

Capítulo 8

MAGNETISMO. ELECTRICIDAD

"LA PIEDRA AMANTE"

Este nombre tan poético fue el que los chinos le dieron al imán natural o piedra imán. La piedra amante (tshu-shi) - dicen los chinos -, atrae al hierro, lo mismo que una madre amorosa atrae a sus hijos. Es interesante que los franceses, que habitan el extremo opuesto del Viejo Mundo, le dieron al imán un nombre semejante, porque en francés la palabra "aimant" significa "imán" y "amante".

La fuerza de este *amor* de los *imanes* naturales es muy pequeña y por eso parece ingenuo que los griegos llamaran a la piedra imán "piedra de Hércules". Si los habitantes de la antigua Hellas se asombraban tanto de la modesta atracción del imán natural, ¿qué dirían ahora si viesen los imanes que en las fábricas metalúrgicas modernas levantan bloques que pesan toneladas enteras? Es verdad que éstos no son imanes naturales, sino "electroimanes", es decir, masas de hierro imanadas por la corriente eléctrica que pasa por un devanado que las rodea. Pero en ambos casos la naturaleza de la fuerza que actúa es la misma, el magnetismo. No se debe creer que el imán influye solamente sobre el hierro. Existe toda una serie de cuerpos no ferrosos que también experimentan la acción de los imanes potentes, aunque en menos grado que el hierro. Los metales como el níquel, cobalto, manganeso, platino, oro, plata y aluminio son atraídos débilmente por el imán. Aún es más interesante la propiedad que tienen los cuerpos llamados diamagnéticos, por ejemplo, el zinc, el plomo, el azufre y el bismuto. Estos cuerpos son repelidos por los imanes potentes.

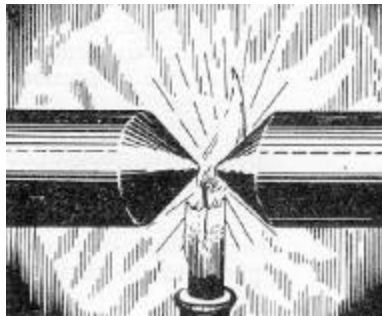


Figura 90. La llama de una vela entre los polos de un electroimán.

Los gases y los líquidos también son atraídos o repelidos por el imán, aunque muy débilmente. El imán tiene que ser muy potente para que pueda ejercer influencia sobre estas sustancias. El oxígeno puro, por ejemplo, es atraído por el imán. Si una pompa de jabón se llena de oxígeno y se coloca entre los polos de un electroimán potente, se nota como la pompa se alarga de un polo a otro estirada por las invisibles fuerzas magnéticas. La llama de una vela colocada entre los extremos de un imán potente cambia de forma, con lo cual pone de manifiesto su sensibilidad para con las fuerzas magnéticas (fig. 90).

[Volver al inicio](#)

EL PROBLEMA DE LA BRUJULA

Estamos acostumbrados a pensar que la aguja magnética siempre señala con uno de sus extremos hacia el norte y con el otro hacia el sur. Por esto parece absurda la pregunta que sigue:

¿En qué sitio de la esfera terrestre *los dos extremos* de la aguja magnética señalan al norte? Y más disparatada aún resulta esta otra:

¿En qué sitio de la Tierra los dos extremos de la aguja magnética señalan hacia el sur?

El lector estará dispuesto a decir que en nuestro planeta ni existen ni pueden existir estos sitios. Pero sí, existen.

Recuerde usted que los polos magnéticos de la Tierra no coinciden con los geográficos y se dará cuenta de cuáles son los sitios a que se refieren las preguntas. ¿Hacia dónde señalará la aguja magnética situada en el polo sur geográfico? Uno de sus extremos señalará hacia el polo magnético más próximo y el otro en sentido contrario. Pero estando en el polo sur geográfico, cualquiera que sea la dirección que tomemos siempre iremos *hacia el norte*, puesto que en el polo sur geográfico no hay otra dirección, en torno a él todo es norte. Por lo tanto, la aguja magnética que se encuentre allí señalará con sus dos extremos hacia el norte. Lo mismo ocurrirá con la aguja magnética que se sitúe en el polo norte geográfico, cuyos dos extremos señalarán al sur.

[Volver al inicio](#)

LINEAS DE FUERZA MAGNETICAS

La fig. 91 es reproducción de una fotografía. En ella se representa un curioso experimento. Un brazo descansa sobre los 6 polos de un electroimán y toda una serie de clavos grandes se mantienen de pie en él como si fueran cerdas. El brazo no siente en absoluto la acción de las fuerzas magnéticas; sus hilos invisibles pasan a través de él sin revelar su presencia. Pero los clavos de hierro se someten sumisamente a su acción y se colocan en un orden determinado, poniendo de manifiesto la dirección de las fuerzas magnéticas.

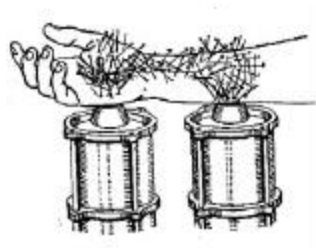


Figura 91. Las fuerzas magnéticas pasan a través del brazo.

El hombre no posee ningún órgano sensible a los campos magnéticos, por lo tanto, lo único que podemos hacer es imaginarnos las fuerzas que rodean a los imanes¹. Sin embargo, no es difícil descubrir indirectamente cómo se distribuyen estas fuerzas. Lo mejor para conseguir esto es emplear limaduras de hierro. Estas limaduras se echan, formando una capa uniforme, sobre un trozo de cartulina lisa (o sobre una lámina de vidrio), debajo de ella se coloca un imán ordinario y se agitan suavemente las limaduras dándole unos golpecitos a la cartulina. Las fuerzas magnéticas pasan sin dificultad a través de la cartulina o del vidrio y las limaduras de hierro se imanar; por eso, cuando golpeamos la cartulina, se separan por un instante de su superficie y pueden girar influidas por las fuerzas magnéticas y tomar la posición que en cada punto dado tomaría una aguja magnética, es decir, se orientan siguiendo las "líneas de fuerza" magnéticas. Como resultado, se obtiene que las limaduras forman filas que ponen de manifiesto la distribución de las líneas de fuerza invisibles.

¹ Es interesante suponer lo que ocurriría si tuviéramos un sentido capaz de percibir directamente el magnetismo.

Kreidl consiguió hacer que los cangrejos tuvieran una especie de sentido magnético. Le ayudó a esto el descubrimiento que hizo de que los cangrejos jóvenes se introducen en el oído piedrecitas pequeñas. Estas piedrecitas influyen con su peso sobre un filamento sensible que forma parte del órgano equilibrador del cangrejo. Piedras semejantes a éstas, llamadas otolitos, existen en el oído humano, cerca del órgano básico del oído. Estas piedrecitas, accionando verticalmente, indican la dirección de la gravedad. En lugar de ellas Kreidl colocó a los cangrejos limaduras de hierro, cosa que ellos no notaron. Hecho esto, cuando se acercaba un imán al cangrejo, este último se colocaba en el plano perpendicular a la resultante de la composición de la fuerza magnética y de la gravedad. "Recientemente se han conseguido realizar en el hombre experimentos semejantes, aunque de otra forma. Para esto Köhler pegó pequeñas partículas de hierro en la membrana del oído, con lo cual este percibía las oscilaciones de la fuerza magnética como si fueran sonidos" (Prof. O. Wiener).

Cuando colocamos sobre el imán nuestra cartulina con las limaduras y la agitamos, obtenemos el cuadro que muestra la fig. 92. Las fuerzas magnéticas crean un sistema complejo de líneas curvas. Puede verse cómo salen radialmente de cada polo del imán y cómo las limaduras se unen entre sí formando arcos más o menos largos entre ambos polos. Estas limaduras de hierro muestran de una manera gráfica lo que el físico ve ante sí mentalmente y que de forma invisible existe alrededor de cada imán. Las líneas formadas por las limaduras son tanto más densas y bien definidas cuanto más cerca están de un polo; por el contrario, se enrarecen y pierden nitidez a medida que se alejan de él.

[Volver al inicio](#)

¿CÓMO SE IMANA EL ACERO?

Antes de contestar a esta pregunta, que los lectores suelen hacer con frecuencia, hay que dejar bien sentada la diferencia que existe entre un imán y una barra de acero sin imanar. Cada uno de los átomos de hierro que entran en la composición del acero -esté o no imanado-, se puede representar como un imán pequeñísimo.

