fue tan dura como la de S. Carnot y R. Mayer. A diferencia de Mayer, inclinado a la filosofía e irrespetable a las personas competentes, él era un inglés práctico, de posición estable, e incluso beato. El fundamento ideológico del principio de conservación de la fuerza viva (es decir, de la energía) él consideraba la tesis de que el hombre no puede aniquilar lo creado por Dios, ni puede crear lo que Dios no creó. Con respecto al comienzo de acción de esta ley Joule escribía: «Las manifestaciones de la fuerza viva en nuestro planeta son las mismas que fueron en el momento de la creación del mundo».

Los resultados de los trabajos de muchos años de Joule se basaban en experimentos minuciosamente realizados, y eran concretos, y costaba trabajo discutir con él. Joule trabajaba en las transformaciones energéticas desde 1843, más de 30 años; en este tiempo él estudió las más distintas transformaciones energéticas. Él llevó a cabo experimentos clásicos para determinar exactamente el equivalente térmico del trabajo, girando con las pesas el agitador del agua en el calorímetro y midiendo la elevación de su temperatura (aquellas mismas «centésimas de grado»). Ya en 1843 él inmediatamente después de Mayer formuló claramente el principio de conservación para las tres formas de «fuerzas vivas» (es decir, energía): mecánicas, térmicas y magnetoeléctricas.

Simultáneamente con el físico ruso E. Lentz (1804-1865) e independientemente de él⁸. Joule formuló la ley, que establece la dependencia del calor desprendido en un conductor de la intensidad de la corriente y la tensión (ley de Joule-Lentz). Joule llevó a cabo investigaciones por toda la cadena de transformaciones de la energía eléctrica, comenzando por el elemento galvánico y terminando con el trabajo de las fuerzas electromagnéticas. Después de publicar los trabajos de Joule a mitades del s. XIX el principio de conservación de la energía (como escribían entonces, de la «fuerza» o del «movimiento») venció definitivamente; más tarde se hablaba ya sobre la ampliación de la esfera de su aplicación, precisión, establecimiento de una terminología unívoca y, por fin, la familiarización con él primero a los colaboradores científicos e ingenieros y luego a todas las personas instruidas. Llevar a cabo este trabajo hasta el final significaba también el final del mpp-1. Una aportación fundamental en este trabajo fue hecha por G. Helmholtz (1821-1894), W. Thomson Kelvin (1824-1907), W. Rankine (1820- 1872) y H. Clausius (1822-1888). Todas las tentativas de refutar o restringir el principio de conservación de la energía

⁸ Pero tampoco aquí se pudo pasar sin oponentes científicos. Uno de los miembros de la Sociedad Real declaró después del informe de Joule que no confiaba en él, «por cuanto él no tiene nada más que centésimas de grado».

estaban condenadas al fracaso. No obstante, para la confirmación definitiva y la propagación, su transformación en una ley fundamental admitida por todos era necesario realizar el establecimiento de las nociones y términos precisos, del cual se habló más arriba. Pues, incluso la palabra «energía» en la formulación inicial del principio no existía.

2.2. Confirmación del principio de conservación de la energía. Revolución en las nociones y términos

En el prefacio para la edición inglesa del «Capital» F. Engels escribía: «En la ciencia cada nuevo punto de vista conduce a una revolución en sus términos técnicos»

Es natural, que tal acontecimiento como el establecimiento de un punto de vista radicalmente nuevo de las transformaciones energéticas debía provocar una revolución en los términos. Pero el hecho era tan serio que no podía limitarse solamente a los términos; a la reglamentación de los términos le debía anteceder la reglamentación de las nociones. Sobre esto habló muy bien en su tiempo A. Lavoisier, que consideraba que cada ciencia consta de una serie de factores nociones sobre ellos y palabras que los expresan (es decir términos). Efectivamente, incluso en los trabajos de G. Helmholtz, sin hablar ya de Mayer y Joule, no existían tales términos tan corrientes para nosotros como «energía» y «trabajo»; las nociones de «fuerza» y «calor» se empleaban en otro sentido muy distinto al que corresponde a la interpretación científica de una sola acepción.

En el estudio inicial de la formación de la nueva ley es natural cierta indeterminación en las nociones y los términos; pero a medida que se iba ampliando la esfera de su aplicación toda imprecisión en ellos se hace un factor frenador. Sin su eliminación el principio de conservación de la energía no podía ser puesto al alcance de todos y «trabajar» correctamente en todas las ramas de la ciencia y la técnica.

La gran atención que se presta en la ciencia a la terminología correcta y precisa puede provocar perplejidad. Muchos, incluso personas bastante instruidas, consideraban demasiado escrupulosa «la limpieza y el pulido» de los términos, razonando aproximadamente así: «Qué más da al fin y al cabo cómo llamar una u otra cosa o noción. Todo quien trata con ellas, sabe lo que es. Lo que importa es el hecho, no las palabras».

Semejante «filosofía» incluso aplicada a la vida cotidiana puede conducir a contrariedades, sin hablar ya de la ciencia. En adelante veremos en ejemplos concretos, referidos a los mpp, a cuáles consecuencias puede llevar la interpretación incorrecta de algunos términos energéticos, en particular, los términos «calor», «rendimiento», «medio ambiente», «sistema cerrado» y otros. Por eso en lo sucesivo prestaremos mucha atención a los términos, asignando, allí donde sea necesario, lugar para su examen detallado.

Con respecto a la ley establecida por S. Carnot, R. Mayer y J. Joule, es necesario pararse en dos nociones fundamentales, relacionadas con los términos «energía» y «calor», así como ampliar algo la noción sobre el término «trabajo». Sin esto el examen ulterior del problema sobre el móvil perpetuo no se podrá realizar con la suficiente plenitud.

Comencemos por la noción de «energía». Apareció por primera vez en los trabajos de Aristóteles, como designación de cierto elemento activo; pero tenía en aquellos tiempos un significado puramente filosófico y aquí no se tenían en cuenta ningunas valoraciones cuantitativas.

Este término fue introducido en la física por el mecánico inglés T. Young (1773-1829) en «Conferencias de filosofía natural» (1807), quien le dio un sentido preciso. Esto fue hecho por él con arreglo a la «fuerza viva» (el producto de la masa del cuerpo por el cuadrado de su velocidad), es decir, solamente al movimiento mecánico; pero se dio el primer paso hacia la amplia utilización de este término.

En lo sucesivo, después de los trabajos de los fundadores del principio de conservación, el término general «energía» comenzó a desplazar de la literatura a todos los demás, como el único para designar la medida general de movimiento de la materia. Aquí desempeñaron un papel sobre todo grande los científicos ya mencionados W. Rankine y W. Thomson-Kelvin.

Correspondientemente, todas las leyes de conservación del movimiento, independientemente de en cuál forma se manifestaban: mecánica, térmica, electromagnética, química o biológica, se

hicieron casos particulares de la ley fundamental general de la naturaleza, del principio de conservación de la energía.

Después de esto se precisaron y adquirieron una sola acepción las nociones de «trabajo» y «calor». Si el término «trabajo», como ya dijimos, adquirió relativamente pronto un sentido claro⁹, el término «calor» conservaba durante largo tiempo los restos de la influencia de la teoría del «cuerpo termógeno». La viabilidad de esta influencia (lo mismo que de otras representaciones antiguas) resultó extraordinaria. Hasta hoy día se han conservado tales términos, que pasaron del s. XVIII, como «capacidad calorífica», «termotransferencia», «tanque térmico», «acumulador térmico», hace poco se empleaba el término «contenido de calor», sustituido por «entalpía». Todos ellos están relacionados con el calor, como algo contenido en el cuerpo, es decir, en realidad con el «cuerpo termógeno». La sustitución de la teoría del cuerpo termógeno por la «teoría mecánica del calor» no cambió al principio esta terminología. La energía del movimiento caótico de las moléculas del cuerpo, relacionada con su temperatura, por inercia seguía llamándose calor, pese a que esto es algo absolutamente diferente, parte de la energía interna del cuerpo.

Para excluir los errores durante el análisis de las transformaciones energéticas, hay que representarse con absoluta claridad la diferencia entre la energía interna, contenida en un cuerpo cualquiera, y la energía suministrada a él (o extraída de él). La energía de la segunda forma existe solamente cuando se transmite de un cuerpo a otro. La transferencia de la energía puede suceder en dos formas: calor y trabajo. Así pues, la generalidad del calor y el trabajo se determina por el hecho de que ellos representan en sí la medida cuantitativa de la energía que se transmite. Pero entre ellos existe una diferencia esencial. El trabajo es la transmisión de energía en forma organizada, durante la cual cada partícula realiza movimiento (si no se tiene en cuenta las oscilaciones) por una trayectoria determinada¹⁰. Si, por ejemplo, tiene lugar la transmisión de la energía mecánica por intermedio de un par de ruedas dentadas, cada molécula, tanto del engranaje conductor, como del conducido realiza movimiento, relacionado con este sistema, estrictamente por la circunferencia. Si se eleva la carga con ayuda de un cabrestante, entonces sus moléculas se mueven por líneas rectas, etc.

Por el contrario, la transmisión de la energía en forma de calor se realiza por el movimiento caótico de las partículas. Durante el contacto de dos cuerpos con distintas temperaturas las moléculas del cuerpo con temperatura más alta, «sacuden» las moléculas del cuerpo más frío de tal manera que la velocidad media de las primeras disminuye, y la de las segundas aumenta.

Como resultado una cantidad determinada de energía se transmite del primer cuerpo al segundo.

De este modo, tanto el calor como el trabajo es la energía en la transmisión, en el paso. Si no hay proceso de transición, no hay ni calor ni trabajo. Ellos existen sólo en el proceso de transmisión de un cuerpo a otro, pero no pueden «contenerse» en ellos. El hecho de que el calor pasa de un cuerpo a otro, no significa ni mucho menos que él al principio se contenía en un cuerpo, y después comenzó a contenerse en otro. Simplemente la energía interna del cuerpo, al cual se suministró calor, aumentó, y la del que fue extraído el calor, correspondientemente disminuyó. La transformación del trabajo en calor significa, por lo tanto, que el sistema que recibió energía en forma de trabajo de un cuerpo cualquiera, la transforma primero en energía interna, y luego la entrega a otro cuerpo en forma de calor. Así, gastando trabajo mecánico en el giro del mezclador, sumergido en líquido, nosotros aumentamos la energía en forma de trabajo. Luego, dejando que

⁹ Esto era natural, puesto que pasó de la mecánica, donde su sentido preciso fue establecido ya a finales del s. XVIII.

¹⁰ En el caso general el trabajo puede ser no sólo mecánico, sino también eléctrico, magnético, etc. Sin embargo, todo lo dicho sobre el movimiento ordenado de las partículas se refiere también a ellos.

se enfríe el líquido hasta la temperatura anterior, podemos transferir esta energía en forma de calor.

Aproximadamente de este modo el conde Rumford realizó en 1799 su famoso experimento, que mostró la transformación del trabajo en calor durante el taladrado de cañones. La energía suministrada en forma de trabajo mecánico de rotación del taladro se extraía por el agua, la cual en este caso se calentaba desde la temperatura T_1 hasta la temperatura T_2 ($T_2 > T_1$). La energía interna del agua (designémosla con U) aumentaba en este caso desde U_1 hasta U_2 . Luego el agua se enfriaba de nuevo hasta la temperatura T_1 , cediendo la energía en forma de calor Q al medio ambiente. Si se enfría el agua hasta la temperatura inicial, entonces su energía interna queda la misma que al principio la cantidad de calor Q y el trabajo L serán iguales. Si se enfrían el agua hasta una temperatura intermedia cualquiera T_3 , más alta que T_1 la cantidad de calor extraído será menor, puesto que parte de la energía suministrada queda en forma de incremento ΔU de energía interna del agua.

Así pues, el principio de conservación de la energía se expresará por la fórmula clásica, que enlaza el calor con el trabajo:

$$L = Q + \Delta U \quad (2.1)$$

El trabajo gastado puede proporcionar tanto un aumento de la energía interna del cuerpo ΔU , como extraerse en forma de calor Q . Si $\Delta U = 0$, entonces $Q = L$. La fórmula (2.1) expresaba precisamente el principio de conservación de la energía en su forma más simple. Surgió también la ciencia que examinaba especialmente las transformaciones recíprocas del calor y el trabajo, la termodinámica¹.

Al principio de su desarrollo la termodinámica se consideraba solamente como ciencia sobre las transformaciones recíprocas del calor y el trabajo¹¹. A medida que se va desarrollando la termodinámica, ella abarcaba poco a poco otras transformaciones energéticas relacionadas con los fenómenos eléctricos, magnéticos, químicos y cuánticos. Correspondientemente se ampliaban las nociones de trabajo L y de energía interna U . De este modo, la esfera de acción del primer principio de la termodinámica abarcó en realidad todas las ramas de las transformaciones energéticas y comenzó a corresponder por su contenido al principio de conservación de la energía.

Por esta razón, en adelante haremos uso del término «primer principio de la termodinámica» como sinónimo del término «principio de conservación de la energía». Así será más cómodo en lo sucesivo al examinar el segundo principio de la termodinámica y su comparación con el primero.

Expongamos brevemente algunas formulaciones y tesis, relacionadas con el primer principio de la termodinámica, que nos harán falta en lo sucesivo al analizar los nuevos mpp.

Existe toda una serie de formulaciones igualmente correctas del primer principio de la termodinámica. Nosotros debemos elegir entre ellas la que sea en mayor grado cómoda para la revelación del mpp-1. Desde este punto de vista, al parecer, la más adecuada es la más próxima a nuestro tema:

«El móvil perpetuo de primera especie es imposible». Sin embargo, pese al carácter preciso y categórico de esta formulación, ella no habla de cómo determinar que uno u otro dispositivo es precisamente el móvil perpetuo. Pues ¡antes de prohibir, hace falta saber qué prohibir!

¹¹ De dos palabras griegas: «termo», calor, y «dynamis», fuerza (recordemos que «fuerza» se llamaba en aquellos tiempos lo que nosotros llamamos «energía»). El término «primer principio (ley fundamental) de la termodinámica» como principio de equivalencia del calor y el trabajo fue introducido por R. Clausius en el año 1850.