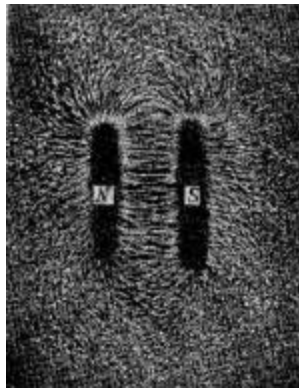


Figura 92. Distribución de las limaduras de hierro en un cartón puesto sobre los polos de un imán (de una fotografía).

En el acero sin imanar estos imanitos atómicos se encuentran en desorden, por lo que la acción de cada uno de ellos es anulada por la de otro situado a la inversa (fig. 93, A). En el imán, por el contrario, todos los imanitos elementales están ordenados, todos los polos de un mismo nombre están dirigidos en la misma dirección, como muestra la fig. 93, B.

¿Qué ocurre con un trozo de acero cuando se frota con un imán? La atracción del imán hace que todos los imanitos elementales de la barra de acero giren y se coloquen de forma que todos los polos del mismo nombre se orienten en la misma dirección.

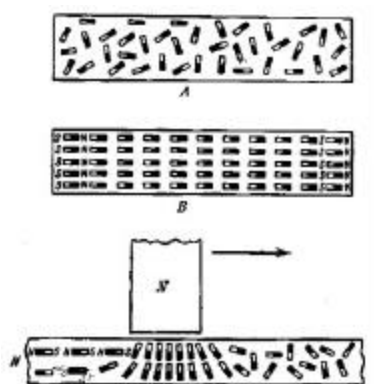


Figura 93. A, disposición de los imanitos elementales en una barra no imanada; B, ídem en el acero imanado; C, acción del polo del imán sobre los imanitos elementales del acero que se imana.

La fig. 93. C muestra gráficamente como se realiza lo que acabamos de decir. Los imanes elementales vuelven sus polos sur hacia el polo norte del imán y después, a medida que éste se va desplazando, se sitúan siguiendo la dirección de su movimiento, con los polos sur vueltos hacia el centro de la barra.

Ahora se comprende con facilidad lo que hay que hacer con el imán para imanar una barra de acero. Hay que acercar uno de los polos del imán a un extremo de la barra y, apretándolo contra ella, pasarlo a lo largo hasta llegar al otro extremo. Este es uno de los procedimientos más simples y más antiguos de imanar, pero sirve únicamente para obtener imanes débiles de pequeñas dimensiones. Los imanes potentes se construyen aprovechando las propiedades de la corriente eléctrica.

Ultimamente se ha conseguido crear aleaciones que poseen propiedades magnéticas decenas y hasta centenares de veces más intensas que las de los imanes naturales.

[Volver al inicio](#)

ELECTROIMANES COLOSALES

En las fábricas metalúrgicas se pueden ver grúas de electroimán que transportan cargas enormes. Estas grúas son insustituibles cuando se trata de elevar y transportar grandes cantidades de hierro en las fundiciones y acererías. Las grúas de electroimán transportan grandes bloques de hierro o partes de máquinas que pesan decenas de toneladas sin sujeción alguna. De la misma forma transportan, sin cajones ni embalajes, chapas de hierro, alambres, clavos, chatarra y otros materiales cuyo traslado por otro procedimiento sería mucho más difícil.

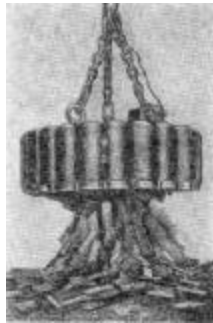


Figura 94. Una grúa de electroimán transportando planchas de hierro.

En las figs. 94 y 95 puede verse el buen servicio que prestan los electroimanes. Cuánto trabajo costaría recoger y transportar el montón de placas de hierro que de una sola vez recoge y transporta la grúa cuyo electroimán se ve en la fig. 94. En este caso no sólo tiene importancia la economía de fuerzas, sino también la comodidad del trabajo. En una sola fábrica metalúrgica, cuatro grúas de electroimán que puedan transportar diez raíles a la vez cada una, sustituyen el trabajo manual de doscientos obreros. Además, no hay que preocuparse de sujetar estas cargas a la grúa; mientras que la corriente eléctrica pase por el devanado del electroimán, ni un trozo de hierro se desprenderá de él.

Pero si la corriente se interrumpe por cualquier causa, la avería es inevitable. Estos casos ocurrían al principio. "En una fábrica norteamericana - leemos en una revista técnica -, un electroimán elevaba los lingotes de hierro que llegaban en unos vagones y los echaba en un horno. De repente, en la central eléctrica del Niágara, que era la que suministraba a la fábrica, ocurrió algo y se interrumpió la corriente. La carga de metal se desprendió del electroimán y cayó sobre un obrero. Para evitar que puedan repetirse accidentes semejantes, y al mismo tiempo economizar energía eléctrica, en los electroimanes se están montando unos dispositivos especiales. Una vez que los objetos a transportar han sido elevados por el

electroimán, bajan unas garras de acero laterales, que se cierran fuertemente, que son las que sostienen el peso en adelante. Durante el transporte se corta la corriente".

Los diámetros de los electroimanes representados en las figs. 94 y 95 tienen 1,5 m; cada uno de estos imanes es capaz de levantar 16 t (un vagón de mercancías). Un imán de éstos transporta al cabo del día más de 600 t de carga. Existen electroimanes que pueden elevar 75 t de una vez, es decir, ¡toda una locomotora!



Figura 95. El electroimán de una grúa transportando un bloque de hierro de 6,5 t.

Es posible que algún lector viendo como trabajan estos electroimanes piense: qué cómodo sería transportar con imanes los lingotes *calientes* de hierro. Es una lástima, pero esto solamente se puede hacer hasta una temperatura determinada, puesto que *las propiedades magnéticas del hierro desaparecen cuando éste se caldea*. Si un imán se calienta hasta 800°C pierde sus propiedades magnéticas.

La técnica de elaboración de metales moderna emplea mucho los electroimanes como medios de sujeción y transporte de piezas de acero, hierro y fundición. Se han construido centenares de tipos diferentes de mandriles, platos, mesas y otros dispositivos magnéticos que hacen que el trabajo sea más fácil y rápido.

[Volver al inicio](#)

TRUCOS MAGNETICOS

Los ilusionistas emplean a veces la fuerza de los electroimanes para hacer sus trucos. Fácil es comprender los trucos tan sensacionales que se pueden hacer valiéndose de esta fuerza invisible. Dary, autor del libro "La electricidad y sus aplicaciones", reproduce el relato que hace un ilusionista francés de un espectáculo que dio en Argelia. A continuación recogemos la parte de este relato en que se habla de un truco que tuvo mucho éxito:

"En el escenario - cuenta el ilusionista -, hay un cajoncito pequeño, reforzado con herrajes, que tiene un asa en la tapa. Yo pido al público que suba a la escena uno de los espectadores más fuertes. A mi llamamiento responde un árabe de mediana estatura, pero de complexión fuerte, un verdadero Hércules árabe. Se presenta con aspecto vigoroso y presumido y se coloca a mi lado sonriéndose.

- ¿Es usted muy fuerte? - le pregunto, mirándolo de pies a cabeza.

- Sí - responde distraídamente.

- ¿Está usted seguro de que siempre será fuerte?

- Completamente seguro.

- Se equivoca. En un abrir y cerrar de ojos puedo dejarle sin fuerzas. Se quedará usted tan débil como un niño pequeño.

El árabe se sonrió incrédulamente.

- Venga usted aquí - le digo -; haga el favor de levantar este cajón.

El Hércules se agachó, levantó el cajón y preguntó:

- ¿Nada más?

- No. Espere usted un poco - le respondí yo.

Acto seguido, me puse serio, hice un gesto autoritario y en tono solemne dije:

- Ya es usted más débil que una mujer. ¿Puede usted levantar de nuevo el cajón?

El forzudo, sin preocuparse lo más mínimo de mis hechicerías, volvió a coger el cajón, pero ... éste se resiste, y a pesar de los esfuerzos desesperados que hace el árabe, ni se mueve; parece que está clavado en el sitio. La fuerza que hace el árabe bastaría para subir un peso enorme, pero todo en vano. Cansado, ahogándose y ardiendo de vergüenza, lo deja por fin. Comenzaba a creer en la fuerza de mi magia."

El secreto de la magia de este representante de los "civilizados" era muy sencillo. El cajón tenía el fondo de hierro y estaba puesto sobre una base que era a la vez el polo de un electroimán muy potente. Mientras no había corriente eléctrica, el cajón se podía levantar sin dificultades; pero en cuanto aquella pasaba por el devanado del electroimán, dos o tres hombres no podían arrancarlo del sitio.

[Volver al inicio](#)

EL IMAN EN LA AGRICULTURA

En la agricultura también desempeña el imán un papel muy importante, ayudando a separar las semillas de las plantas de cultivo de las semillas de las hierbas malas. Las semillas de estas últimas son, por lo general, peludas y se adhieren a la lana de los animales que pasan junto a ellas y de esta forma se propagan hasta sitios muy distantes de la planta madre. Esta propiedad de las malas hierbas, adquirida en el transcurso de millones de años de lucha por la existencia, ha sido aprovechada por la técnica agrícola para separarlas de las semillas lisas de las plantas útiles, como el lino, el trébol y la alfalfa. Si las semillas mezcladas se rocían con polvos de hierro, los granitos del metal se adhieren a las semillas de las hierbas malas, por ser rugosas, pero no se pegan a las semillas útiles, que son lisas. Después, todas las semillas se someten a la acción de un imán suficientemente potente y de esta forma se separan automáticamente, puesto que el imán recoge de la mezcla aquellas semillas que llevan adheridas limaduras de hierro.

[Volver al inicio](#)

UNA MAQUINA VOLADORA MAGNETICA

Al principio de este libro hice alusión a la obra de Cyrano de Bergerac "Historia Cómica de los Estados e Imperios de la Luna". En este libro se describe una máquina voladora muy interesante, cuyo funcionamiento se basa en la atracción magnética. En esta máquina se marchó a la Luna uno de los héroes de la novela. Reproduzco íntegramente este pasaje:

"Mandé hacer un carrito ligero de hierro, me monté en él cómodamente y empecé a echar hacia arriba un imán esférico. El carro de hierro comenzó inmediatamente a subir. Cada vez que me acercaba al sitio hacia donde me atraía la esfera, volvía a tirarla para arriba. Pero el carro seguía subiendo incluso cuando yo tenía la esfera en las manos, puesto que tendía a acercarse a ella. Después de echar por alto el imán muchas veces y subir otras tantas el carro, llegué al sitio donde comenzó mi caída en la Luna. Y como en este momento yo tenía bien cogida la esfera-imán, el carro no me abandonó. Para no matarme al caer, lanzaba la esfera de forma que su acción frenaba la caída del carro. Cuando me hallaba a dos o tres centenares de brazas del suelo lunar, empecé a tirar la esfera en ángulo recto con la dirección de la caída, hasta que el carro llegó muy cerca de la superficie de la Luna. Entonces salté de él y descendí suavemente hasta la arena".

Nadie duda - ni el autor del libro ni sus lectores - que esta máquina voladora es absolutamente inútil. Sin embargo, pienso que no son muchos los que pueden decir correctamente por qué es irrealizable este proyecto. ¿Por qué no se puede tirar el imán estando montados en un carro de hierro? ¿Por qué el carro no ha de ser atraído por el imán? ¿Por qué?

No, el imán se puede echar hacia arriba y él a su vez puede atraer al carro, si tiene la suficiente potencia. Pero a pesar de todo la máquina voladora no se movería del sitio.

¿Ha intentado usted alguna vez tirar algo desde una barca a la orilla? Si lo ha hecho se habrá dado cuenta de que la propia barca se retira en sentido contrario. Sus músculos, al mismo tiempo que impulsaban el objeto en una dirección, empujaban a su cuerpo (y a la barca junto con él) en dirección contraria. Aquí se pone de manifiesto la ley de la igualdad de la acción y la reacción, de que ya hemos hablado anteriormente. Al lanzar el imán ocurriría lo mismo. El pasajero, al tirar la esfera hacia arriba (con mucha fuerza, puesto que es atraída hacia el carro) empujaría inevitablemente al carro hacia abajo. Y cuando la esfera y el carro se volvieran a juntar, como resultado de la atracción mutua, se encontrarían otra vez en el sitio de partida. Por lo tanto, aunque el carro no pesara nada, lo único que se podía conseguir echando por alto el imán, es que oscilase en torno a una posición media; pero lograr que avanzara por este procedimiento es absurdo.

En la época de Cyrano de Bergerac (mediados del siglo XVII) aún no había sido formulada la ley de la acción y la reacción. Por esto, lo más probable es que el propio satírico francés no pudiera explicar claramente por qué era irrealizable su proyecto.

[Volver al inicio](#)

COMO EL "FERETRO DE MAHOMA"

En una ocasión ocurrió un caso muy curioso mientras trabajaba una grúa de electroimán. Uno de los trabajadores se dio cuenta de que el imán había atraído una bola de hierro pesada, que estaba sujeta al suelo por una cadena corta. La cadena impedía que la bola llegase al imán; entre éste y la bola quedaba un espacio como de un palmo menor. Resultaba un espectáculo extraordinario: ¡una cadena se mantenía en pie! La fuerza del imán resultó ser tan grande, que la cadena conservó su posición vertical cuando el obrero se colgó a ella². No lejos de allí había un fotógrafo que no perdió una ocasión tan oportuna. La fig. 96 es reproducción de aquella foto. Como puede verse, el obrero está colgado en el aire, lo mismo que el legendario féretro de Mahoma.

Y a propósito del féretro. Los creyentes musulmanes están convencidos de que el féretro con los restos del profeta se encuentra en el aire, suspendido entre el suelo y el techo del sepulcro, sin apoyo alguno.

¿Cómo es posible esto?

"Dicen -escribe Euler en sus *"Cartas sobre diferentes materias físicas"* -, que el féretro de Mahoma está sostenido por la fuerza de un imán; esto parece posible, puesto que hay imanes artificiales que levantan hasta 100 libras"³.

² Esto demuestra la enorme fuerza del electroimán, ya que la atracción de los imanes se debilita mucho al aumentar la distancia entre el polo y el cuerpo atraído. Un imán de herradura, que en contacto directo puede sujetar un peso de unos cien gramos, pierde la mitad de la fuerza si entre él y el peso se interpone una hoja de papel. Por esto no se suelen pintar los extremos de los imanes, a pesar de que la pintura evitaría su oxidación.

³ Esto fue escrito en el año 1774, cuando todavía no se conocían los electroimanes.



Figura 96. La cadena de hierro con el peso se mantiene derecha hacia arriba.

Pero esta explicación es inconsistente.

Si por este procedimiento (es decir, empleando la *atracción de un imán*) hubiera sido posible conseguir el equilibrio del féretro en un momento determinado, cualquier impulso, hasta el soplo más leve de aire, habría bastado para romper este equilibrio. Entonces el féretro se hubiese caído al suelo o se hubiera pegado al techo. Mantener el féretro inmóvil en estas condiciones es tan imposible como hacer que un cono descansa sobre su vértice, aunque teóricamente esto último es posible.

No obstante, un fenómeno como el del "féretro de Mahoma" se puede realizar por medio de imanes, pero no aprovechando las *atracciones* mutuas, sino al contrario, las *repulsiones* mutuas. (El hecho de que los imanes no sólo pueden atraerse, sino también repelerse, es cosa que olvidan hasta los que hace poco estudiaron Física.)

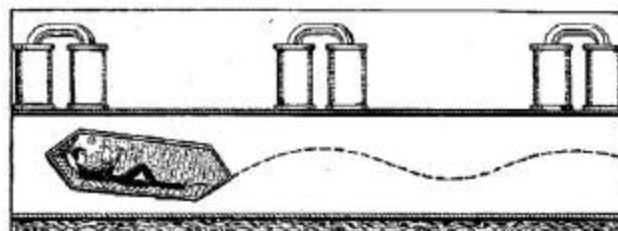


Figura 97. Un vagón que se mueve a gran velocidad sin rozamiento: "Ferrocarriil" proyectado por el profesor B. P. Veinberg.

Como sabemos, los polos magnéticos de igual nombre se repelen entre sí. Por lo tanto, dos vigas imanadas, situadas de forma que sus polos de igual nombre se encuentren enfrentados entre sí, deberán repelerse, y si el peso de la viga superior se elige convenientemente, no es difícil conseguir que quede suspendida sobre la inferior, sin tocarla, y en equilibrio estable. Lo único que hace falta es poner unos postes de material no magnético - por ejemplo, de vidrio - , que prevengan la posibilidad de que el imán superior gire en el plano horizontal. En estas condiciones sí se podría encontrar en el aire el legendario féretro de Mahoma.