Por esta razón es más cómoda otra formulación: «Cualesquiera que sean las transformaciones en el sistema¹², el flujo de energía que entra en él es siempre igual al que sale». Sobre esto se habla muy bien en las «Conferencias de física de Feynman»: «.. se puede tomar un número cualquiera y observar tranquilamente cómo la naturaleza hace cualesquiera de sus trucos, y después contar de nuevo este número, él permanecerá siendo el mismo». Aquí «número» es el valor de la energía. Para determinar si existe o no semejante igualdad¹³, hay que componer el balance energético, calcular todos los flujos de energía que entra (designémoslos con el signo', entrada) y que sale (designémoslos con el signo", salida). Para no equivocarse y no dejar pasar alguno de ellos, rodeemos a nuestro motor con una envoltura imaginaria, una superficie de control (se muestra en la fig. 2.5, a con línea de trazos). Los flujos de energía se designan con flechas. En el caso general en la entrada puede ser el flujo de calor Q' y el flujo de energía, que introduce la sustancia que entra (por ejemplo, el vapor, agua, combustible, etc.). La energía en el flujo de sustancia se designa con la letra H . En la salida hay que tomar en consideración el calor que sale Q'' , el flujo de energía, que se saca con la sustancia de escape H'' , y por fin, el trabajo L'' . El primer principio confirma que la energía que entra W' , es decir, la suma $Q' + H'$ (debe ser obligatoriamente igual a la que sale W'' , es decir, a la suma $Q'' + H'' + L''$ (si, claro está, dentro del motor la energía ni se acumula ni se gasta, $\Delta U = 0$):

$$W' = Q' + H' = Q'' + H'' + L'' = W'' \quad (2.2)$$

Por cuanto conforme al primer principio todas las formas de energía son equivalentes, es fácil calcular el valor de cada una de estas magnitudes en unas mismas unidades (calorías, joules o kilovatios-horas)

De la ecuación (2.2) se desprende que el trabajo recibido es exactamente igual a la suma de las variaciones de la energía del cuerpo do trabajo y del calor:

$$L'' = (Q' - Q'') + (H' - H'') \quad (2.3)$$

Calculándolas, hallaremos el trabajo del motor, igual a L'' .

Del primer principio de la termodinámica se desprende que el trabajo recibido no puede ser ni menor ni mayor de L''

El primer caso ($W' > W''$) no nos interesa, a pesar de que él es también una violación del principio de conservación (la energía desaparece), pero el segundo (la energía aparece de «la nada») corresponde precisamente al mpp-1. Este dispositivo no puede existir.

¹² Aquí, claro está, se habla del sistema, los parámetros del cual no varían en la marcha del proceso. En nuestro caso esto significa que dentro de él la energía ni se acumula ni se gasta.

¹³ Si no existe igualdad, se puede pronunciar la sentencia: ante nosotros tenemos un mpp-1, él no vivirá.

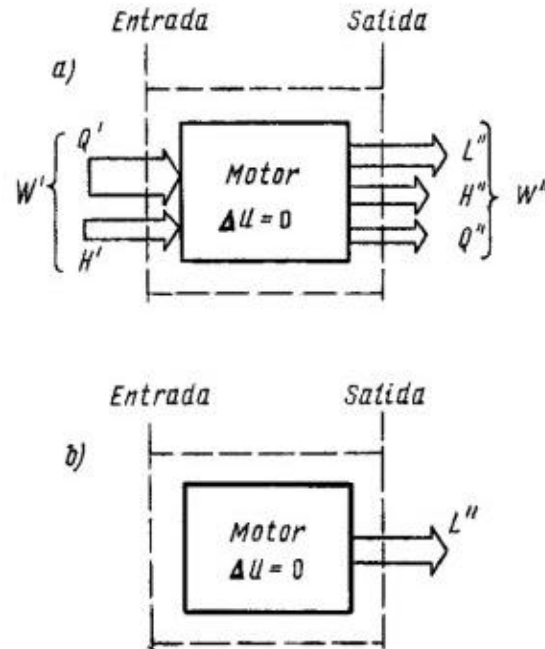


Fig. 2.5. Balance energético del sistema

Hemos tomado para el análisis el caso general, complicado con calor y flujo de sustancia (en lo sucesivo también hará falta). No obstante, todos los motores examinados en el Capítulo. 1 son más simples, no están relacionados ni con uno ni con otro¹⁴. Para ellos las ecuaciones (2.2) ó (2.3) tendrán un aspecto más simple, puesto que $Q = 0$ y $H = 0$ y, por lo tanto, $W' = 0$. Entonces

$$W'' = L'' = 0 \quad (2.4)$$

y el trabajo de estos dispositivos debe ser igual a cero. Si el inventor afirma que $L \neq 0$, esto será solamente una imaginación, en realidad es un dispositivo que no puede funcionar, que contradice a la condición (2.4), es decir, el mpp-1 (fig. 2.5, b).

De este modo, el primer principio de la termodinámica permite no examinar detenidamente los detalles del dispositivo con el fin de determinar si funcionará el motor o no. Hace falta solamente encerrarlo dentro de la superficie de control y calcular cuánta energía entra en total (W') y cuánta sale (W''), y si sale más de la que entra ($W'' > W'$), la discusión ha terminado. Está presente la infracción de la ley de la naturaleza: la obtención de energía de la nada. El móvil perpetuo de primera especie es imposible.

Naturalmente que todo lo dicho anteriormente se refiere a cualquier sistema técnico o biológico: la energía que sale en un lapso determinado W'' debe ser igual a la que entra W' . En cada una de ellas, claro está, hay que incluir todos los flujos de energía, independientemente de su forma. Además, en el caso general hay que tomar en consideración la acumulación (o el gasto) de las reservas interiores de energía AU :

$$W'' = W' - \Delta U \quad (2.5)$$

Lo dicho se puede explicar con un ejemplo simple. Tomemos un sistema biológico como el oso. En otoño él absorbe con el alimento ($H' = W'$) mayor cantidad de energía que la que gasta (con el

¹⁴ El cuerpo de trabajo que circula en el interior (por ejemplo, agua) no se toma en consideración, puesto que él no pasa a través de la superficie de control.

calor Q'' y el trabajo L''). Por eso él acumula con las reservas de grasa la energía ΔU . Por consiguiente en otoño su balance energético es activo:

$$W'_{ot} = H'_{ot} > W''_{ot} = L''_{ot} + Q''_{ot}$$

Sin embargo en invierno, durante el sueño invernal en la guarida, él no recibe en absoluto energía desde fuera ($W''_{in} = 0$; el gasto de energía incluye el trabajo L''_{in} (en la respiración, cambio de posición y chupadura de la zarpa, que es muy pequeño) y el calor Q''_{in} para mantener el microclima en la guarida. Todo este gasto de energía $W''_{in} = L''_{in} + Q''_{in}$ se compensa con la disminución de su reserva ΔU . Por consiguiente, el balance energético para este período tendrá el aspecto siguiente:

$$0 = W''_{in} + \Delta U_{in} \text{ ó } Q''_{in} + L''_{in} = -\Delta U_{in}..$$

Para que él se observe, la magnitud ΔU debe ser negativa, la reserva de energía interna disminuirá.

El primer principio de la termodinámica representa en sí un potente medio como conocimiento científico de la naturaleza y como creación de «la segunda naturaleza», la técnica. Para los sistemas ya existentes él permite comprobar la justeza de cualesquiera teorías o resultados de los experimentos relacionados con la energética. Si conforme a la teoría o a las mediciones el balance no coincide, eso quiere decir que en algún lugar se ha cometido un error. Para los sistemas recientemente inventados la comprobación de su balance energético es obligatoria. Si $W' \neq \Delta U + W''$ el sistema no puede existir. En el caso cuando $W' > \Delta U + W''$ la energía en él se «aniquila», y cuando $W' < \Delta U + W''$, «surge» de la nada (mpp-1). El primer principio demuestra que todo esto es absolutamente imposible o, como a veces se dice, está prohibido. Al parecer, la confirmación total e incondicional del principio de conservación de la energía y su popularización cada vez más amplia debían conducir a la reducción del flujo de mpp-1 inventados de nuevo. Además, «su majestad el vapor» resolvió para largo tiempo el problema del motor universal. No obstante, todo esto hasta fines del primer cuarto del siglo XX no ejerció una influencia esencial en la mayoría de los inventores del mpp-1. El asalto del problema insoluble continuaba.

2.3. Los últimos móviles perpetuos de primera especie

Aportemos para comenzar algunos datos estadísticos del mpp-1, que se refieren al período que nos interesa. Naturalmente, ellos tienen un carácter fragmentario, pero, no obstante, son bastante significativos.

Según los datos de la Oficina de Patentes de Inglaterra durante el período desde 1617 (el año de comienzo de la entrega de patentes) hasta 1903 se presentaron más de 600 declaraciones del mpp-1. Pero de ellas solamente 25 pertenecen al período de antes de 1850; las demás fueron presentadas más tarde¹⁵. Un cuadro análogo se observaba también en otros países. Resulta que cuando la ciencia aclaró totalmente el problema del mpp-1, tuvo lugar un enorme interés hacia él. Esta ordinaria paradoja con el móvil perpetuo se explica simplemente. Ya vimos qué resistencia encarnizada opusieron los círculos científicos a las ideas de Mayer y de Joule. ¿Qué hablar de los ingenieros y otros especialistas técnicos, y aún más de los aficionados lejanos de la ciencia? El proceso de propagación, introducción y asimilación de las nuevas nociones sobre la energía, el calor, el trabajo y las magnitudes enlazadas con ellas se establecieron definitivamente sólo a mitad del siglo XX¹⁶). Incluso para este tiempo la oleada de invenciones del mpp-1 no cesó todavía (y al mismo tiempo comenzó otra nueva de las invenciones del mpp-2; sobre esto hablaremos más adelante¹⁷).

Volvamos, no obstante, a los inventores del mpp de la segunda mitad del s. XIX y principios del s. XX. Entre ellos habían entusiastas honrados, y granujas que no se diferenciaba en nada a Orfireus. Si se habla de aquellos, quienes creían sinceramente en la posibilidad del mpp-1 y trabajaban en él, la mayoría de sus creaciones recordaban extraordinariamente lo que ya fue inventado antes. Pero hay también frutos de las nuevas tendencias, relacionadas principalmente con la electricidad.

En todos los casos los inventores, así como sus antecesores medievales, creían firmemente en el éxito de sus elaboraciones. Sobre esto atestigua aunque sea el hecho de que en muchos de ellos fueron previstos frenos, para que el motor no se desembalase en el caso de desarrollar altas revoluciones.

No tiene sentido describir detalladamente la mayor parte de las invenciones del mpp-1, que repiten las ideas ya conocidas. Expongamos, como ejemplo, sólo cuatro de sus modelos.

¹⁵ Existen datos interesantes de los años 1897-1903 sobre la distribución de los autores de las declaraciones hechas en Inglaterra, por los distintos países. De 31 declaraciones 10 se hicieron en Inglaterra, 8 en EE.UU., 5 en Alemania, 3 en Francia, 2 en Austria y una en Bélgica, Rusia e Italia

¹⁶ Incluso en la actualidad en algunos libros se puede encontrar una interpretación imprecisa (e incluso incorrecta) de estas nociones fundamentales.

¹⁷ S Mijal [2.6] comunica que en la secretaría de invenciones y descubrimientos de Praga en los años 1970-1973 ingresaban anualmente hasta 50 proyectos de mpp.

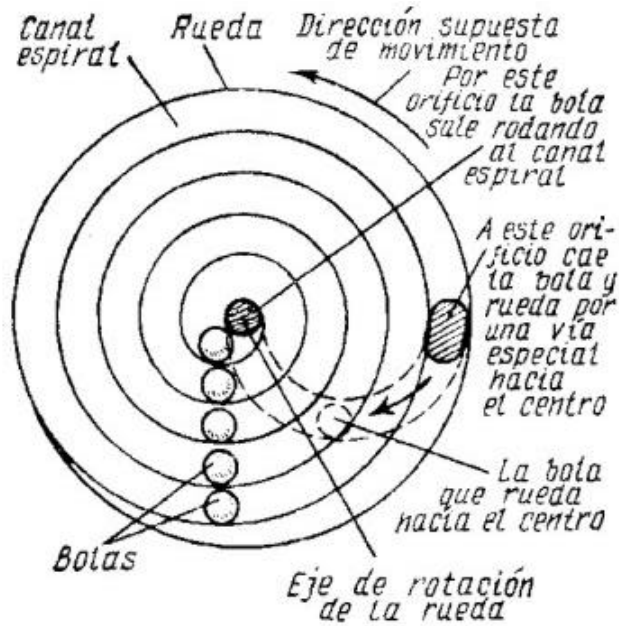


Fig. 2.6 Mpp-1 con bolas rodantes

La fig. 2.6 muestra un motor, propuesto por un inventor moscovita, cuyo nombre quedó desconocido. El autor preparó incluso un modelo, el cual representaba en sí una rueda de cerca de un metro de diámetro con un canal espiral. En el canal se encontraban cinco bolas pesadas; la sexta, que cayó en el agujero practicado en el borde de la rueda, iba rodando por una vía especial encorvada bajo el canal espiral hacia el agujero en el centro. De aquí ella iba a parar al comienzo, «centro» del canal espiral, y al mismo tiempo otra bola caía en el canal encorvado. El inventor consideraba que cinco bolas, encontrándose a la izquierda del centro de rotación de la rueda, pesarían más que la que se encontraba a la derecha, y la rueda giraría en el sentido mostrado con la flecha. Pero él no tuvo en cuenta lo que ya conocía bien en el s. XVII John Wilkins, episcopo de Chester. El hecho no sólo consiste en el peso de las bolas, sino también en su distancia de la línea vertical que pasa por el centro de rotación. Por eso una bola, que se encuentra a la derecha, pero a mayor distancia de ella, equilibrará las cuatro que se encuentran a la izquierda: los momentos de las fuerzas de ellas serán inevitablemente iguales, y la rueda permanecerá inmóvil. De segundo ejemplo de mpp-1, también de tipo gravitacional, puede servir el motor del maquinista de Estonia K. Kail, perteneciente aproximadamente al mismo tiempo que el anterior. Su idea está clara de la fig. 2.7. Dos pesas a la izquierda (1 y 2) deben preponderar a una que se encuentra a la derecha (3), y poner en movimiento la rueda dentada. Es evidente que el dispositivo no se moverá del sitio; esto como ya señalamos en el cap.1, fue demostrado por Stevin.