Hechos de este tipo pueden realizarse aprovechando la *atracción* magnética, pero solamente cuando se trata de cuerpos que se mueven. En esta idea se basa un proyecto muy interesante de "ferrocarril" magnético (fig. 97), propuesto por el físico soviético B. P. Veinberg. Es un proyecto tan instructivo, que todo el que se interese por la Física debe conocerlo.

[Volver al inicio](#)

TRANSPORTE ELECTROMAGNETICO

En el "ferrocarril" propuesto por el profesor B. P. Veinberg los vagones serán *totalmente ingravidos*. Su peso será anulado por la atracción magnética. Por esto, que nadie se sorprenda al saber que estos vagones no se moverán rodando sobre raíles, ni flotando sobre agua, ni planeando en el aire. Irán volando sin apoyarse en nada, colgados de los hilos invisibles de las fuerzas magnéticas de unos poderosos imanes. No experimentarán ni el menor rozamiento y, por consiguiente, una vez puestos en movimiento conservarán su velocidad, por inercia, sin necesidad de locomotora. Esto se consigue del modo siguiente:

Los vagones se mueven dentro de un tubo de cobre en el que se hace el vacío, para que el aire no ofrezca resistencia al avance de los vagones. El rozamiento con el suelo se evita por el hecho de que *los vagones se mueven sin tocar las paredes*, suspendidos en el vacío por la fuerza de unos potentes electroimanes. Estos últimos se encuentran instalados sobre el tubo, distribuidos a determinadas distancias entre sí, a todo lo largo del camino. Estos electroimanes atraen hacia sí los vagones *de hierro* que se mueven por el tubo y no dejan que se caigan. La fuerza de los imanes está calculada de manera que el vagón de hierro se halla siempre entre el "techo" y el "suelo" del tubo, sin entrar en contacto con ellos. Cada electroimán atrae al vagón que pasa por debajo, pero éste no llega hasta el techo, ya que experimenta la acción de la gravedad. Cuando el vagón parece que va a tocar el suelo, se vuelve a elevar atraído por el electroimán siguiente ... De esta forma, atraído constantemente por los electroimanes, el vagón avanza rápidamente siguiendo una línea ondulada, sin rozamiento, sin empujones, en el vacío, lo mismo que un planeta en el espacio. ¿Cómo son los vagones? Los vagones tienen la forma de cigarro puro. Su altura es de 90 cm y su longitud de 2,5 m. Se cierran herméticamente - puesto que se mueven en el vacío -, y están provistos de aparatos que depuran el aire, lo mismo que los submarinos.

Los vagones se ponen en marcha por un procedimiento completamente diferente a todos los empleados hasta ahora. Se puede comparar únicamente con el disparo de un cañón. Y en efecto, los vagones se "disparan" lo mismo que un proyectil, con la única diferencia de que el "cañón" que se utiliza es electromagnético. El mecanismo de la estación de partida se basa en la propiedad que tienen los alambres arrollados en forma de carrete ("solenoides") de atraer una barra de hierro cuando por ellos se hace pasar la corriente eléctrica. Esta atracción es tan rápida, que la barra, (si la longitud del devanado y la intensidad de la corriente son suficientes) adquiere una velocidad enorme. Esta es la fuerza que lanzará los vagones del nuevo "ferrocarril". Y como dentro del túnel no existe rozamiento, la velocidad de los vagones no disminuye, con lo que pueden seguir su viaje por inercia hasta que no los pare el solenoide de la estación de destino.

A continuación damos algunos de los detalles publicados por el propio autor:

"Los experimentos que realicé en los años 1911-1913 en el laboratorio de Física del Instituto tecnológico de Tomsk, tuvieron lugar en un tubo de cobre (de 32 cm de diámetro) sobre el que se hallaban los electroimanes, y debajo de ellos, sobre una plataforma, el vagoncillo - un trozo de tubo de hierro con ruedas delante y detrás y con un tope, que era el que sufría el choque contra una tabla apoyada en un saco de arena cuando había que parar el vagón -- Este vagoncillo pesaba 10 kg. Se le podía comunicar una velocidad de cerca de 6 km por hora (mayor no podía ser porque lo impedían las dimensiones de la sala y las del anillo que formaba el tubo, que tenía 6,5 m de diámetro). Pero en el proyecto que he elaborado, si los solenoides de la estación de partida tienen una longitud de tres kilómetros, no será difícil comunicar a los vagones una velocidad de 800-1.000 km por hora. Y como en el tubo no hay aire, ni rozamientos con el suelo o el techo, no hay que gastar energía en mantener esta velocidad.

Aunque la construcción es cara, sobre todo el tubo de cobre, el hecho de que no existan gastos de energía en *mantener* la velocidad, ni maquinistas, conductores, etc., hace que el precio del transporte por kilómetro oscile entre varias milésimas y 1 ó 2 centésimas de kopeika. La capacidad de tránsito diario en una línea de doble tubo puede ser de 15.000 pasajeros o 10.000 toneladas de carga en cada dirección".

[Volver al inicio](#)

BATALLA DE LOS MARCIANOS CON LOS HABITANTES DE LA TIERRA

Plinio, el naturalista de la antigua Roma, transmite en uno de sus escritos una narración muy difundida en su época sobre la existencia, en un lugar de la India y a orillas del mar, de una peña imán que atraía con extraordinaria fuerza todos los objetos de hierro. Desgraciado del marino que se exponía a acercarse con su barco a esta peña. Todos los clavos, tornillos y grapas de hierro eran arrancados por la atracción y la nave se deshacía en una multitud de tablas sueltas.

Esta narración fue recogida después en los cuentos de las "Mil y una noches".

Naturalmente, esto no es más que una leyenda. Ahora sabemos que en realidad existen montañas magnéticas, es decir, montañas ricas en magnetita o piedra imán, como, por ejemplo, la famosa Magnitnaia Gorá (Monte Imán) a cuyo pie se alzan en la actualidad los altos hornos de Magnitogorsk. No obstante, la fuerza de la atracción de estas montañas es extraordinariamente pequeña. En cuanto a montañas o peñas del tipo que describe Plinio, ni existen ni han existido nunca en la Tierra.

Si hoy día se construyen barcos en los que no hay ni una sola pieza de hierro o acero, no es por temor a las peñas imán, sino para hacer más fácil el estudio del magnetismo terrestre. En los trabajos realizados de acuerdo con el programa del Año Geofísico Internacional (AGI) en los años 1957-1958 la Unión Soviética colaboró con un navío de este tipo (la goleta "Zariá"), no sujeto a la acción de las fuerzas magnéticas. En este barco todos los elementos de sujeción, los motores, las anclas, etc., no son de acero ni de hierro, sino de cobre, bronce, aluminio y otros metales no magnéticos.

El novelista científico Kurd Lasswitz utilizó la idea de la leyenda de Plinio en su novela "Auf Zwei Planeten" (En dos planetas), refundiéndola en un arma terrible a la que recurren los habitantes de Marte (llegados a la Tierra) en su lucha contra los ejércitos terrestres. Se trata de un arma magnética (o mejor dicho, electromagnética) que permite a los marcianos desarmar sin lucha a los habitantes de la Tierra antes de comenzar la batalla.

El novelista describe el episodio de la batalla entre marcianos y habitantes de la Tierra como sigue:

"Las filas relucientes de la caballería se lanzaron hacia adelante impetuosamente. Y parecía que la abnegación de las tropas obligaba ya a replegarse al poderoso enemigo (los marcianos - Y. P.), cuando entre sus naves aéreas se notó cierto movimiento. Se remontaron en el aire como si quisieran dejar el paso libre.

Pero al mismo tiempo descendió desde las alturas una masa oscura y extensa que hasta este momento no se había visto. Esta masa, que parecía un velo ondeante, estaba rodeada por todas partes de aeronaves y pronto se desplegó por todo el campo. La primera fila de jinetes entró en su esfera de acción y un momento después la extraña máquina se extendía sobre todo el regimiento. El efecto que causó fue sorprendente y monstruoso. Por el campo corrió un clamor de pánico. Hombres y caballos rodaron por el suelo hechos ovillos, mientras que en el aire flotaba una nube de picas, sables y carabinas que volaban estrepitosamente hacia la máquina y se adherían a ella.

El velo se deslizó hacia un lado y tiró a tierra el hierro recién recogido. Después volvió dos veces más. Parecía que segaba cuantas armas había en el campo. Ni una sola mano fue capaz de aguantar el sable o la pica.