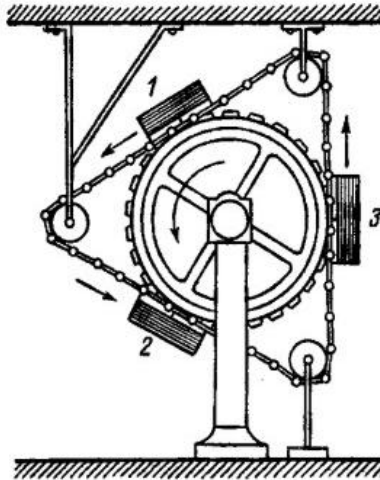


Fig. 2.7. Móvil perpetuo de K. Kail

El tercer ejemplo (fig. 2.8) se refiere a finales del s. XIX; este motor también repite la vieja idea de «capilares - mecha». Un líquido, bajo la acción de las fuerzas de tensión superficial subirá por la mecha, pero estas mismas fuerzas no le permitirán escurrir al depósito superior.

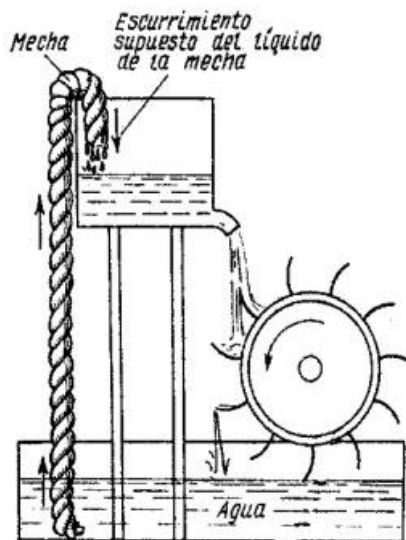


Fig. 2.8. Móvil perpetuo capilar de mecha

Por fin, la fig. 2.9 muestra un motor hidráulico (de flotador), el cual fue propuesto por el norteamericano G. Gotz. Un tubo de dos codos de sección circular está lleno de dos líquidos inmiscibles de distinta densidad (por ejemplo, mercurio y agua). Los tubos están llenos de bolas, cuya densidad es tal, que ellas flotan incluso en el líquido más ligero. Según la idea del autor las bolas en el codo derecho serán constantemente empujadas (bajo la acción del peso de las tres bolas que se encuentran sobre el líquido) al codo izquierdo del tubo y allí flotarán. La siguiente bola que flota en el codo izquierdo caerá sobre la rueda, poniéndola en movimiento con su peso,

y regresará al codo derecho. De esta idea de nuevo, naturalmente, no saldrá nada, puesto que el líquido pesado, pese a que su nivel es más bajo, expulsa

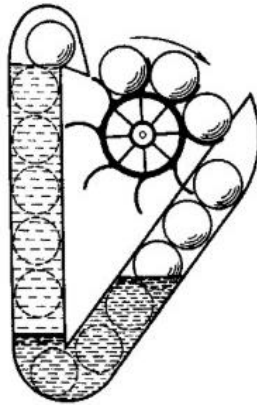


Fig. 2.9. Móvil perpetuo hidráulico de dos líquidos de Gotz

las bolas con el mismo empuje de Arquímedes, que lo hace el líquido ligero. En ambos codos los niveles de líquido se establecen automáticamente (como si conocieran el principio de conservación de la energía) de tal manera, que estas fuerzas se igualan, y el dispositivo no funciona.

El examen de distintas variantes de mpp-1 mecánicos e hidráulicos, propuestos después del establecimiento del principio de conservación de la energía, puede ser continuado. El análisis de estas invenciones es un buen entrenamiento de la habilidad para hallar y aplicar las correspondientes leyes físicas. A los lectores que se interesan por otras variantes de estos dispositivos se les puede recomendar dirigirse a la correspondiente literatura [2.1-2.6].

Nosotros pasaremos a otros mpp-1, que corresponden en mayor grado al compás del tiempo con respecto a las fuerzas que en ellos se utilizan. A primera vista ellos aportan un nuevo chorro vivo en el fundamento ideológico del mpp-1.

Efectivamente los fenómenos eléctricos y electroquímicos, que en ellos se utilizan en lugar de bolas, ruedas, flotadores y mechas, crean la impresión de cierta novedad. Pero, también aquí de principio todo permanece al mismo nivel. Examinemos dos de estos nuevos proyectos (los demás representan en una u otra forma sus modificaciones). Los nombres de los numerosos autores de estas invenciones pueden no mencionarse; la lucha por la prioridad aquí no tiene sentido práctico. La fig. 2.10 muestra en dos variantes un mpp-1 electromecánico. Su idea es genialmente simple. Sobre un árbol común van montados un motor de corriente continua y un generador eléctrico (también de corriente continua), conectados con ayuda de cables con el acumulador y al consumidor de la energía eléctrica generada.

Para la puesta en marcha del sistema hay que cargar previamente el acumulador. Luego es necesario poner en marcha el motor eléctrico con ayuda del acumulador. El motor hará girar al generador, el cual generará no sólo la energía necesaria para el consumidor, sino también la requerida por el motor eléctrico. El acumulador desempeñará el papel de un sistema energético de tampón. Si el consumidor toma más energía que la que genera el generador (descontando la energía necesaria para el motor eléctrico), entonces él entregará energía. Al contrario, si el consumidor toma menos energía, entonces ésta se acumulará en el acumulador.

Es absolutamente evidente que el generador, incluso en el caso más ideal, generará exactamente tanta energía, como toma el motor eléctrico; en las condiciones reales su potencia no llegará incluso para esto. El sistema en marcha, al gastar la energía, acumulada por el acumulador desde la fuente exterior, inevitablemente se parará. El no podrá incluso abastecerse a sí mismo, sin hablar ya de entregar energía al consumidor. La segunda variante se diferencia sólo en que en lugar del acumulador eléctrico de la energía se utiliza un acumulador mecánico - un volante pesado.

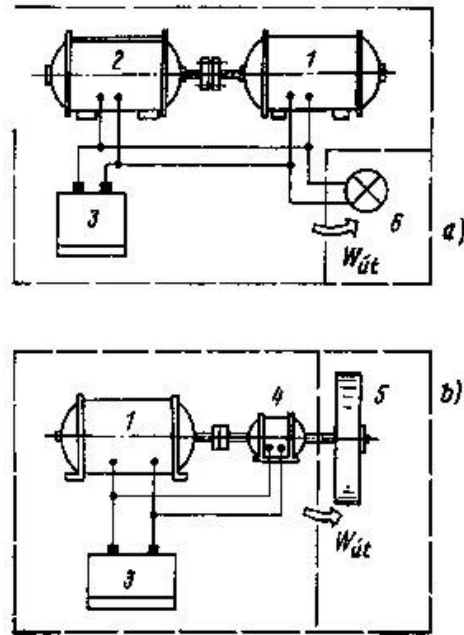


Fig. 2.10 . Esquema de dos variantes de mpp eléctrico: a, motor puramente eléctrico; b, motor electro- mecánico; 1, generador eléctrico de corriente continua; 2, motor eléctrico; 3, acumulador eléctrico; 4, motor de arranque; 5, volante; 6, carga útil

Este debe ser puesto previamente en rotación para que arranque el motor. Claro está que el resultado será el mismo: después de gastar la energía del volante en el rozamiento y las pérdidas eléctricas el motor se parará. Si se compone el balance energético de esta máquina, él tendrá un aspecto muy simple:

$$0 = W''$$

La energía útil W'' se extrae, pero hacia dentro a través de la superficie de control no ingresa nada: $W' = 0$. No se observa el primer principio de la termodinámica. Si se toma en consideración el rozamiento y las pérdidas eléctricas, extraídas en forma de calor Q'' , la ecuación tomará la forma: $0 = Q'' + W''$. Para que se conserve esta igualdad W'' debe ser negativa. Con otras palabras, para que este «motor» funcione, él debe estar girado desde fuera.

En el mpp electroquímico, mostrado en la fig. 2.11, se ha utilizado la misma idea: «me abastezco a mí mismo, y el exceso lo entrego», que en el mpp electromecánico.

Al comenzar a funcionar el sistema se pone en marcha por el acumulador. El agua se descompone por la corriente eléctrica en hidrógeno y oxígeno, los cuales van a parar a una turbina de gas.

Aquí ellos reaccionan (el hidrógeno se quema en el Oxígeno) y los gases calientes giran la turbina. La turbina pone en movimiento al generador eléctrico, que genera la energía eléctrica, que se envía en tres direcciones: al consumidor exterior, a la descomposición del agua y, por fin, a la recarga del acumulador, necesaria tanto para el arranque, como en calidad de capacidad eléctrica de tampón. El vapor que escapa a la turbina se condensa en agua, la cual regresa al electrolizador; el ciclo se cierra.

Aquí todo está bien y correcto, a excepción de un detalle, que es el decisivo: en el caso más ideal el generador podrá producir solamente tanta energía, cuanto consume el electrolizador, y ni un joule más. En condiciones reales esta energía no alcanzará para descomponer toda el agua. Por eso la instalación puesta en marcha, después de gastar la energía del acumulador en obtener durante el arranque las porciones de O_2 y H_2 , inevitablemente se parará. Aquí, así como en el mpp electromecánico, será imposible ajustar el balance energético.

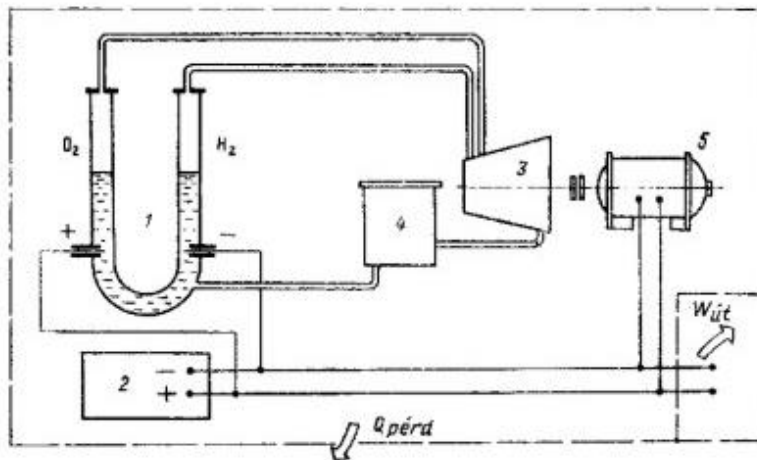


Fig. 2.11. Mpp electroquímico: 1, tubo en U con electrodos (electrolizador del agua); 2, acumulador; 3, turbina de gas; 4, colector del condensado; 5, generador eléctrico

Haciendo el resumen del examen de los más distintos modelos de mpp-1, se puede sacar la conclusión de que a fin de cuentas, todos ellos se basan en el principio de «genero algo de la nada». Este «algo» -el trabajo que pretendían recibir los inventores del mpp-1- inevitablemente se convertía en la nada. Al motor le hacía falta obligatoriamente «sobrealimentación» energética. Los inventores del tipo de Orfireus comprendieron al fin y al cabo este hecho y recurrieron a una fuente ajena de energía, para que sus mpp-1 realizaran trabajo. Orfireus utilizaba el «accionamiento biológico» (su criada o su hermano); sus sucesores no se limitaron a esto. Algunos de ellos fueron más lejos.

Recordemos aquí a dos de ellos. Charles Redgofer, norteamericano, comenzó su carrera en Filadelfia, donde mostraba un móvil perpetuo que ponía en movimiento a una piedra de afilar. Por la entrada él cogía a los hombres un precio considerable, 5 dólares, pero a las mujeres las dejaba pasar gratis. Cuando el Ayuntamiento de Filadelfia se interesó por su actividad, él estimó necesario trasladarse a Nueva York, donde continuaba desde 1813 la exhibición de su motor. La idea de la máquina no era nueva: las mismas pesas y la misma rueda, en la cual ellas rodaban. Éste era un mpp-1 gravitacional «ordinario» con tabiques inclinados y bolas. Redgofer recogía puntualmente los dólares de la gente confiada. Todo marchaba bien, por cuanto era difícil esperar que en aquellos tiempos apareciera entre los espectadores en tal ciudad como Nueva York, una persona lo suficientemente preparada científicamente para desenmascarar al inventor.

Pero Redgofer no tuvo suerte. Tenía que suceder que su atracción fuera visitada por nada más que Roberto Fulton, el inventor y constructor del primer buque de vapor activo. Es curioso que él no quería ir a ver la máquina de Redgofer, pero los amigos le obligaron a ir a la fuerza.

Es conocido que Fulton no sólo era uno de los ingenieros más instruidos y calificados de su época, sino que también una persona muy decidida. Por la irregularidad del movimiento de la rueda él comprendió de repente lo que sucedía. Sin pensarlo mucho, él le llamó públicamente a Redgofer estafador y comenzó inmediatamente a desarmar la envoltura al costado de la rueda, con el fin de hallar el motivo de su giro. El inventor intentó protestar, pero Fulton declaró inmediatamente que pagaría por el daño causado. Con ello él no sólo despertó el interés y el apoyo del público, sino que asentó, para sus acciones, cierta base jurídica, absolutamente suficiente, según las nociones norteamericanas. Redgofer ya no podía detenerle. Se descubrió un accionamiento por correa oculto que pasaba a través de la pared y el techo al desván. Cuando la muchedumbre irrumpió en el cuarto del desván, vio a un hombre de edad avanzada con una barba negra, que masticaba un pedazo de pan y giraba una manivela. De este modo, se descubrió toda la «cadena de transformaciones energéticas», y el pobre inventor fue castigado allí mismo por los espectadores.

Redgofer sin embargo parece un granuja primitivo en comparación con otro norteamericano John Kili, quien trabajó en la creación del mpp-1 más tarde, ya en la segunda mitad del s. XIX. Aquí no sólo el nivel de la técnica es mucho más alto, sino que tampoco la envergadura de la actividad financiera puede compararse con el puesto miserable de Redgofer. Kili organizó el asunto con un espíritu de iniciativa verdaderamente norteamericanas).

John Kili¹⁸ (1837-1898) nació también en Filadelfia. Él era carpintero y hasta los treinta años de edad no se destacó de ninguna manera en la esfera de las ciencias. Es más, no existen datos algunos de que él recibió instrucción alguna. No obstante, un año más tarde muchos lectores de los periódicos se enteraron de que él descubrió cierta «fuerza etérea», que puede ser obtenida «desintegrando» el agua ordinaria. Solamente hace falta organizar la producción de los correspondientes motores y entonces, valiéndose de una pequeña cantidad de agua, se podrá obtener enormes cantidades de energía. En la exposición, organizada especialmente para esta finalidad, en su ciudad natal de Filadelfia, Kili demostraba su móvil perpetuo, que funcionaba a base de esta «fuerza etérea». Él halló rápidamente entre los grandes hombres de negocios industriales a personas que deseaban depositar parte de sus capitales en la elaboración de este filón energético, que prometía enormes beneficios. Se creó la «Compañía de producción de motores Kili» con un capital de 5 millones de dólares. La confianza de los accionistas se mantenía no sólo por las intervenciones científicas, de las cuales Kili era un gran maestro, el reclamo en la prensa, sino también por los nuevos logros científico-técnicos. El principal de éstos fue la creación de un grupo bajo el nombre de «Liberador», el cual descomponía el agua «liberando energía». Kili afirmaba que su motor, cargado con una cuarta (1,11) de agua, podría tirar un tren de pasajeros por todo el continente norteamericano, desde Filadelfia hasta San Francisco, y gastando más, un galón (3,79 l), se podría viajar desde Nueva York hasta el mismo San Francisco en un buque de alta mar. ¡Se puede uno imaginar los beneficios que prometía semejante técnica!