Esta máquina era un nuevo invento de los marcianos que atraía con una fuerza irresistible todo lo que era de hierro o acero. Los marcianos utilizaban este imán volador para arrancar las armas de las manos de sus enemigos sin causarles ningún daño.

El imán aéreo pasó raudo en dirección a la infantería. En vano intentaron los soldados aferrarse a sus fusiles, la fuerza invencible del imán se los arrancaba de las manos. Los que no soltaron las armas volaron con ellas. En varios minutos estuvo desarmado todo el regimiento. La máquina se lanzó entonces en persecución de los regimientos que desfilaban por la ciudad, preparándoles la misma sorpresa.

La artillería corrió una suerte semejante".

[Volver al inicio](#)

LOS RELOJES Y EL MAGNETISMO

Al leer el trozo anterior es natural que nos preguntemos:

¿Es posible protegerse de la acción de las fuerzas magnéticas por medio de alguna barrera impenetrable para ella?

Sí, esto es posible. El fantástico invento de los marcianos podía haber sido neutralizado tomando previamente las medidas necesarias.

Aunque parezca extraño, el cuerpo impenetrable a las fuerzas magnéticas es el hierro, que tan fácilmente se imana. Una aguja magnética colocada *dentro* de un anillo de hierro no se desvía aunque fuera del anillo se ponga un imán.

Una *caja* de hierro puede proteger contra la acción de las fuerzas magnéticas el mecanismo de acero de un reloj de bolsillo. Si colocamos un reloj de oro sobre los polos de un imán de herradura potente, todas las piezas de acero de su mecanismo, y en primer lugar el muelle capilar del volante⁴, se imanar y el reloj deja de funcionar bien.



Figura 98. ¿Por qué no se imana el mecanismo de acero de este reloj?

Si después de esto retiramos el imán, el reloj seguirá funcionando mal, puesto que las piezas de acero continúan estando imanadas y el reloj necesita una reparación radical, que incluye la sustitución de algunas piezas del mecanismo. Por esto, no aconsejamos hacer estos experimentos con relojes de oro; resultan demasiado caros.

En cambio, para los relojes cuyo mecanismo está bien cerrado con tapas de hierro o acero este experimento no representa ningún peligro, ya que las fuerzas magnéticas no pasan a través del hierro ni del acero. Un reloj de este tipo se puede acercar al devanado de una dinamo potente sin que la regularidad de su marcha se altere lo más mínimo. Para los electricistas los relojes baratos, con caja de acero, son ideales, mientras que los de oro o de plata se estropean fácilmente por la acción de los imanes.

[Volver al inicio](#)

UN MOVIL "PERPETUO" MAGNETICO

En la historia de los intentos que se han hecho para inventar el móvil "perpetuo" el papel que ha desempeñado el imán no ha sido el último. Los inventores fracasados procuraron utilizar el imán para construir un mecanismo que se moviera eternamente a sí mismo. He aquí uno de los

⁴ Siempre que el muelle no esté hecho de la aleación llamada invar, que tiene la propiedad de no imanarse aunque en su composición entra hierro y níquel.

proyectos de "mecanismos" de este tipo (descrito en el siglo XVII por John Wilkins, ep scopo de Chester).

Un imán potente A se encuentra sobre un pedestal (fig. 99) en el que se apoyan dos planos inclinados M y N situados uno debajo del otro, con la particularidad de que el de arriba M tiene un pequeño agujero C en su parte superior, y el de abajo N est  encorvado. Si en el plano inclinado superior - razonaba el inventor - se coloca una bolita pequeña B de hierro, la atracción del imán A hará que esta bolita ruede hacia arriba; pero al llegar al agujero se colar  por él y caerá en el plano inclinado inferior N, por el que rodar  hacia abajo, y después de pasar por la parte curvada D, del extremo inferior del plano N, volver  al plano M y será atraída de nuevo por el imán hacia arriba. De esta forma se repetir  el ciclo. Por lo tanto, la bolita correrá hacia arriba y hacia abajo ininterrumpidamente, realizando un "movimiento perpetuo".

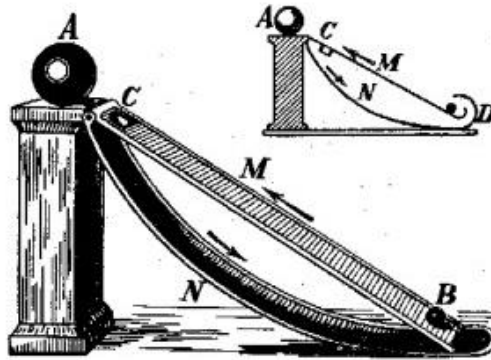


Figura 99. Otro "móvil perpetuo" ilusorio.

 Por qué es absurdo este invento?

La contestación no es difícil. El inventor pensaba que la bolita, después de bajar rodando por el plano inclinado N, tendrá suficiente velocidad para subir por la parte redondeada D. Esto ocurrirá si la bolita estuviera sometida únicamente a la acción de la gravedad, en cuyo caso rodar  aceleradamente. Pero en realidad se mueve bajo la acción de dos fuerzas: una, la gravedad, y otra, la atracción magnética. Esta última, por las propias condiciones del proyecto, es tan considerable que puede hacer que la bola suba desde B hasta C. Por esto, la bolita no bajar  por el plano N con movimiento acelerado, sino retardado y, si llega al extremo inferior, es seguro que no tendrá la velocidad suficiente para subir por la parte curva D.

Este proyecto salió a relucir muchas veces con distintas formas. Una de éstas, aunque parezca raro, fue patentada en Alemania en el año 1878, es decir, treinta años después de haber sido formulada la ley de la conservación de la energía! El inventor enmascaró de tal forma la idea absurda que serv  de base a su proyecto, que confundí a la comisión técnica encargada de conceder las patentes. Y aunque el reglamento establece que no deben concederse patentes a aquellos inventos que contradicen las leyes de la naturaleza, en esta ocasión fue patentado. El feliz poseedor de esta patente única en su género es seguro que se convencí pronto de la inutilidad de su creación, puesto que a los dos años dej  de pagar los impuestos y esta patente tan curiosa perdió su fuerza legal, es decir, el "inventor" pasó a ser del dominio público, aunque a nadie le hizo falta.

[Volver al inicio](#)

UN PROBLEMA DE MUSEO

En los museos se presenta con frecuencia el problema de que hay que leer pergaminos antiguos, tan viejos, que pueden fracturarse o desgarrarse en cuanto se intenta separar unas páginas de otras con las manos, aunque se haga con la mayor precaución.  C mo separar estas hojas?

La Academia de Ciencias de la URSS tiene un laboratorio especial que se dedica a la restauración de documentos y que se encarga de resolver este tipo de problemas. El caso que acabamos de mencionar se soluciona con ayuda de la electricidad. El pergamino se electriza; las páginas contiguas se cargan con electricidad del mismo signo y se repelen entre sí. De esta forma se pueden separar sin que se deterioren. Después ya es fácil para manos expertas abrirlas y pegarlas sobre papel resistente.

[Volver al inicio](#)

OTRO MOVIL "PERPETUO" IMAGINARIO

Entre los buscadores del movimiento perpetuo se ha generalizado mucho últimamente la idea de unir una dinamo con un motor eléctrico. Cada año llegan a mis manos cerca de media docena de proyectos de este tipo. Todos ellos se reducen a lo siguiente. Las poleas del motor eléctrico y de la dinamo se unen entre sí por medio de una correa sin fin y los hilos conductores de la dinamo se conectan al motor. Si se da un primer impulso a la dinamo, la corriente producida por ella pondrá en movimiento al motor y la energía de la rotación de este último, transmitida por medio de la correa sin fin a la polea de la dinamo, hará que ésta siga moviéndose. De esta forma - suponen los inventores -, estas dos máquinas se moverán la una a la otra y este movimiento no cesará hasta que no se desgasten.

La idea que acabamos de exponer atrae extraordinariamente a los inventores; pero todos los que intentaron ponerla en práctica vieron con sorpresa que ninguna de las dos máquinas funciona en estas condiciones. Era lo único que se podía esperar de este proyecto. Incluso en el caso ideal de que cada una de las máquinas que se unen tuviera un rendimiento del cien por ciento, solamente podrían funcionar sin interrupción si no existieran los rozamientos. La unión de una dinamo con un motor eléctrico (formando "grupo") es en esencia una máquina que, según el proyecto, debería moverse a sí misma. Si no existiera el rozamiento, este grupo, lo mismo que cualquier volante, se movería eternamente, pero este movimiento sería totalmente inútil, ya que en cuanto el "móvil" tuviera que realizar cualquier trabajo exterior se pararía en el acto. Tendríamos, pues un caso de "móvil perpetuo de segunda especie" pero no un motor de movimiento continuo. Como el rozamiento existe, el grupo no se moverá en absoluto.