Así pasaron cinco años (1875-1880), en el transcurso de los cuales la firma Kili prosperaba y sus acciones se compraban con mucho gusto, a pesar de que no se produjo ni un motor. A esto le

¹⁸ La historia de J. Kili fue expuesta detalladamente por A. Ord-Houm [2.51]. Aquí nos limitamos a una descripción breve.

ayudaba en gran medida el hecho de que aparecieron científicos (verdad que no físicos, ni energéticos), los cuales le apoyaban activamente¹⁹.

No obstante, las contradicciones entre las grandiosas promesas de Kili y los modestos resultados de su actividad condujeron a que los principales accionistas de la «Compañía de producción de motores Kili» cesaron de financiarle. En los periódicos comenzaron a aparecer artículos escépticos de los verdaderos especialistas físicos (del doctor Cresson, Barher y otros), quienes le culpaban a Kili de charlatanismo. El «buque» de Kili indudablemente tenía que ir muy pronto a pique.

Sin embargo, sucedió algo inesperado: de súbito Kili recibió un potente apoyo financiero y moral, el cual no sólo le ayudó a «permanecer a flote», sino también a encontrar nuevas fuerzas. Los franceses en estos casos enigmáticos dicen *cherchez la femme* (busquen una mujer). Semejante mujer resultó la mrs. Mur, la rica viuda del fabricante de papel de Filadelfia. Ella leyó en uno de los números del periódico dos artículos. Uno relataba sobre la situación desastrosa de Kili, que habiendo caído en la más absoluta miseria, continuaba trabajando tenazmente sobre su invención. El otro describía la historia de cierto inventor, no comprendido por sus contemporáneos, que murió en la soledad, y que solamente después de su muerte su trabajo fue apreciado.

La acción conjunta de estas publicaciones fue tan fuerte, que la viuda encontró a Kili, se conoció con él y... comenzó un nuevo período de su actividad creadora.

Esto sucedió en 1882. De nuevo él no sufría necesidad de dinero: la fortuna de la viuda superaba 5 millones de dólares (la misma cifra, que los activos de la «Compañía de producción de motores Kili»).

Inspirado por la viuda Kili hizo un nuevo descubrimiento: «una fuerza vibratoria. en el líquido, que se encuentra entre los átomos del éter infinito». Además, él ganó (verdad que con mucha dificultad) el proceso contra los accionistas de la «Compañía de producción de motores Kili» que exigían compensación.

Creyendo infinitamente en el talento, descubrimiento e invención de Kili. mrs. Mur decidió atraer a conocidos científicos e ingenieros para apoyar sus asuntos. Esta idea no provocaba un gran entusiasmo en Kili, pero él no podía negar rotundamente a su protectora.

Como siempre en estos casos los peritos se dividieron en tres grupos. La mayoría de los invitados, entre ellos tales celebridades como Th. Edison y N. Tesla, se negaron a participar en la peritación, no deseando perder tiempo en estos asuntos que no inspiraban confianza. Varias personas sabias dieron sus referencias positivas sobre los trabajos de Kili. Se destacó sobre todo el físico inglés W. Leseless-Scott. Él tuvo la posibilidad de examinar todo el equipo e incluso estudiar la instrucción de su servicio. El profesor estudió minuciosamente el tema, después de lo cual declaró públicamente: «Kili ha demostrado con indiscutible convicción la existencia de una fuerza hasta ahora desconocida». Con ello él continuó la famosa tradición, comenzada por científicos como Gravesande y otros que apoyaron en su tiempo a Orfireus.

Por fin, entre los especialistas invitados para la peritación había quienes, junto con una calificación científico-ingenieril bastante alta, poseían un espíritu deportivo-detectivesco. Ellos manifestaron interés hacia el descubrimiento de los milagros demostrados por Kili y decidieron descubrir la verdad. Éstos fueron el ingeniero-electricista A. Scott y el presidente de la Universidad de Springsgarden A. Berk.

¹⁹ Como veremos más adelante las tradiciones de apoyar las novedades pseudocientíficas de semejante género por los científicos especialistas en otras ramas se han conservado hasta hoy día

Ellos aclararon en qué se basaban los extraordinarios efectos que mostraba Kili. En particular, él mostraba unas bolas y discos metálicos que encontrándose en el agua, por una orden de incluso al son de la música!) subían a la superficie, se mantenían por debajo de ella o se hundían bajo la acción de unas fuerzas misteriosas. Scott y Berk adivinaron que todos estos objetos representaban unos vasos huecos, los cuales cambiaban su volumen al cambiar la presión del aire suministrado a ellos por unos tubos huecos finos. Scott incluso rompió furtivamente uno de ellos y se convenció de lo correcto de su deducción, a la cual llegó junto con Berk. Informaron a mrs. Mur sobre los resultados. En el año 1896 ella cesó de apoyar a Kili. No obstante, ella era una mujer bondadosa y le dejó al inventor un «estipendio» mensual de 250 dólares para toda la vida. Cuando Kili murió en el año 1898, su casa fue revisada; en el sótano se descubrió toda una estación de compresores, el esquema de la cual fue publicado en «New York Journal». De este modo, Kili se dedicaba a truhanería. Los dispositivos neumáticos creados por él (incluyendo una escopeta) atestiguan de su indudable talento ingenieril y maestría técnica. Involuntariamente surge la idea de que a pesar de la ausencia de instrucción él era mucho más capaz e inteligente que el sabio profesor LeselessScott engañado por él. Kili comprendía perfectamente que yendo por este camino de estafas financieras, él no podía pretender a un lugar en la historia de la técnica. Ya siendo viejo, él le dijo a uno de sus amigos que en su tumba quisiera tener el epitafio: «Kili, el estafador más grande del siglo XIX».

2.4. El móvil perpetuo en bellas artes

La historia de los vuelos y caídas de Bessler-Orfireus y J. Kili muestran evidentemente que tanto las personas que inventaban los mpp, las que ayudaban o estorbaban a éstas, como los acontecimientos que tenían lugar alrededor de ellas son un material interesante para el arte, en particular, para las bellas artes.

Desgraciadamente, este argumento no encontró un amplio reflejo en las bellas artes, aunque con frecuencia se hace mención de los mpp.

Se pueden nombrar muy pocas obras dedicadas especialmente a este tema. En la literatura extranjera se puede mencionar una pequeña novela fantástica del escritor alemán Paul Scheerbart (1863-1915) «Móvil perpetuo. Historia de una invención» [4.1], publicada en 1910.

En la literatura rusa hay que citar ante todo uno de los relatos en la novela de M. E. Saltikov-Schedrin «Idilio contemporáneo» [4.2], luego la novela del escritor E. M. Petropavlovski «Perpetuum mobile» [4.3] y, por fin, el relato de V. Shukshin «Tenaz» [4.4].

Cada una de las obras mencionadas es interesante a su manera y da mucho para comprender a los creadores de los mpp, lo que no hay (ni puede haber) en la literatura científica.

En las tres primeras novelas y relatos mencionados el tiempo de acción se refiere a la segunda mitad del s. XIX y principios del s. XX; los personajes del relato de V. Shukshin son nuestros contemporáneos.

El protagonista de la novela de Scheerbart es un inventor que soñaba en crear un mpp mecánico a base de la utilización de las fuerzas gravitacionales: «construir una rueda dentada, puesta en movimiento por unas pesas». La base ideológica de la invención es la siguiente: «La atracción de la tierra es perpetua, y este trabajo perpetuo de la atracción se puede transformar, con ayuda de las ruedas, en movimiento perpetuo».

El héroe del relato salva muy fácilmente el principio de conservación de la energía: «¿Qué me importa a mí Roberto Mayer?... Yo siempre odié a los físicos».

El autor le da a su héroe la posibilidad de resolver la tarea y construir el móvil perpetuo, el cual verdaderamente funciona²⁰.

Los sufrimientos del héroe de la novela están relacionados no tanto con los problemas científico-técnicos, como con los sociales. El inventor piensa en cómo se transformará el mundo que disponga de posibilidades energéticas ilimitadas. Aquí encuentras la transformación del Sahara en una región fértil, el allanamiento de las montañas innecesarias, trabajos gigantescos de construcción...

A pesar de estas doradas perspectivas la obra termina sin resultado alguno. Las consecuencias de la utilización de la invención del mpp resultaron tan grandiosas, que el autor (y tras él, naturalmente, su héroe) simplemente se asustó. Las conmociones que puede provocar la abundancia de energía detuvieron al inventor y la máquina creada por él no fue utilizada; fue destruida y todo quedó como antes.

En los relatos de Saltikov-Schedrin, lo mismo que en los de Petropavlovski, a diferencia de Scheerbart, no hay nada fantástico. Es más, los prototipos de sus héroes son personas realmente existentes. En el relato «Idilio contemporáneo» con el nombre de Presentov se describe al campesino siberiano Aleksandr Scheglov, un inventor autodidacta. En la novela de Petro Pavlovski bajo el nombre del inventor Pijtin se representa un campesino de Perm Lavrenti Goldirev, conocido por él personalmente.

²⁰ Precisamente por eso nosotros llamamos la novela de Scheerbart fantástica, y no de ficción científica

Ambos motores se describen en los relatos muy brillantemente y con suficientes detalles²¹. También los propios inventores se presentan muy pintorescamente. Aquí, sin exponer largas citas, señalemos solamente algunos momentos interesantes para la historia de los mpp. El motor de Scheglov representaba una rueda «... con rayos. Su llanta, bastante voluminosa, estaba formada de chillas, dentro de las cuales existía vacío. En este vacío se encontraba el mecanismo, que representaba el secreto del inventor. El secreto, claro está, no era muy intrincado, algo parecido a sacos con arena, que tenían la posibilidad de equilibrarse uno a otro...».

La máquina de Goldirev (Pijtin) tenía el aspecto siguiente: «Se veían postes de madera mal labrados, travesaños y todo un sistema de ruedas dentadas y volantes ...

En la parte inferior, por debajo de la máquina yacían unas bolas de hierro colado; a parte también había un montón de estas bolas...».

Es fácil ver que en ambos casos a los inventores les surgieron las mismas ideas que a los inventores de mpp-1 mecánicos de Europa Occidental y norteamericanos. El extraordinario parecido de las ideas se puede revelar (a pesar de la diferencia en la forma de su expresión) también en el análisis de las causas por las cuales las máquinas, después de que se ponían en rotación, se paraban inevitablemente. La explicación siempre se reduce a algún defecto particular de la estructura, el montaje o la calidad del material.

Prezentov, por ejemplo, a la pregunta de uno de los visitantes: ¿Puede ser que no haya tenido en cuenta el rozamiento? -contestó: «También se tuvo en cuenta el rozamiento... ¿Qué tiene que ver el rozamiento? Esto no se debe al rozamiento, pues ... Unas veces como si nos alegrase, y luego de repente ... se encapricha, se obstina y basta. Si la rueda se hubiera hecho de un material verdadero, pero como se hizo de unos recortes...».

Es interesante señalar un rasgo más de parecido: ambos inventores le dan gran importancia al primer impulso, al comienzo del giro de la máquina. Cuando el motor se paró de nuevo, Presentov dijo: «Hay que darle un ímpetu», y de nuevo empujó la máquina. Involuntariamente viene a la memoria la teoría del «ímpetu» de Buridan, expresada en el s. XIV.

Ambos héroes de estos relatos son indudablemente personas inteligentes, quienes si hubieran podido estudiar, hubieran prestado una gran utilidad. Pero en las condiciones de la Rusia zarista eso era imposible.

Petropavlovski (S. Karelin escribía sobre esto en su relato «Los Urales, representados en la exposición de Ekaterinburg» (Russkaya.Misl, 1887): «Usted no encontrará aquí ni un solo rótulo correcto en las muestras artesanas, y si decide hablar con el propio artesano se asombrará de su ignorancia ...

... Esto se debe decir, en particular, sobre aquellos casos cuando el artesano comienza a fantasear, inventando algo nuevo. Aquí él vaga a oscuras; para él en este caso nada le hace romperse la cabeza en el móvil perpetuo... ¿acaso él sabe que eso es absurdo? Él cree en que la máquina perpetua se puede inventar, si se tiene buena cabeza ...

Es penoso ver que en un país con una actividad fabril y artesana tan intensa no existe ni una escuela técnica, accesible para todos...».

Ahora trasladémonos a 100 años adelante, a nuestros días, cuando todos pueden estudiar. A pesar de esto también en nuestros días la gente inventa el mpp-1.

²¹ El lector puede familiarizarse con los relatos también en el libro de Yakov Perelman «Física recreativa», primera parte, donde se dan grandes citas de ellos.

Sobre semejante inventor escribió V. Shukshín. Pero a diferencia de los tristes y pesados acontecimientos del siglo pasado, la historia descrita por él lleva un carácter no trágico, sino más bien cómico.

El héroe de Shukshín es inventor «tenaz», el chofer de un coljós Dmitri Kvasov, por apodo «Monia», que leyó «... en algún libro que el móvil perpetuo es imposible por tales y tales causas...».

«Leyó que muchos y muchos intentaban a pesar de todo inventar semejante motor... Estudió atentamente los dibujos de aquellos «móviles perpetuos», que se proponían en distintos tiempos... Y quedó pensativo». Se describen de una forma interesante la manera de leer y el curso de los pensamientos de Monia Kvasov: «De que allí hay rozamiento, leyes de la mecánica, todo esto él lo dejó pasar; se metió inmediatamente de cabeza en la invención de un móvil perpetuo que todavía no hubo.

Él por algo no creía que era imposible crear semejante motor. Le solía ocurrir que... él eludía con desdén toda clase de pensamientos sensatos y pensaba lo suyo: «Está bien, me van a decir a mí...» Y ahora él también pensó: «¡Tonterías!... ¿Qué significa imposible?».

Luego Shukshín muestra el estado, conocido por experiencia propia a cada persona creadora: «Monia dejó de ver y comprender todo alrededor, se entregó por completo al gran problema de invención. Hiciera lo que hiciera -iba en coche, cenaba o miraba el televisor- todos los pensamientos estaban concentrados en el motor. Él dibujó ya cerca de una decena de variantes de motor, pero él mismo las rechazaba una tras otra. El pensamiento trabajaba febrilmente. Monia se levantaba por las noches, dibujaba la rueda siguiente... En sus ideas estaba estancado alrededor de la rueda, comenzó de repente por la rueda y continuaba buscando nuevos y nuevos procedimientos de cómo obligar a la rueda a girar constantemente. Y, por fin, el procedimiento fue hallado. Éste es el siguiente: se coge una rueda...»

Shukshín da una descripción detallada del motor de Monia Kvasov. Esto está hecho excelentemente «a través» del carácter del propio inventor, muy seriamente, con todos los detalles (hay todo: «una pesa, un canalón bajo un ángulo de 45 grados», «una barra de hierro rígidamente soldada», etc.), pero no se puede comprender absolutamente nada. La descripción termina con las palabras: «De este modo la rueda girará a sí misma».

Se muestra excelentemente el estado del inventor, que por fin resolvió exitosamente el problema: «Monia lo inventó esto por la noche... Saltó de la cama, dibujó la rueda, el canalón, la barra, la pesa... E incluso no experimentó alegría alguna, solamente se asombró: ¡por qué ellos se rompían tanto tiempo la cabeza!» Y por la mañana: «... Se sentó a la mesa, examinó su dibujo. Era extraño que él no sentía ni emoción ni alegría. La tranquilidad se encontraba en el alma...».

Por la mañana Monia fue a mostrar su proyecto al joven ingeniero de la Estación técnica de reparaciones Andrei Golubev. Aquí, desgraciadamente, no se puede exponer la interesante conversación entre ellos, ocuparía mucho lugar. Prestemos solamente atención al hecho de cómo reaccionó el inventor al escepticismo («escarnecimiento») burlón del ingeniero. «Monia se inquietó. No es que dudó repentinamente de su motor, sino que le inquietó hasta qué profundidades, resulta, entró en la mente de, las personas que el móvil perpetuo es imposible. Así, va a resultar que lo inventas, y ellos van a repetir: es imposible.»

Después de que el ingeniero apreció su trabajo con la palabra «desvarió» y se negó incluso a mirar el dibujo, y el maestro de física demostró que en el dispositivo se establecería la «igualdad absoluta» de fuerzas, Monia «... cogió los dibujos y salió fuera. Se fue al cobertizo y comenzó a confeccionar el móvil perpetuo.» Y él lo construyó. Pero sucedió lo inevitable: la rueda, después de girar un poco, se paraba. Monia sufrió una derrota.

Es muy interesante el final del relato, cómo Monia se desquitó y humilló al ingeniero y a toda su ciencia.

A la mañana siguiente Monia se acercó a la casa del ingeniero.

«¡Buenos días! - dijo Monia, parándose cerca del seto. Y miró al ingeniero pacíficamente y con alegría.

- ¡Buenas! - contestó el ingeniero.

- ¡Pues gira!-dijo Monia.-La rueda...

- ¿El motor, verdad?

- El motor. La rueda gira... Toda la noche giró... Y ahora gira. Me cansé de mirar, y salía darme un paseo.

Ahora el ingeniero no comprendía nada. Monia no estaba ni mucho menos avergonzado, e incluso se encontraba radiante.» El ingeniero se conformó en mirar.

- ¿Y toda la noche giró? - no se mantuvo y preguntó una vez más el ingeniero ya cerca de la casa de Monia. Y miró atentamente a Monia. Monia soportó tranquilamente su mirada y como si él mismo se asombrara dijo:

- ¡Toda la noche! Desde aproximadamente las diez de la noche, la empujé y mira... que hora es ahora?

El ingeniero no miró al reloj, caminaba junto con Monia, extremadamente desconcertado, pese a que hacía todo lo posible por no mostrarlo, respetando su título de ingeniero. A Monia, al mirarlo, le causaba risa, pero también disimulaba.

- Preparémonos! - dijo él deteniéndose ante la puerta del cobertizo. Miró al ingeniero y dio una patada a la puerta... Y se apartó, para que él pasara al interior y viera la rueda. También él entró en el cobertizo; le era extremadamente interesante cómo descubriría el ingeniero que la rueda no giraba.

- Y bien, - dijo el ingeniero -. Yo pensaba que tú por lo menos inventaste algún truco. No tiene nada de gracioso, muchacho.

- Pues, perdóname - dijo Monia contento.»

En esta escena Shuksbín advirtió perfectamente la sensación del ingeniero, que chocó con un fenómeno incomprensible. El ingeniero, claro está, no dudaba de que actuaría el principio de conservación de la energía. Le preocupaba otra cosa: ¿Podrá él hallar rápidamente la causa del «truco» por la cual la rueda gira?

Esta sensación le es conocida a muchos expertos, incluso muy calificados.

Así el inventor del móvil perpetuo Monia Kvasev, a pesar de la derrota en la discusión con el ingeniero, «empató». A pesar del fracaso de Monia el relato termina de manera optimista.

Son aún más interesantes los acontecimientos con la rueda de bicicleta y el móvil perpetuo que tuvieron lugar hace poco en el otro extremo de Europa, en Inglaterra. Sobre esto se relata en el cap. 4.

Es interesante que la rueda de bicicleta desempeña un gran papel en la última etapa de la historia del móvil perpetuo de primera especie. Sobre el hecho de que la idea de Monia Kvasov vivo, atestigua al artículo en la revista «Inventor y racionalizador», 1984, N° 7. Se publicó en la parte dedicada especialmente al mpp «crónica del movimiento perpetuo». Lo exponemos con una pequeña reducción. «Móvil perpetuo de una rueda de bicicleta. En agosto de 1980, yo llevaba en la bicicleta hierba para mis conejos, caí bajo la lluvia... Las ruedas patinaban, el saco en el portaequipaje tiraba hacia un lado, perdí el control, me caí en una cuneta y doblé fuertemente la rueda delantera. Fue necesario adquirir una nueva llanta y radios, ponerlos, arreglar el «ocho» (los ciclistas saben lo que esto significa). La reparación ya estaba por terminar, cuando mi esposa me pidió que le ayudara en las labores de casa. Al volver media hora más tarde a mi rueda, yo

me quedé perplejo: ella giraba a una velocidad de aproximadamente 20-25 r.p.m. En el cobertizo no había nadie, quien hubiera podido darle vueltas. Llamé como testigo al vecino. El «milagro» duró varias horas, después yo paré la rueda. ¿Le hacen girar las corrientes de aire o se manifiesta cierta asimetría de los radios no tensados? Llevé la bicicleta a casa, la puse en medio del cuarto y en la misma posición de reparación, patas arriba, la rueda giraba de nuevo, al principio lentamente, después más rápido, hasta las mismas 20-25 r.p.m., y giró así cerca de una hora hasta que mi familia me echó junto con la rueda de nuevo al cobertizo. De este modo ella giró toda la noche. Por la mañana yo tensé los radios y regulé la llanta. La bicicleta quedó como nueva, los conejos no se sentían agraviados, pero los «milagros» cesaron; la rueda reparada giraba espontáneamente no más de media vuelta bajo la acción del peso del niple. No, la rueda no ha descubierto todavía toda sus posibilidades... I. Shevtsov c. Boguchar, región de Voronezh»

2.5. Razonamientos sobre las leyes y sobre si éstas pueden ser violadas

La historia del mpp muestra que los inventores del móvil perpetuo tropezaron y tropiezan con las más diversas dificultades. Aquí entran la insuficiencia de medios y materiales, la desconfianza de los circunstancias y las dificultades del diseño, confección y ensayo... No obstante, todo esto al fin y al cabo puede superarse. Queda solamente un obstáculo, el más difícil que no pudo ser superado por ninguno de los inventores del móvil perpetuo, las leyes de la naturaleza y las leyes de la ciencia que se desprenden de ellas. Ya vimos que para aquellos quienes creaban el mpp-1 semejante obstáculo insuperable era el principio de conservación de la energía, el primer principio de la termodinámica. Más adelante mostraremos que para aquellos quienes pretendían y pretenden crear el mpp-2, suplementariamente hay que vencer un obstáculo tan insuperable como el segundo principio de la termodinámica.

No obstante, las tentativas de vencer este obstáculo principal no cesan. Hasta mediados del s. XIX (y en algunos casos más tarde) para ello existía una aclaración bastante comprensible - simplemente estas leyes no eran todavía conocidas ni estaban exactamente formuladas. ¿Pero por qué los trabajos en el mpp continúan también hoy día, a pesar de que ambos principios de la termodinámica, tanto el primero como el segundo, están precisamente formulados, demostrados y redemostrados, descritos en una inmensidad de libros, se han introducido en los manuales? La mayoría de los inventores los conocen muy bien. ¿En qué consiste este hecho?

Para tener en adelante una base sólida para defender la verdad, hay que aclarar previamente la noción de «ley», razonando sobre este tema. Así pues, sobre las leyes.

Si miramos las guías y los diccionarios hallaremos dos sentidos del término «ley»: el primero, «el enlace esencial, necesario, la relación entre los fenómenos y los objetos»; el segundo «el establecimiento social obligatorio (ley estatal, penal, religiosa, etc.);».

A nosotros en adelante nos interesará, naturalmente, la ley en el primer sentido, sin embargo, hay que decir previamente algunas palabras sobre la ley como «establecimiento social obligatorio».

En estas leyes hay que señalar dos rasgos. El primero consiste en que ellas pueden ser distintas con arreglo a un mismo caso en distintos países y regiones en dependencia del régimen social, las tradiciones, etc. Pueden variar y son revisadas en el transcurso del tiempo.

El segundo rasgo de las leyes establecidas por la sociedad, consiste en que en principio cada una de ellas puede ser violada; el hecho de que después de esto viene el castigo, no cambia nada.

Las leyes que reflejan «las relaciones esenciales obligatorias entre los fenómenos», al contrario, no cambian en función del lugar, del tiempo y del régimen social; en principio es imposible violarlas.

La relación esencial obligatoria entre los objetos y los fenómenos es propia de la naturaleza y no depende absolutamente de los hombres. Ella es imprescindible, y no casual y en condiciones determinadas se manifestará inevitablemente de una manera determinada. Esta manifestación es igual dondequiera y siempre, si existen las mismas condiciones.

Uno de los errores más peligrosos, que con frecuencia se encuentran, en la interpretación de las leyes consiste en que las propiedades de las leyes sociales se trasladan involuntariamente a las leyes objetivas de la naturaleza. Algunas personas no pueden comprender hasta el final que las leyes de la naturaleza, a diferencia de las leyes establecidas por la sociedad, no pueden ser ni cambiadas ni violadas.

¿Cómo así? Es que la historia de la ciencia dice claramente que a medida del desarrollo las leyes cambian. ¡Pues existían toda clase de «flogistos», «caerpos» termógenos» y «éteres», que en la actualidad han desaparecido! Se consideraba que los elementos no pueden transformarse uno en otro, mientras que hoy día se transforman. Si cien años atrás alguien hubiera propuesto extraer energía de los átomos, se hubieran burlado de él, pero en la actualidad funcionan las centrales

atómicas. La geometría de Euclides ha sido sustituida por la geometría de Lobachevski y de Riemann, y la mecánica de Newton ya no es capaz de explicar muchas cosas; ¡se ha necesitado la teoría de la relatividad de ¡Einstein! ¿Por qué también otras leyes que se encuentran en el camino de la realización del mpp-1 o mpp-2 no pueden resaltar viejas y erróneas ¡Lo que es exacto hoy día, puede resultar erróneo mañana.!

Para comprender en qué medida son correctos estos y otros razonamientos semejantes, hay que dar un paso más en la aclaración del concepto de «ley» y determinar qué es la ley de la ciencia. A diferencia de las leyes de la naturaleza, las leyes de la ciencia existen no de por sí mismas, sino que representan el reflejo de las relaciones objetivas del mundo exterior en la mente del hombre.

En este sentido ellas son secundarias con respecto a las leyes que rigen en la naturaleza.

Como resultado de la actividad investigadora del hombre las leyes se revelan, descubren y formulan en el lenguaje correspondiente con palabras o fórmulas.

La conocida ley de Boyle-Mariotte, por ejemplo, refleja objetivamente la relación existente entre el volumen v de una cantidad de gas y la presión p , bajo la cual él se encuentra. La ley puede ser expresada con las palabras: «el volumen de una cantidad de gas (o el volumen específico v) es inversamente proporcional a la presión p ». Esta misma ley puede ser expresada también por medio de la fórmula matemática: $p \cdot v = \text{constante}$.

No obstante, para juzgar sobre la duración, «estabilidad» de la ley científica hay que determinar en qué medida puede corresponder a la ley objetiva de la naturaleza, reflejarla correctamente. Es que la naturaleza es extraordinariamente complicada y diversa en su estructura, en las relaciones de sus objetos, en sus manifestaciones. Indudablemente, ninguna ley científica, por muy geniales que fueran las personas que la descubrieron, refleja completamente las relaciones y vínculos objetivos que existen en la naturaleza. Ella puede reflejarlos solamente en forma incompleta, con cierto grado de aproximación. A medida que se desarrolla la ciencia sus leyes abarcan esferas cada vez más amplias, se precisan, se aproximan a las leyes de la naturaleza, se hacen equivalentes a éstas.

En forma generalizada el carácter de la relación entre las leyes de la naturaleza y las leyes de la ciencia fue claramente expresada por A. Einstein: «Nuestras nociones sobre la realidad física nunca pueden ser definitivas, y nosotros debemos estar siempre preparados para cambiar estas nociones». P. L. Kapitsa, que amaba las paradojas, decía incluso así: «Son interesantes no tanto las propias leyes como las desviaciones de éstas».

¿Significa esto que las leyes de la ciencia son «mortales» y que después de vivir un tiempo determinado, debido a sus desviaciones, se sustituyen por otras nociones más equivalentes a las leyes de la naturaleza? Si esto es así, entonces los inventores del mpp tienen razón al confiar en la absolutamente posible variación de las leyes de la ciencia, que por ahora no permiten el funcionamiento de los móviles perpetuos.

No, esto no es así, pese a que Einstein, Kapitsa y muchos otros, tienen mucha razón. ¿Cómo simultanear estos dos puntos de vista, al parecer diametralmente opuestos? Las nociones cambian, las desviaciones se estudian, y las leyes permanecen inquebrantables?