Es extraño que a las personas que se sienten atraídas por esta idea no se les ocurran otras más simples para conseguir este mismo fin, por ejemplo, unir dos poleas cualesquiera por medio de una correa sin fin y hacer que gire una de ellas. Guiándonos por la misma lógica que en el caso anterior, podemos esperar que la primera polea arrastre con su movimiento a la segunda y que ésta a su vez, al girar, mantendrá el movimiento de la primera. Lo mismo se pueden conseguir con una sola polea; una vez puesta en marcha, su parte derecha tirará de la izquierda y ésta girará y mantendrá el movimiento de rotación de la parte derecha. La ingenuidad de estos dos últimos casos es demasiado evidente y por eso estos proyectos no inspiran a nadie. No obstante, los tres "móviles perpetuos" que hemos descrito se basan en el mismo error.

[Volver al inicio](#)

UN MOVIL CASI PERPETUO

Para un matemático la expresión "casi perpetuo" no tiene sentido. El movimiento puede ser perpetuo o no perpetuo; "casi perpetuo" quiere decir, en esencia, que *no es perpetuo*. Pero en la vida práctica esto no es lo mismo. Muchos se darían por satisfechos si consiguieran tener un móvil que, aunque no fuera totalmente perpetuo, sino "casi perpetuo", fuera capaz de funcionar cerca de mil años por lo menos. La vida del hombre es corta y, por lo tanto, mil años para nosotros es lo mismo que la eternidad. En este caso, las personas de mentalidad práctica es seguro que considerarían resuelto el problema del móvil perpetuo y pensarían que ya no había por qué romperse más la cabeza con él.

A estas personas podemos darles una alegría haciéndoles saber que ya ha sido inventado un móvil capaz de moverse durante 1.000 años. Mediante el desembolso correspondiente, pueden tener un móvil de éstos casi eterno. Este invento ni ha sido patentado ni representa

ningún secreto. El aparato a que nos referimos fue construido en el año 1903 por el profesor Strutt y se conoce generalmente con el nombre de "reloj de radio". Su estructura es bastante simple (fig. 100). Dentro de un recipiente de vidrio, del que se ha extraído el aire, se cuelga de un hilo de cuarzo B (que no conduce la electricidad) un tubito pequeño A que contiene varias milésimas de gramo de una *sal de radio*. En el extremo del tubo hay dos hojas de oro semejantes a las de los electros copios. Como sabemos, el radio emite rayos de tres tipos: alfa, beta y gama. En nuestro caso el papel principal lo desempeñan los rayos beta, que pasan con facilidad a través del vidrio y que están constituidos por un flujo de partículas con carga negativa (electrones). Las partículas que emite el radio en todas direcciones arrastran consigo la carga *negativa* y, por lo tanto, el tubito en que está el radio se va cargando *positivamente* poco a poco. Esta carga positiva pasa a las hojas de oro y hace que se separen.



Figura 100. Reloj de radio con "cuerda casi perpetua" para 1.600 años.

Al ocurrir esto, las hojas tocan las paredes del recipiente, pierden su carga (en los sitios correspondientes de las paredes hay pegadas unas tiras de hoja metálica, por las que sale la electricidad) y vuelven a juntarse. Pero pronto se acumula una nueva carga, las hojas se vuelven a separar, tocan de nuevo las paredes, les ceden su carga y se juntan otra vez para volver a electrizarse. Las hojas metálicas realizan una oscilación cada dos o tres minutos con la misma regularidad que un péndulo de reloj. A esto se debe la denominación de "reloj de radio". Este ciclo se repite años enteros, lustros, siglos, mientras el radio sigue emitiendo radiación. El lector comprenderá perfectamente que lo que tiene delante no es un móvil "perpetuo" sino simplemente un móvil "gratuito".

¿Durante cuántos años emite rayos el radio?

Se ha establecido que al cabo de 1.600 años la capacidad de radiación del radio se debilita hasta la mitad. Por esto, los relojes de radio marcharán sin interrupción mil años por lo menos, aunque las frecuencias de sus oscilaciones irán disminuyendo como consecuencia de la debilitación de la carga eléctrica. Si en los primeros tiempos de la Rusia hubieran hecho relojes de este tipo, hasta ahora seguirían marchando.

¿Tiene alguna aplicación práctica este motor "gratuito"?

No, porque su potencia, es decir, la cantidad de trabajo que realiza en un minuto es tan insignificante, que no puede accionar ningún mecanismo. Para conseguir resultados más o menos tangibles hay que disponer de unas reservas de radio mucho mayores. Teniendo en

cuenta que el radio es un elemento muy escaso en la naturaleza y, por consiguiente, muy caro, hay que reconocer que un motor "gratuito" de este tipo resultaría francamente ruinoso, además de que representaría un peligro mortal para los que trabajasen con él, debido precisamente a su radiación.

Las reservas de energía encerradas en lo más profundo de los átomos, en el llamado núcleo atómico, son enormes. Su utilización puede proporcionar cantidades inagotables de energía. Este es un problema que se está resolviendo ante nuestros ojos.

[Volver al inicio](#)

EL GANSO INSACIABLE

Entre los juguetes infantiles hay uno, procedente de China, que despierta la curiosidad de todo el que lo ve. Se llama el "ganso insaciable" o "ganso de Khattabytch". A este gansito se le pone delante una tacita con agua; él se inclina, mete el pico en el agua, "bebe" y se pone derecho. Así permanece cierto tiempo. Después se va inclinando poco a poco, vuelve a meter el pico en el agua, "bebe" y otra vez se endereza. Este gansito es un representante típico de los motores "gratuitos". El mecanismo que origina su movimiento es muy ingenioso. El "cuerpo del ganso" (fig. 101) está formado por un tubo de vidrio que termina por su parte superior en una esferita que figura ser la cabeza con el pico.



Figura 101. El ganso insaciable.

El extremo inferior, abierto, de este tubo entra dentro de una ampolla esférica cerrada herméticamente. Esta ampolla se llena de un líquido cuyo nivel queda un poco más alto que el extremo abierto del tubo.

Para que el ganso se "anime" hay que humedecerle la cabeza con agua. Una vez hecho esto conservará su posición vertical durante cierto tiempo, puesto que la ampolla inferior llena de líquido es más pesada que la cabeza. Pero observemos atentamente lo que ocurre después. Notamos que el líquido se va elevando por el tubo (fig. 102). Cuando llega al extremo superior, la parte de arriba consigue pesar más que la de abajo y el ganso se inclina hacia adelante y mete el pico en el agua. Cuando se pone horizontal, el extremo abierto del tubo queda más alto que el nivel del líquido que hay en la ampolla y el líquido del tubo vuelve a la ampolla. La "cola" se hace otra vez más pesada que la cabeza y el ganso retorna a su posición vertical. Con esto hemos comprendido el lado mecánico del problema, que consiste en que el movimiento del líquido hace que varíe la distribución del peso con respecto al eje, es decir, produce un desplazamiento del centro de gravedad. Pero, ¿qué es lo que hace que el líquido suba por el tubo?

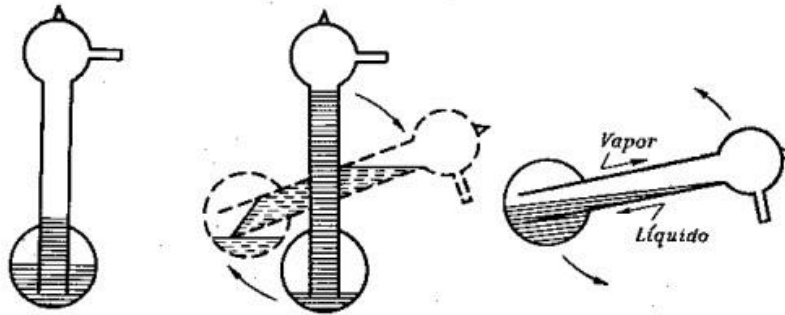


Figura 102. El "secreto" del ganso insaciable

El líquido que hay dentro del ganso - éter - se evapora con mucha facilidad a la temperatura ambiente y la presión que ejerce el vapor saturado del éter varía mucho al variar la temperatura.