El hecho consiste en que las leyes de la ciencia (en particular de la física) no se anulan, sino que se completan y desarrollan, y esto es otra cosa. Aclaremos esta posición en varios ejemplos.

Tomemos la misma ley de Boyle-Mariotte, sobre la cual se habló más arriba. Como demostraron los experimentos, ella es correcta sólo aproximadamente. A grandes presiones y bajas temperaturas la relación entre p y v adquiere un carácter más complejo, que se expresa con fórmulas más complejas (ecuación de Van der Waals y otras, así llamadas ecuaciones de estado).

Pero, dentro de los límites bastante amplios, donde las propiedades del gas se desvían insignificadamente de la perfecta ley de Boyle-Mariotte funciona con bastante exactitud. Es más,

ella siempre será correcta en esta esfera, independientemente de los inverosímiles descubrimientos que tengan lugar.

Lo mismo sucede con otras leyes. Por ejemplo, la ley de gravitación universal de Newton fue completada con corolarios que se desprenden de la teoría de la relatividad, los cuales permitieron aclarar nuevos factores observados por los astrónomos.

En el caso de potentes campos gravitacionales o velocidades próximas a la velocidad de la luz, la mecánica newtoniana ya no funciona. Pero en la Tierra (e incluso en los cálculos del movimiento de los satélites de la Tierra) la mecánica newtoniana sigue en vigor y funcionará siempre impecablemente, nadie la podrá «anular».

El principio de conservación de la energía fue también ampliado a base de la teoría de la relatividad después de descubrir la equivalencia de la masa y la energía. (Éste es expresado por la conocida ecuación $e = mc^2$, donde e es la energía; m , la masa y c , la velocidad de la luz en el vacío.) Por esta razón, durante el cálculo, por ejemplo, de los procesos nucleares esta ecuación debe ser considerada. Pero, en otras ramas de la técnica, donde las velocidades son mucho menores que c , todas las ecuaciones de los balances de masa y de energía pueden ser calculadas tranquilamente sin tomar en consideración esta igualdad. Lo mismo sucede en otros casos: las nuevas leyes resultan más completas, profundas e incluyen las anteriores como un caso particular, pero no las anulan.

En relación con esto cabe recordar un apunte del diario de D. I. Mendeleev (10.VI.1905): «...Por lo visto la ley periódica en el futuro no será destruida, sino que se completará y desarrollará...». N. Bohr formuló la tesis general (1923), que refleja esta regularidad del desarrollo de la ciencia: el principio de correspondencia que dice que toda ley más general incluye en sí la ley vieja como un caso particular; ella (la vieja) se obtiene de la nueva al pasar a otros valores de las magnitudes que la determinan.

Con arreglo a la ley de Boyle-Mariotte son los valores de la presión p y de la temperatura T que no salen fuera de unos límites determinados; con arreglo a la mecánica éstos son los valores de las velocidades de las partículas o cuerpos, etc.

Por consiguiente, independientemente de cómo se desarrolle en lo sucesivo la ciencia, sus «viejas» leyes no desaparecerán; «dentro de los límites de su competencia» siempre serán válidas²².

¿Pero, qué podemos decir con respecto a las teorías del «flogisto», el «cuerpo termógeno», el «éter», etc.? ¡estas indudablemente han desaparecido! y por lo tanto, también de las leyes de la ciencia) los inventores de los dispositivos «ilegales» piensan igual, por muy extraño que parezca, que los escolásticos medievales, que consideraban estas leyes establecimiento divino. Semejante punto de vista se mantuvo mucho tiempo. El físico Gravesande, que mencionamos en la historia de Orfireus, escribía en su curso de física (1747):

«La ley de la naturaleza es una regla y ley, sobre las cuales Dios deseó que los movimientos conocidos sucedan siempre, es decir, en todos los casos, en correspondencia con ellas».

De aquí se desprende que si Dios desea, puede ser que sea «no así», sino de otra manera. ¿No se explica por eso que Orfireus logró enredar a Gravesande?

Aquí también hay que llegar a comprender la cuestión, con el fin de no cometer un error.

La teoría del flogisto fue desarrollada por G. E. Stahl (1660-1734). Su fundamento era la idea de que en la composición de todos los materiales combustibles entra una parte componente común («flogisto»), la cual desaparece en el proceso de combustión. La teoría se desprendía, naturalmente, de las observaciones del proceso de combustión bien conocido por todos.

²² En contradicción a la inmutabilidad de las leyes de la naturaleza

Efectivamente, cuando arde un pedazo de madera o de carbón, se ve que de todos sus poros salen lenguas de fuego y los gases se escapan hacia arriba; los restos se convierten en cenizas. ¿Qué puede ser más natural que la suposición de que cierta parte del fuego se escapó y quedó la ceniza? Por lo tanto, la madera o el carbón (o el metal) es un compuesto de flogisto y ceniza (o de óxido de metal). ¡Se consideraba también que el organismo humano vive porque desprende a través de los pulmones flogisto!

Hoy día todo esto nos parece ridículo e ilógico. Pero, no hay que olvidar que en su tiempo la teoría del flogisto ayudó a «explicar», a reducir a una concepción única y a coordinar una gran cantidad de hechos conocidos en aquellos tiempos.

No obstante, ella como muchas otras generalizaciones teóricas de aquellos tiempos, era puramente cualitativa. A nadie le venía a la cabeza pesar el metal y su óxido y convencerse de que el metal pesa no más, que el óxido, como se desprendía de la teoría del flogisto, sino menos. Eran muy pocos los químicos y físicos que realizaban experimentos cuantitativos, y muchas veces confundían el peso con el peso específico (densidad), considerando seriamente que una libra de plomo pesa más que una libra de plumas. Pero, en cuanto en la química aparecieron el peso y la medida (lo cual se debe en gran medida al célebre Roberto Boyle», como le llamó Lomonosov, (y al propio Lomonosov), la teoría del flogisto comenzó a destruirse.

De este modo, ésta y otras teorías semejantes no podían finalizar con la creación de ninguna clase de leyes físicas. Su desaparición no condujo a la anulación de ninguna ley. Por consiguiente, la historia del flogisto no funciona» como demostración de que «existía una ley, y luego resultó incorrecta».

Ahora sobre el «cuerpo termógeno». Su introducción permitió establecer ya cuantitativamente las leyes de la calorimetría. La teoría del cuerpo termógeno también desapareció. Pero, todas las leyes de la calorimetría, relacionadas con ella, funcionan perfectamente hasta hoy día²³ (y serán inmutables en adelante), a pesar de que ya hace mucho que no existe la teoría del cuerpo termógeno.

Existe una situación análoga también con el medio penetrante hipotético, el «éter». Todas las leyes cuantitativas que reflejan las relaciones objetivas existentes en la naturaleza, solamente se completaban. Por lo tanto, tampoco aquí hay razones para afirmar que las leyes de la ciencia, en particular de la física, pueden ser anuladas.

Todo lo dicho más arriba muestra que los argumentos como «antes se consideraba que los elementos no pueden ser transformados uno en otro, y ahora resulta que se puede», «antes no se suponía que pudiera existir la energía atómica, y ahora se utiliza», etc., de los cuales por analogía se desprende la tesis: «Ahora consideran que el móvil perpetuo no puede ser creado, Y después resultará que es posible» no valen. Nunca existieron leyes científicas que prohibieran estos fenómenos (a diferencia del mpp); su aparición no ha alterado leyes algunas.

Para terminar los razonamientos sobre las leyes, es necesario decir algunas palabras sobre una de sus variedades de gran importancia, las leyes estadísticas. Precisamente a ellas pertenece el segundo principio de la termodinámica, que prohíbe el mpp-2. Sin embargo, es mejor hacer esto no aquí, sino en el siguiente capítulo, dedicado especialmente al segundo principio. Pasemos a él.

²³ Es más, como veremos en adelante, la noción de «cuerpo termógeno» en su parte racional también quedó en la ciencia moderna bajo el nombre de «entropía».

CAPITULO TERCERO

Idea del Mpp.2 y Segundo Principio de la Termodinámica

*Quien no ha aclarado sus principios
en su totalidad lógica, tiene confusión
en la mente y sus hechos son
absurdos.*

N. G. Chernishevsky

3.1. Idea fundamental del mpp-2. Precisión de las nociones

La confirmación del principio de conservación de la energía, del primer principio de la termodinámica, convirtió las tentativas de crear el mpp-1 en una ocupación absolutamente inútil. Y, pese a que estas continúan, la «orientación general» de las ideas de los creadores del mpp ha cambiado. Las nuevas variantes de móviles perpetuos nacen ya en concordancia completa con el primer principio de la termodinámica; de semejante motor sale tanta energía cuanto entra en él. Estos motores incluso se llaman de otra manera para evitar el término «móvil perpetuo». No obstante, a pesar de la concordancia con el primer principio de la termodinámica y los nombres enmascarados, estos motores siguen siendo mpp típicos y conservan el síntoma fundamental, la imposibilidad absoluta de su realización.

El hecho consiste en que la observación de una ley cualquiera, incluso muy importante, no garantiza en absoluto la posibilidad de uno u otro fenómeno. Cada uno de ellos se determina por varias leyes. Por esta razón, él puede suceder solamente en el caso cuando no viola ninguna de las leyes que a él se refieren.

En particular, para toda clase de máquinas térmicas la observación del primer principio de la termodinámica es necesaria, pero no suficiente. Existe además el segundo principio de la termodinámica, la observación de las exigencias del cual es igualmente obligatoria. Los nuevos móviles perpetuos, sobre los cuales se hablará a continuación, pertenecen precisamente a las máquinas térmicas; ellas podrían funcionar, solamente violando las limitaciones impuestas por el segundo principio de la termodinámica. Por esta razón, semejante motor fue llamado «móvil perpetuo de segunda especie» (mpp-2). Por primera vez este término fue introducido por el conocido físico-químico W. Ostwald en el año 1892 [1.14] por analogía con el viejo mpp clásico (llamado después de esto mpp-1).

Ostwald no tenía en cuenta invenciones concretas, sino que examinaba la imposibilidad de la realización de semejante motor en principio, desde las posiciones teóricas generales.

Es muy difícil establecer quién inventó el primer mpp-2; ellos aparecieron no antes del último cuarto del s. XIX. En los principios del mpp-2 no existe tanta variedad como en los principios del mpp-1. La idea principal del mpp-2 es única para todas las variedades de sus proyectos.

Expongámosla primero en el lenguaje de los propios inventores, pese a que, como veremos en adelante, la terminología utilizada por ellos no es muy precisa

Concedamos la palabra al ideólogo rector de esta orientación, el profesor V. K. Oschepkov [3.1].

El plantea el problema de la manera siguiente: «... buscar tales procesos que permitan realizar la transformación directa e inmediata de la energía térmica del espacio circundante en energía eléctrica. En esto yo veo el problema de mayor importancia de la contemporaneidad». Y luego: «... el descubrimiento de los métodos de centralización artificial, concentración de la energía dispersada con el fin de darle nuevas formas activas será un descubrimiento en la historia del desarrollo de la cultura material de la humanidad, que por las consecuencias prácticas puede ser

comparado solamente con el descubrimiento de los procedimientos de obtención del fuego por los hombres primitivos».

Si nos apartamos de la apreciación de las perspectivas inspiradoras de la idea considerada (recordemos de Bertold de Pushkin: «perpetuum mobile... Yo no veo límites de la creación humana...»), y si examinamos detenidamente su esencia, ella se reduce a que la «energía térmica» dispersada del espacio circundante «se extrae», se concentra y se transforma en energía eléctrica, que puede realizar trabajo. Aquí no existe infracción del primer principio de la termodinámica. En energía eléctrica se transforma tanta energía cuanta se extrae del «espacio circundante». Semejante idea, efectivamente, es extraordinariamente atrayente. La energía «concentrada» se podría utilizar para las necesidades de la humanidad, se «dispersaría», en este caso, en el espacio circundante, y luego se podría «concentrar» de nuevo y utilizarla. En la energética de la humanidad se realizaría la circulación eterna de la energía, la cual permitiría «matar dos pájaros de un tiro»: quitar tanto el problema de búsquedas de fuentes de energía, como el problema de contaminación térmica, química y de radiación del medio ambiente.

Para analizar todos los aspectos de esta grandiosa idea desde el punto de vista científico, hay que precisar, ante todo, la terminología utilizada por sus autores, traducirla al lenguaje científico moderno. De lo contrario puede suceder el mismo «mezclado de lenguas», que tuvo lugar en los constructores de la torre de Babel, y será imposible descubrir la verdad¹.

No en vano, refiriéndose a Descartes, A. S. Pushkin escribía: «Determinad el sentido de las palabras, y salvaréis al mundo de la mitad de los errores» [1.17].

Examinemos dos términos clave de los partidarios del mpp-2: «energía térmica del espacio circundante» y «concentración y dispersión de la energía».

Comencemos por el primero. Ante todo señalemos que «el espacio circundante» no contiene de por sí energía, e intentar extraerla de él es un asunto inútil. Solamente contiene energía el medio material (la sustancia o el campo) que llena este espacio. Por esta razón, sería más correcto hablar del «medio ambiente» y no «espacio». Pero, tampoco esta formulación (que a veces también se usa) sirve. El término «medio ambiente» tiene distinto contenido en dependencia de cómo se utiliza. Pueden haber dos casos.

En el primer caso por medio ambiente se comprende todo lo que se encuentra fuera de los límites del sistema (en nuestro caso del motor). Esto significa que el medio ambiente comprende por lo menos la atmósfera, hidrosfera y la litosfera de la Tierra, en las cuales existe diferencia de presiones, temperaturas y contenido químico. Por consiguiente, él incluye también las reservas de combustible, los recursos hidroenergéticos, etc. Con otras palabras, en el medio ambiente, determinado de esta manera, no hay equilibrio: está desequilibrado.

Valiéndose del desequilibrio en el medio ambiente el hombre siempre recibía la energía necesaria tanto en forma de calor, como en forma de trabajo. La energía del viento, del agua corriente, y luego del combustible, todo esto es resultado del desequilibrio del medio ambiente. Incluso la existencia del hombre se basa en la diferencia de la composición del alimento y de otras sustancias del medio ambiente. Si este medio estuviese equilibrado, es decir, todo él tuviera una misma composición química promediada y uniformemente distribuida, una misma temperatura y presión, un mismo nivel del agua, una carga eléctrica igual en todos los lugares, etc., todo alrededor estaría muerto e inmóvil. Precisamente el desequilibrio, la diferencia de potenciales en el medio exterior determinan la posibilidad de la existencia de toda la energética.