Cuando el ganso está en posición vertical se pueden considerar separadamente dos zonas de vapor de éter: una, el tubo con la cabeza, y otra, la ampolla de la cola.

La cabeza del pato tiene una propiedad muy importante, que consiste en que cuando está húmeda su temperatura es algo inferior a la del medio ambiente. Esto es fácil de conseguir haciendo dicha cabeza de un material poroso que absorba bien el agua y que permita que la humedad se evapore intensamente: Recordemos ahora los razonamientos que hicimos en el capítulo séptimo. La evaporación intensa va acompañada de una disminución de la temperatura de la cabeza del ganso, en comparación con la del tubo y la de la ampolla inferior. Esto hace a su vez que disminuya la presión del vapor saturado en la ampolla superior, lo que da lugar a que la presión del vapor que se encuentra en la parte inferior, que es mayor, obligue al líquido a subir por el tubo. En estas condiciones se produce el desplazamiento del centro de gravedad y el cuerpo del ganso se pone horizontal. Mientras está en esta posición se realizan dos procesos independientes entre sí. En primer lugar, el ganso mete su "pico" en el agua y con esto humedece otra vez la funda de guata que lleva en la cabeza. En segundo lugar, se mezcla el vapor saturado que llena ambas partes, superior e inferior, se equilibra la presión (al mismo tiempo que la temperatura del vapor de éter se eleva un poco a costa del calor del aire circundante) y el líquido que había en el tubo desciende por su propio peso a la ampolla inferior. Después de esto el ganso se pone derecho. Este juguete funciona sin parar mientras se moje la funda de guata que tiene en la cabeza y siempre que la humedad del aire en que se encuentra no sea excesiva. Esta última condición hace que la evaporación sea normal y, por lo tanto, que se produzca la disminución relativa de la temperatura de la cabeza. De esta forma, el movimiento de este ganso mágico se debe al calor del aire que lo rodea y que se renueva constantemente. Se trata, pues, de un móvil "gratuito", pero no "perpetuo".

[Volver al inicio](#)

¿CUANTOS AÑOS HACE QUE EXISTE LA TIERRA?

El estudio de las leyes de la desintegración de los elementos radiactivos ha puesto en manos de los investigadores un método seguro para calcular la edad de la Tierra.

¿Qué es la desintegración radiactiva? Esto es la transformación "espontánea" (es decir, que no está provocada por causas externas) de unos átomos en otros. Esta transformación es muy interesante porque no se deja influir por acciones externas. La disminución o el aumento de la temperatura, de la presión, etc., no ejercen ninguna influencia sobre la velocidad con que se desarrolla este proceso⁵. Los elementos como el uranio, el torio y el actinio, contenidos en algunos minerales, son los miembros iniciales de las correspondientes series de

⁵ Para que existiera esta influencia sería necesaria una temperatura de decenas de millares de millones grados.

elementos radiactivos. Cada una de estas series es una sucesión de elementos radiactivos que se transforman unos en otros. El producto final de todas estas transformaciones, en los tres casos, es el plomo, que según de qué serie proviene se distingue un poco de su "peso atómico" ordinario. Así, si el átomo de plomo ordinario es 207 veces y pico más pesado que el de hidrógeno, el del plomo en que termina la serie del uranio es 206 veces, el de la serie del torio, 208 y el de la del actinio, 207. Por esto se pueden distinguir cada uno de los demás. Durante estas transformaciones los átomos que se desintegran emiten los llamados rayos alfa. Esta emisión es un flujo de partículas materiales cargadas, que son átomos de helio, gas inerte muy ligero. Estas partículas, que tienen una velocidad enorme en el momento de liberarse, pierden su carga positiva y se quedan en el mineral en forma de helio ordinario. Por esto se explica que exista helio en todos los minerales radiactivos.

Pero el cálculo de la edad de los minerales por la cantidad de helio que contienen puede dar unos resultados muy poco exactos, puesto que el helio tiene la propiedad de volatilizarse, como todos los gases ligeros. Parecía que el resultado más exacto del cálculo antedicho se podría obtener partiendo de la cantidad de plomo acumulada en el mineral. A principios de la década del 40 de nuestro siglo, el geólogo inglés Holmes, partiendo del cálculo cuantitativo de las variedades de plomo de distintos yacimientos, dedujo que la edad de la Tierra es de 3,5 millares de millones de años.

Pero en realidad lo que determinó Holmes no fue la edad de la Tierra, sino la de la corteza terrestre, basándose además en la hipótesis anticuada de que la Tierra se formó de una condensación de gases incandescentes desprendida del Sol.

En los años 1951-1952, el académico A. P. Vinográfov analizó detenidamente todos los datos disponibles y llegó a la conclusión de que no es posible determinar la edad de la corteza terrestre fundándose exclusivamente en los datos relativos al plomo. Lo único que se puede hacer es afirmar que esta edad no es mayor de 5 mil millones de años. Pero al mismo tiempo se han encontrado minerales cuya edad se ha calculado en 3 mil millones de años. Basándose en los datos sobre la velocidad de desintegración y en la cantidad existente de dos isótopos del uranio (cuyos pesos atómicos son respectivamente 235 y 238), se puede calcular que la edad de la Tierra es de 5-7 mil millones de años.

Partiendo de estos y de otros datos, se puede admitir que la Tierra tiene 6 mil millones de años. La exactitud de este cálculo se confirma por el hecho de que este mismo resultado se obtiene por métodos totalmente distintos⁶.

Seis mil millones de años es una cifra descomunal comparada, no ya con la vida de un hombre, sino con la de toda la historia de la humanidad.

[Volver al inicio](#)

LOS PAJAROS Y LOS CABLES DE ALTA TENSION

Todo el mundo sabe lo peligroso que es para el hombre el contacto con los cables del tranvía o de las líneas eléctricas de alta tensión. Este contacto es mortal tanto para el hombre como para el ganado mayor. Se conocen casos en que la corriente ha matado vacas que han tropezado con cables caídos.

¿Cómo se explica entonces que los pájaros puedan posarse en los cables sin que les ocurra nada? Esto es un hecho que se puede ver a cada momento (fig. 103).

Para poder comprender estas contradicciones hay que tener en cuenta lo siguiente: el cuerpo del pájaro posado en el cable forma una especie de ramificación de la red, cuya resistencia es enorme en comparación con la de la otra rama (es decir, con la del trozo de cable que hay entre las patas del pájaro). Por esta razón, la intensidad de la corriente que pasa por esta ramificación (cuerpo del pájaro) es insignificante e inofensiva. Pero si este mismo pájaro, estando posado en el cable, tocara el poste con un ala, con la cola o con el pico, o tuviera

⁶ Los problemas relacionados con el origen de la Tierra y de los demás planetas y con sus edades, composición y estructura, se tratan de una forma muy comprensible en el libro de B. Y. Levin *'Origen de la Tierra y de los planetas'*. (N. de la R.)

contacto con tierra de cualquier forma, perecería electrocutado en el acto, puesto que la corriente pasaría a la tierra a través de su cuerpo. Esto ocurre con frecuencia⁷.

*

* *

Fig. 103. Los pájaros se posan impunemente en los cables eléctricos. ¿Por qué?

Los pájaros tienen la costumbre de posarse en los soportes de las líneas de alta tensión y limpiarse el pico frotándolo con el cable conductor. Como el soporte no está aislado, el contacto del pájaro (que está en comunicación con tierra) con el cable (por el que pasa la corriente) resulta fatal. Una idea de lo frecuentes que son estos casos nos la puede dar el hecho de que en Alemania se tomaron medidas especiales para proteger a los pájaros. Con este fin se colocaron unas alcándaras en los soportes de las líneas de alta tensión para que los pájaros pudiesen posarse y limpiarse el pico sin peligro de morir electrocutados (fig. 104). En otros casos, los sitios peligrosos se proveen de dispositivos que impiden que los pájaros tengan contacto con ellos.

Las líneas de alta tensión son ya tan numerosas, que teniendo en cuenta los intereses de la agricultura y silvicultura es necesario tomar medidas para proteger las aves contra el exterminio por electrocución.

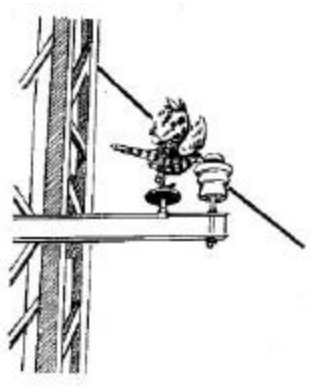


Figura 104. Alcándaras aisladoras para los pájaros en los soportes de las líneas de alta tensión.

[Volver al inicio](#)

A LA LUZ DE UN RELAMPAGO

¿Ha tenido usted ocasión de ver el cuadro que ofrece una calle populosa a la luz de un relámpago? Figúrese que le ha sorprendido una tormenta en una calle muy animada. A la luz de un relámpago notará usted un fenómeno extraño; la calle, en que hasta entonces todo era movimiento, parece que se petrifica en ese instante. Los caballos se paran en posturas

⁷ Los procesos mortales que se producen en un organismo vivo *dependen íntegramente de la intensidad de la corriente* que pasa por él. Pero como el organismo tiene una resistencia eléctrica determinada, la corriente que pasa por él viene determinada por la tensión con respecto al suelo. (*N. de la R.*)

forzadas, manteniendo las patas en el aire; los carruajes se inmovilizan y puede verse perfectamente cada uno de los radios de sus ruedas.

La causa de esta aparente inmovilidad es la insignificante duración del relámpago. Los relámpagos, lo mismo que todas las descargas eléctricas duran poquísimo, tan poco, que esta duración no puede apreciarse con los medios ordinarios. Por procedimientos indirectos se ha podido comprobar que la duración de un relámpago oscila entre 0,001 y 0,02 segundos⁸. En un lapso tan pequeño poco es lo que se puede mover de forma sensible a la vista. Por esto no tiene nada de extraño que una calle bulliciosa parezca inmóvil a la luz de los relámpagos, puesto que en ella podemos ver solamente lo que dura menos de una milésima de segundo. En este tiempo cada radio de las ruedas de un carruaje que marche de prisa se pueden desplazar una fracción insignificante de milímetro, cosa que la vista percibe igual que la absoluta inmovilidad. Esta impresión es todavía más fuerte porque la sensación visual persiste en la retina mucho más tiempo que el que dura el relámpago.

[Volver al inicio](#)

¿CUANTO CUESTA UN RAYO?

En la época en que los rayos se atribuían a los "dioses" esta pregunta hubiera parecido una profanación. Pero ahora, cuando la energía eléctrica se ha convertido en una mercancía que se mide y se tasa lo mismo que otra cualquiera, no debe parecer absurdo que querramos saber lo que vale un rayo. El problema, pues, consiste en determinar la cantidad de energía eléctrica necesaria para que se produzca una descarga atmosférica y calcular su precio de acuerdo con la tarifa establecida para el alumbrado eléctrico.

Hagamos este cálculo. Según los datos más modernos el potencial de una descarga atmosférica es igual a 50 millones de voltios. La intensidad máxima de la corriente se calcula en 200 mil amperios (se determina por el grado de imitación que produce en una barra de acero la corriente que pasa por su devanado cuando el rayo cae en el pararrayos). La potencia en vatios se puede hallar multiplicando el número de voltios por el de amperios, pero al hacer esto hay que tener en cuenta que mientras se produce la descarga el potencial baja hasta cero; por lo tanto, al hacer el cálculo de la potencia de la descarga hay que tomar el potencial medio, es decir, la mitad de la tensión inicial. Según esto tenemos:

la potencia de la descarga = $50.000.000 \times 200.000 / 2$,
es decir,
5.000.000.000.000 de vatios, o 5 mil millones de kilovatios.

Cuando vemos esta respetable serie de ceros pensamos que el precio del rayo vendrá expresado también por una cifra enorme. Pero para obtener la energía en kilovatios-hora (es decir, como figura en los recibos de la luz eléctrica), hay que tener en cuenta el tiempo. La enorme potencia que acabamos de calcular actúa durante cerca de una milésima de segundo. En este tiempo se gastan $5.000.000.000.000 / 3.600.000.000 \approx 1.400$ kilovatios-hora. Cada kilovatio-hora cuesta, según la tarifa de la central eléctrica, 4 kopeikas. De aquí se deduce que un rayo costará:

$$1.400 \times 4 = 5.600 \text{ kopeikas} = 56 \text{ rublos.}$$

El resultado es sorprendente: un rayo, cuya energía es cien veces mayor que la necesaria para hacer un disparo de cañón de grueso calibre, costaría nada más que ... ¡56 rublos! También es interesante conocer hasta que punto se ha aproximado la electrotecnia moderna a la posibilidad de producir artificialmente un rayo. En los laboratorios se han conseguido tensiones de 3-5 millones de voltios y chispas de 15 m de longitud. Ambos factores son solamente varias decenas de veces menores que los de los rayos naturales.

⁸ Los relámpagos entre dos nubes duran hasta 1,5 segundos. (N. de la R.)

[Volver al inicio](#)

UN CHAPARRON DE TORMENTA EN CASA

En casa se puede hacer con facilidad una fuente pequeña con un tubo de goma, uno de cuyos extremos se sumerge en un cubo colocado en alto o se enchufa a un grifo.

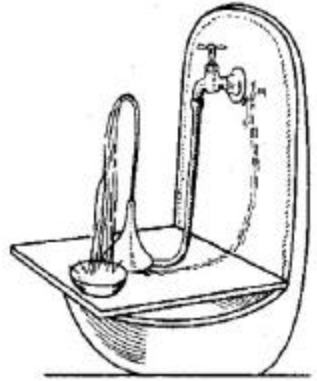


Figura 105. Un chaparrón de tormenta en miniatura.

El orificio de salida del tubo debe ser pequeño, para que resulte un surtidor de chorritos finos. Lo mejor para conseguir esto es poner como boquilla, en el extremo libre del tubo, un trocito de lápiz del que se haya sacado previamente la barra de grafito. Para mayor comodidad, el extremo libre del tubo se puede sujetar en un embudo invertido, como se muestra en la fig. 105.

Si esta fuente se regula de forma que el chorro suba verticalmente hasta medio metro de altura y se le acerca una barra de lacre o de ebonita (después de frotarla con un paño) veremos algo inesperado. Los chorritos que antes caían separados se unen ahora entre sí formando uno solo, el cual, al chocar con el fondo del plato que recoge el agua, produce un ruido considerable. Este ruido recuerda el sonido característico que producen los chaparrones de tormenta. "No cabe duda - dice el físico inglés Boys -, por esta misma causa son tan gruesas las gotas de lluvia durante las tormentas". En cuanto separamos la barra de lacre el chorro vuelve a desmenuzarse, y en lugar del sonido característico se vuelve a oír el suave murmullo del chorrito dividido.

En presencia de un público profano se puede demostrar este experimento como un truco de ilusionista, en el que la barra de lacre hará las veces de "varita de

El efecto que produce la carga eléctrica sobre la fuente se debe a lo siguiente: las gotitas de agua se electrizan por influencia, con la particularidad de que las partes de las gotas más próximas al lacre se electrizan positivamente y las opuestas, negativamente.

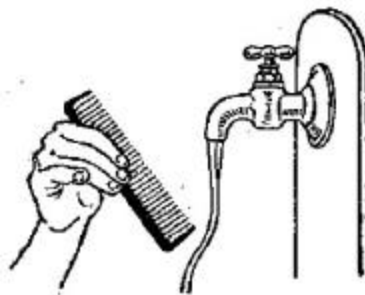


Figura 106. El chorro de agua se desvía cuando se le acerca un peine electrificado.

De esta forma, las partes de las gotas electrizadas con cargas de signo contrario se encuentran próximas entre sí y se atraen, con lo que hacen que se unan las gotas.

La acción de la electricidad sobre el chorro de agua se puede observar también de una forma más sencilla. Para esto no hay mas que acercar un peine de ebonita (después de pasarlo por los cabellos) a un chorrito de agua fino, que a este propósito se deja salir del grifo del lavado. El chorro se hace compacto y se desvía sensiblemente en dirección al peine (fig. 106). Este fenómeno está relacionado con la variación que experimenta la tensión superficial en presencia de una carga eléctrica y es más difícil de explicar que el anterior.

Aunque de pasada, señalaremos también que los cuerpos se cargan fácilmente de electricidad por frotamiento. Las correas de transmisión, por ejemplo, se electrizan al rozar con las poleas. Las chispas eléctricas que saltan de estas correas constituyen un peligro de incendio en algunas industrias. Para evitar esto, las correas se platean. Una tenue capa de plata es suficiente para que las correas sean conductoras de la electricidad y las cargas no se acumulen en ellas.

[Volver al inicio](#)