¹ Esto, claro está, no es una casualidad. La terminología enredada (sobre esto ya se habló en el párrafo anterior) en la mayoría de los casos corresponde a la confusión en las ideas, la terminología precisa, al contrario, revela los errores.

Con esta interpretación del término «medio ambiente» la extracción de energía de él y su transformación en trabajo o energía eléctrica es conocida desde hace mucho tiempo. En estos procesos no hay nada nuevo: así se hacía siempre.

En el segundo caso, por medio ambiente se comprende solamente la parte equilibrada de todo el ambiente del sistema. La introducción de esta noción local, más estrecha se basa en que en el ambiente del sistema (por ejemplo, del motor) siempre existe en una cantidad prácticamente ilimitada un medio que tiene una misma temperatura, presión y composición química. Como ejemplo de semejante medio puede servir el agua en la superficie de los océanos, mares y otros grandes depósitos, o el aire atmosférico en la superficie de la Tierra. Las pequeñas diferencias de potencial que en ellos existen no entran en el círculo de los problemas que se examinan. Semejante medio ambiente equilibrado, como muestra la experiencia secular de la humanidad, no puede servir de fuente de energía, por cuanto no existen diferencias de potencial, desequilibrios, que pudiesen ser utilizados. Él se comporta como el «agua muerta» sin diferencia de niveles, sobre la cual escribía Leonardo de Vinci.

Por fin, examinemos la primera parte de la expresión «energía térmica del espacio circundante». Por cuanto el calor, como ya vimos, es energía solamente en el proceso de transición, hablar de «energía térmica», y además «contenida» en el medio ambiente, es incorrecto (a pesar de que a veces esto se hace). La energía del movimiento térmico de las partículas constituye una parte de la energía interna del cuerpo, con la particularidad de que prácticamente es imposible extraerla «en forma pura». Por eso, en la ciencia se usa el término «energía interna».

Examinemos la segunda noción de «concentración» y respectivamente de «dispersión» de la energía.

La concentración es una noción relacionada con la centralización de algo en un lugar determinado (volumen, superficie). Con arreglo a la energía esto corresponde a la cantidad de ella por unidad de volumen o de superficie (J/cm^3 ó J/cm^2). Si esta cantidad aumenta, se habla de la concentración de energía, si disminuye, de su dispersión.

Los partidarios del mpp-2 utilizan este término en un sentido que no tiene relación con su verdadero contenido. Ellos llaman energía «concentrada» a la energía eléctrica y al trabajo, y «dispersada», a la energía interna de los cuerpos y al calor. Sin embargo, la diferencia entre ellas no consiste en la concentración (ésta en cada caso puede ser alta y baja), sino en el grado de ordenación, de organización del movimiento de las partículas (sobre esto ya hablamos en el capítulo 2). Como veremos en adelante, precisamente esta ordenación determina principalmente el lado cualitativo de la energía, su capacidad de trabajo.

La sustitución del concepto de calidad, de la capacidad de trabajo de la energía por su «concentración», y la de su degradación, su depreciación, por «dispersión», conlleva a un enredo suplementario, por cuanto la «concentración» y la «dispersión» de la energía no determinan en principio la posibilidad de obtención de trabajo (es decir, de la creación del motor)².

Ahora, después de precisar todos los términos, podemos volver a los fundamentos de principio del mpp-2. Se hace evidente que su idea se basa en la obtención de trabajo (o, lo que es lo mismo, energía eléctrica que puede transformarse en trabajo) del medio ambiente equilibrado mediante la utilización de la parte de su energía interna que está relacionada con el movimiento térmico caótico de las moléculas. El problema que surge con tal enfoque fue muy bien formulado en forma poética por uno de los discípulos de V. K. Oschepkov, M. P. Krivyj: «Aquí hace falta un

² Claro está que cuanto mayor es la concentración, la densidad de energía, tanto más fácil, a igualdad de las demás condiciones, será utilizarla (se necesitan menores gastos, áreas, etc.). Pero, en principio, la posibilidad de obtener trabajo no se determina por esto.

procedimiento muy valiente, para que el calor equilibrado corra a la concentración desembarazada y virtuosamente»

V. K. Oschepkov le dio a este proceso el término científico «inversión energética». Con otras palabras, esto es la transformación inversa de parte de la energía interna del medio ambiente equilibrado en energía eléctrica o trabajo

Precisamente este proceso está prohibido por el segundo principio de la termodinámica. Por eso, para demostrar la posibilidad de la creación del mpp-2 hay que imprescindiblemente refutar o eludir el segundo principio de la termodinámica «que se encuentra en el camino»

M. P. Krivyj escribe sobre esto con bastante claridad: «De aquí todo el segundo principio se hace un impedimento, él debe ser recusado, ya que él mismo no se aparta»

Los partidarios del mpp-2 emplean para ello todo un conjunto de argumentos: desde los razonamientos filosóficos generales alegando a los clásicos, hasta los datos experimentales de las distintas ramas de la ciencia. Todos los argumentos, como regla, tienen un carácter descriptivo-especulativo y se dan sin un fundamento científico claro. No obstante, su excelente presentación exterior en combinación con el convencimiento y entusiasmo (y a veces una exposición no muy exacta de los hechos) puede parecer en muchos casos convincente. También ayuda aquí el generoso objetivo: la economía de recursos y la salvación del medio ambiente de la contaminación

Por eso, antes de pasar a examinar los distintos mpp-2, es necesario prestar cierta atención al examen del segundo principio de la termodinámica, aunque esto requiere del lector, que no ha estudiado especial mente la termodinámica, cierta concentración

El hecho no sólo consiste en que el segundo principio de la termodinámica, a primera vista, no es más difícil de comprender que el primero; en realidad, no es tan simple como parece. Sobre él se han escrito muchos, hablando con benevolencia, artículos y manuales no calificados, los cuales introdujeron, como escribía el académico A. V. Shubnikov, «una cantidad inverosímil de errores». Precisamente en el terreno fertilizado con estos errores, de tiempo en tiempo crecen las más diversas «obras» seudo-científicas biológicas, técnicas, económicas y otras. A algunas de ellas tendremos que dedicarnos al examinar el segundo principio

3.2. Asimetría de las transformaciones recíprocas del calor y el trabajo. Principio de Carnot

El segundo principio de la termodinámica, así como el primero, se formuló en el transcurso de un largo período por los trabajos de muchos científicos e ingenieros. Sin su utilización sería imposible el desarrollo ulterior de la termo-energética, la tecnología química y muchas otras ramas de la ciencia y la técnica

El establecimiento de las generalidades y la equivalencia cuantitativa de las distintas formas de movimiento, y después la formulación precisa del primer principio de la termodinámica a base de esto, era necesaria, pero no suficiente. Era preciso establecer las condiciones que determinan la posibilidad del paso de unas formas de energía a otras y ante todo del calor a trabajo. La práctica demostraba que la noción sobre la convertibilidad general, equivalencia de las distintas formas de energía debía ser precisada incluso con arreglo a tales de sus formas como el calor y el trabajo.

¿Efectivamente, por qué el paso del trabajo a calor se realiza muy simplemente, sin presentar dificultades algunas? Ya en la aurora de la civilización el hombre conseguía el fuego por rozamiento, realizando sin ninguna ciencia precisamente tal transformación. Sin embargo, transformar el calor en trabajo se logró (si no se cuenta los antiguos juguetes de vapor como la «eolípila» de Herón) con gran dificultad solamente en la segunda mitad del s. XVIII, cuando fueron creadas las máquinas de vapor. Aquí el hecho consistía no en la complejidad técnica de estas máquinas (pese a que esto también desempeñó su papel), sino en la dificultad de principio de semejante transformación, la falta de claridad de las condiciones necesarias para ella

Este problema fue por primera vez planteado correctamente y resuelto por S. Carnot³, sobre quien ya escribimos en relación con la primera formulación del principio de conservación de la energía. Con el famoso libro de Carnot «Sobre la fuerza motriz del fuego...» comienza no sólo la historia de la termodinámica, sino también toda la termo-energética teórica modernas).

Conforme a la teoría del cuerpo termógeno el funcionamiento de la máquina de vapor parecía muy simple. El cuerpo termógeno de los gases de chimenea, obtenidos como resultado de quemar el combustible, pasaba al agua a alta temperatura, transformándola en vapor. El vapor se expande en el cilindro, produciendo trabajo. Luego el vapor se dirigía al condensador, donde a baja temperatura cedía el cuerpo termógeno al agua refrigerante.

El esquema de semejante máquina se muestra en la fig. 3.1, a; el flujo de cuerpo termógeno Q (la anchura de la banda corresponde a su cantidad) «cae» de la temperatura T_1 a una temperatura más baja $T_2 < T_1$. En este caso se produce el trabajo L . Es fácil ver que semejante explicación del funcionamiento de la máquina térmica surgió por analogía con la máquina hidráulica (por ejemplo, el molino de agua); sólo que el papel del agua lo desempeña aquí el «cuerpo termógeno» y el de la presión, determinada por la altura de caída del agua $\Delta h = h_1 - h_2$, la diferencia de temperaturas $\Delta T = T_1 - T_2$ (fig. 3.1, b). La cantidad de agua G , lo mismo que la cantidad de cuerpo termógeno Q , no cambia: la que entra (Q_1) es igual a la que sale (Q_2). Al principio esta teoría era aceptable, puesto que de ella se desprendía una deducción correcta y de gran importancia; la máquina térmica puede funcionar solamente al existir diferencia de temperaturas. Si $\Delta T = 0$, el calor será «muerto», como «el agua muerta» de Leonardo de Vinci siendo $\Delta h = 0$.

Al lector contemporáneo, sin embargo, le puede surgir una pregunta natural. Supongamos que los ingenieros de aquel tiempo no conocían el principio de conservación de la energía, ¿pero él de todas formas actuaba! Y esto significa que la cantidad de cuerpo termógeno (es decir, calor)

³ S. Carnot murió antes de que se reconocieron sus méritos, y su libro pasó desapercibido. La segunda vida le dio el científico e ingeniero francés B. Clapeyron (1799-1864), que editó el libro de Carnot en 1834, con sus comentarios y suplementos

cedido abajo a T_2 debe ser considerablemente menor que la que llegó arriba a T_1 , en la cantidad de trabajo realizado, es decir,

$$Q_2 = Q_1 - L.$$

¿Cómo no se dieron cuenta de esto? La respuesta es muy simple. Las mejores máquinas de vapor de aquel tiempo tenían una efectividad muy pequeña; ellas transformaban en trabajo no más de un 3-5 % del calor recibido. Esto significa que Q_2 se diferenciaba de Q_1 de la misma manera que 95 se diferencia de 100; pero la precisión de las mediciones térmicas en aquel tiempo era mucho menor del 5 % . Por eso la diferencia entre Q_1 y Q_2 no se podía notar (por cuanto a nadie le venía a la cabeza que ésta debe ser buscada).

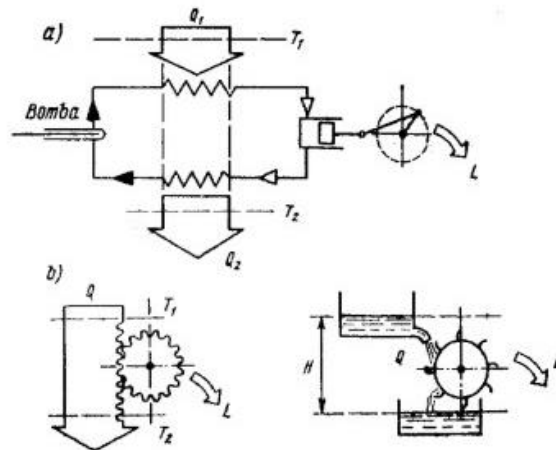


Fig. 3.1. Esquema de funcionamiento de la máquina (motor) de vapor desde las posiciones de la teoría del cuerpo termógeno: a, « caída del cuerpo termógeno» desde la temperatura T_1 hasta la temperatura T_2 ; b, analogía mecánica e hidráulica

S. Carnot se propuso el objetivo de determinar cuantitativamente «la fuerza motriz del fuego», es decir, hablando en el lenguaje moderno, la cantidad máxima de trabajo que puede proporcionar la unidad de cantidad de calor.

A pesar de que S. Carnot partía en este trabajo todavía de la teoría del cuerpo termógeno, y el principio de conservación de la fuerza motriz (es decir, la energía)⁴ él lo formuló más tarde, entre 1824 y 1832, él resolvió de forma excelente el problema.

A los investigadores que les siguieron les quedaba sólo darle forma matemática a las tesis de Carnot y desarrollarlas con arreglo a los nuevos factores científicos, exponiéndolos, tomando en consideración el primer principio. Solamente después de un cuarto de siglo la termodinámica comenzó a desarrollarse, pero las ideas fundamentales de Carnot permanecieron inmutables. Semejante estabilidad extraordinaria de las tesis fundamentales de S. Carnot (propia en general de los grandiosos descubrimientos científicos) está relacionada con que él enfocó el problema desde las posiciones más generales, excluyendo todo lo particular, que no tenía una importancia de principio. Él examinaba no una máquina de vapor determinada, incluso no la máquina de

⁴ Sobre esto se habló en el cap. 2

vapor en general, sino un motor térmico ideal, abstracto, los resultados del funcionamiento del cual no dependen de su estructura. Para ello él introdujo un ciclo especial, llamado más tarde con su nombre: ciclo de Carnot.

Entre los numerosos corolarios del trabajo de S. Carnot, la mayor importancia para nuestra finalidad - para el análisis del mpp-2- la tiene la hipótesis de que para el funcionamiento ininterrumpido del motor térmico se necesita una fuente de calor con una temperatura más alta y un intercambiador de calor con una temperatura más baja, el llamado principio de Carnot. La expresión matemática del principio de Carnot, que determina las condiciones de transición del calor Q en trabajo L , para las condiciones de temperatura dadas, fue deducida por R. Clausius en forma de la fórmula extremadamente simple, ampliamente conocida

$$L = Q \frac{T_1 - T_2}{T_1} \quad (3.1)$$

Aquí, así como en la fig. 3.1, la alta temperatura T_1 en grados Kelvin corresponde al suministro de calor Q al motor, y la más baja es aquella a la cual el calor se entrega. De la fórmula (3.1) se desprenden directamente muchos corolarios importantes. Para nosotros tienen importancia dos deducciones.

La primera deducción consiste en que el trabajo obtenido es siempre menor que el calor Q suministrado al motor. Efectivamente, el coeficiente de Carnot $(T_1 - T_2)/T_1$ (o bien $1 - T_2/T_1$) es siempre menor que la unidad. Con otras palabras, en trabajo puede ser convertida solamente una parte del calor recibido; la otra parte, igual a $Q - L$, debe ser entregada inevitablemente a un intercambiador cualquiera de calor⁵ a la temperatura T_2 . Cuanto más alta es la temperatura T_1 y más baja la T_2 , tanta mayor parte de calor Q puede ser transformado en trabajo. Pero, todo el calor Q no puede ser convertido en trabajo (para ello T_1 debería ser infinitamente grande o T_2 infinitamente pequeña).

Así, por ejemplo, si $T_1 = 1200$ K, y $T_2 = 300$ K, entonces de 100 kJ de calor se puede obtener

$$\frac{1200 - 300}{1200} \times 100 = 75 \text{ kJ}$$

de trabajo. Los restantes 25 kJ pueden ser solamente derivados en forma de calor $Q_2 < Q_1$ a la temperatura de $T_2 = 300$ K

De este modo, del principio de Carnot se desprende que el calor no se puede transformar totalmente en trabajo. Por consiguiente, en la naturaleza existe asimetría en la transformabilidad recíproca del calor en trabajo: el trabajo puede transformarse totalmente en calor, pero el calor en trabajo sólo parcialmente. La otra parte no transformable de calor se deriva inevitablemente del motor al receptor de calor (pero a una temperatura mucho más baja)

La segunda deducción del principio de Carnot consiste en que la obtención de trabajo del calor es posible solamente en el caso cuando entre el emisor de calor y el receptor de calor existe diferencia de temperaturas (es decir, $T_1 > T_2$). Efectivamente, de la fórmula (3.1) se desprende que cuanto menor es la diferencia $T_1 - T_2$ tanto menor parte de calor Q puede ser transformada en trabajo. Si $T_1 - T_2$, es decir, si el motor entra en contacto térmico con cuerpos que tienen una

⁵ Aquí y en adelante se llamará «receptor de calor» el objeto al cual se deriva el calor del motor (por ejemplo, el aire atmosférico) y «transmisor de calor», el objeto del cual el motor recibe calor.

misma temperatura, entonces él no podrá realizar trabajo alguno ($T_1 - T_2 = 0$, y por consiguiente, $L = 0$ cualquiera que sea Q)

Estos dos corolarios del principio de Carnot no pueden ser eludidos por ninguna clase de subterfugios

La segunda deducción del principio de Carnot elimina en el acto la idea sobre el motor que funciona a cuenta de calor obtenido del medio ambiente equilibrado (mpp-2).

Por muy grande que sea la energía interna del cuerpo, enlazada con el movimiento térmico caótico de las moléculas, contenida en el medio ambiente⁶, ella no es capaz de realizar trabajo, puesto que en este caso a nuestra disposición tenemos solamente una temperatura, la del medio ambiente $T_{m.a.}$

Así pues, de por sí la existencia de energía no significa que se puede recibir trabajo: la energía puede ser incapaz de trabajar. Por esta razón, la definición de la energía, que se puede encontrar todavía en algunos libros e incluso manuales como «magnitud que caracteriza la capacidad del cuerpo (o del sistema) de realizar trabajo» en el caso general es incorrecta. Fue heredada de los siglos XVII-XVIII, cuando la noción sobre la energía (conforme a la terminología de aquel tiempo, «fuerza») estaba relacionada solamente con el trabajo mecánico. El principio de Carnot muestra claramente que esta definición (por lo menos con arreglo a la energía interna del cuerpo y al calor extraído de él) es incorrecta. A nuestro alrededor, en el aire, agua y suelo existe una enorme cantidad de energía interna del movimiento molecular caótico, pero desgraciadamente, a despecho de las esperanzas de los inventores del mpp-2 es absolutamente inútil para la obtención de trabajo. Esto lo confirma el principio de Carnot, que se desprende del segundo principio de la termodinámica.

De todo lo expuesto se deduce inevitablemente que el único método de fundamentar la posibilidad de «extraer la energía térmica del espacio circundante» y obtener de ella trabajo consiste en desmoronar el segundo principio de la termodinámica. Alrededor de esta fortaleza, del segundo principio, se desarrollan todos los combates de los inventores y los teóricos del mpp-2.

Para comprender todo esto y demostrar la inutilidad de las tentativas de refutar el segundo principio, hay que examinar algunas de sus hipótesis, sin limitarse al principio de Carnot. Hay que prestar especial atención al problema sobre la entropía: la magnitud que ocupa el lugar central en la concepción del segundo principio. Sobre ella recae la máxima cantidad de ataques, chismes e incluso palabras feas. Uno de sus contrarios la llamó incluso «cerradura roñosa» que cierra la puerta en el camino del movimiento ulterior de la ciencia.

⁶ Frecuentemente se llama «calor del medio ambiente», pero eso es incorrecto, como ya demostramos en el cap. 2, puesto que el medio ambiente (así como otro cuerpo cualquiera) no puede «contener» calor.

3.3. Un poco sobre la entropía

Comencemos volviendo a la noción de cuerpo termógeno y la representación de cómo él crea trabajo (fig. 3.1).

Ya dijimos que esta noción está relacionada con la teoría sobre cierta sustancia que corre de arriba abajo (de la alta temperatura a la baja) realizando trabajo, con la particularidad de que su cantidad no varía. Con el establecimiento de la teoría mecánica de los fenómenos térmicos esta noción, naturalmente, ha dejado de ser actual.

No obstante, ha resultado (como con frecuencia sucede) que en la idea de que a través del motor pasa el flujo de «algo» que no cambia su valor durante el trabajo hay cierto núcleo racional.

En efecto, examinemos más detenidamente la ecuación que refleja el principio de Carnot, estableciendo de ella la relación entre las cantidades de calor Q_1 y Q_2 y las temperaturas T_1 y T_2 . Para ello transformemos dicha ecuación. Es evidente (conforme al principio de conservación de la energía, el primer principio de la termodinámica) que $Q_2 = Q_1 - L$; entonces la ecuación fundamental de Carnot se puede escribir, sustituyendo el trabajo L por su valor, así:

$$Q_2 = Q_1 - Q_1 \frac{T_1 - T_2}{T_1} \quad (3.2)$$

o, después de las simplificaciones:

$$\frac{Q_1}{T_1} = \frac{Q_2}{T_2} \quad (3.3)$$

Resulta que las relaciones de las cantidades de calor a las correspondientes temperaturas (digamos el calor «reducido») son iguales en la entrada y en la salida del flujo térmico. Por lo tanto, efectivamente, existe una magnitud térmica que se distingue del «simple» calor, que conserva para el motor un valor constante en el proceso de su suministro y derivación⁷.

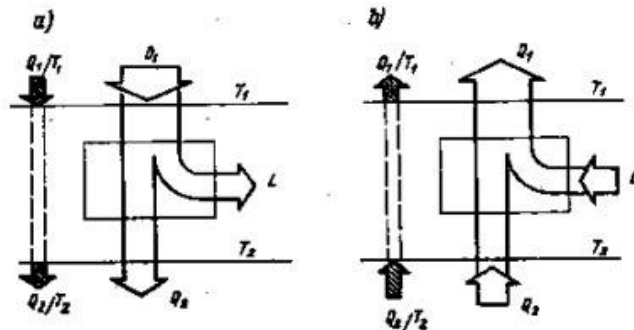


Fig. 3.2. Gráficos de banda de los flujos de energía y entropía: a, motor térmico; b, bomba de calor

La magnífica propiedad de la magnitud Q/T se conserva también en otro caso de gran importancia.

Ya hablamos de que el motor introducido por Carnot es ideal, es decir, funciona sin pérdidas.

Esto significa que el trabajo recibido de él es máximo cuando se dan Q_1 y las temperaturas T_1 y T_2 , es decir, corresponde totalmente a la magnitud L en la fórmula (3.1). Si se utiliza el trabajo recibido, el ciclo puede ser encaminado en sentido contrario. La noción sobre tal máquina térmica

⁷ Es curioso que el propio Carnot en cierto grado lo sentía: por doquier, donde él hablaba de calor (en el sentido de la magnitud Q) se utilizaba la palabra *chaleur* (calor), y donde hablaba del cuerpo termógeno, la palabra *calorique*. Que esto no es una casualidad, se ve de que esta terminología no se altera ni una vez.

reversible también fue introducida por Carnot en su famoso libro. Con tal «inversión» del ciclo ideal todas las relaciones cuantitativas entre las magnitudes, que determinan su trabajo, permanecerán constantes, sólo que en lugar de la transferencia del «cuerpo termógeno» de la alta temperatura a la baja tendrá lugar el proceso inverso, su transferencia del nivel bajo de temperatura al alto. Para esto se necesitará la misma cantidad de trabajo que el que fue recibido, y todo volverá al estado inicial. Con otras palabras, semejante ciclo posee la propiedad de reversibilidad. En la fig. 3.2 se muestran ambos casos con los flujos de energía. Las relaciones Q/T en ambos casos permanecen iguales en la salida y en la entrada del calor.

De este modo, el motor térmico se transformará en «bomba térmica» que transvasa el «cuerpo termógeno» de baja temperatura a la alta con gasto de trabajo. El flujo de calor reducido, a semejanza del flujo de «cuerpo termógeno» pasa también sin cambios a través de la máquina, pero no de «arriba abajo» como en el motor, sino de «abajo arriba» como en la bomba. Si se filmara la acción de la máquina en una película cinematográfica, entonces ella (la máquina y la cinta) podía ser rodada en cualquier dirección: el cuadro sería correcto en todos los casos.

Esta magnífica propiedad de la magnitud Q/T de quedar invariable en todas las transformaciones ideales recíprocas (y, por lo tanto, reversibles) del calor y el trabajo no pudo atraer la atención. R. Clausius (1822-1888) fue el primero en dar a la magnitud Q/T un valor independiente y la introdujo en la ciencia. Él la llamó entropía⁸. Desde entonces (1865) la entropía (se designa conforme al estándar con la letra S) inició su glorioso y al mismo tiempo espinoso camino en la ciencia. Glorioso porque ella «trabajaba» y sigue «trabajando» ayudando a resolver una inmensidad de problemas teóricos y prácticos (y no sólo termodinámicos). Espinoso porque es difícil encontrar otro concepto científico alrededor del cual ardan tantas pasiones y que haya provocado tantos chismes, errores y acusaciones. Le riñan los ideólogos y los inventores del mpp-2.

En qué esto consiste se hará claro definitivamente si examinamos ciertas propiedades de la entropía.

Comencemos por la entropía que tiene una propiedad más de importancia, que la hace semejante al «cuerpo termógeno». Ella puede no sólo ser suministrada al cuerpo junto con el calor (o derivarse del mismo), sino que también, a diferencia del calor, acumularse en el cuerpo, «ser contenida», en él. Durante el funcionamiento del motor de Carnot o de la bomba de calor la entropía, como vimos, «pasa» a través de ellos (fig. 3.2). Tanta como entra, tanta sale. Pero al calentar el cuerpo suministrándole calor, la entropía entra, pero no sale: ella se «acumula» en la sustancia. El calor desaparece, transformándose en energía interna, mientras que la entropía aumenta. Al contrario, al extraer calor la entropía del cuerpo disminuye. Así pues, la entropía puede ser contenida en los cuerpos, y ser transmitida de un cuerpo a otro por medio del calor. Se puede hacer uso de la relación $S = Q/T$ cuando toda la cantidad de calor Q se entrega a una misma temperatura T . En la práctica la temperatura T en el proceso de suministro de calor, en la mayoría de los casos, cambia, puesto que el cuerpo se calienta (y durante la extracción se enfría). Para cada pequeña porción de calor δQ la temperatura será otra; por eso, la entropía se calcula para cada porción de calor por separado en la forma de $\delta S = \delta Q/T$ y luego se suman las porciones de entropía δS . En total la cantidad de entropía ΔS será igual a la suma de las pequeñas variaciones de la magnitud δS ,

$$\Delta S = \sum \frac{\delta Q}{T}$$

⁸ Esta combinación de palabras griegas, consonante con la palabra «energía» significa «transformación».

y al pasar a infinitésimas

$$\Delta S = \int_{T_1}^{T_2} \frac{dQ}{T} \quad (3.4)$$

como el producto de la temperatura T , a la cual él se transmite, por el flujo de entropía:

$$\partial Q = T \partial S \quad (3.5)$$

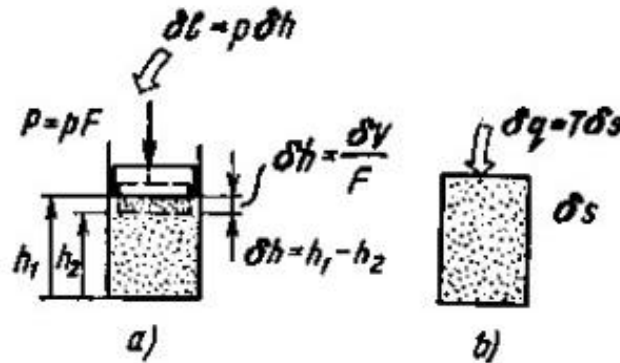


Fig. 3.3. Transmisión de la energía en forma de trabajo $\int l$ y de calor $\int q$

Esta fórmula tiene un profundo sentido físico. Prestemos atención a que durante la transferencia de energía en forma de trabajo mecánico su cantidad, así como en la fórmula (3.5), se determina por el producto de dos magnitudes análogas.

Tomemos como ejemplo dos casos (fig. 3.3): el trabajo de compresión del gas en el cilindro (a) y el calentamiento del gas en el vaso aislado térmicamente (b). En el primer caso el trabajo L es igual al producto de la fuerza P (igual al producto de la presión p por el área del émbolo F) por el camino δh (igual a la relación de la variación del volumen δV al área del émbolo F). Dado que a medida de la compresión del gas la fuerza P debe aumentar, el trabajo debe ser calculado por los pequeños tramos δh , en los cuales ella puede ser considerada constante. Entonces el trabajo representará el producto de dos magnitudes:

$$\partial l = p \partial V \quad (3.6)$$

Es fácil ver que en el segundo caso análogamente al primero para cierta cantidad elemental de calor ∂Q , durante la transferencia de la cual, T es invariable, tendremos

$$\partial Q = T \partial S \quad (3.7)$$

De este modo, la transmisión de energía en dos formas, de calor y de trabajo (a pesar de su diferencia de principio, o sea, la forma desordenada en el primer caso y ordenada en el segundo),