

Capítulo Segundo

La Gravedad y el Peso la Palanca, la Presión

¡Levántese!

Si lo dijéramos a alguien: «Ahora se sentará usted en esa silla de tal manera, que, sin estar atado, no podrá levantarse», lo más probable es que lo tomase a broma.

Pero hagamos la prueba. Sentémonos como indica la fig. 13, es decir, con el cuerpo en posición vertical y sin meter las piernas debajo de la silla e intentemos ponernos de pie, sin cambiar la posición de las piernas y sin echar el cuerpo hacia adelante.



Fig. 13 En esta postura es imposible levantarse de la silla.

¿Qué, no hay manera? Por más que tensemos nuestros músculos, no conseguiremos levantarnos de la silla, mientras no pongamos los pies debajo de ella y no inclinemos el cuerpo hacia adelante.

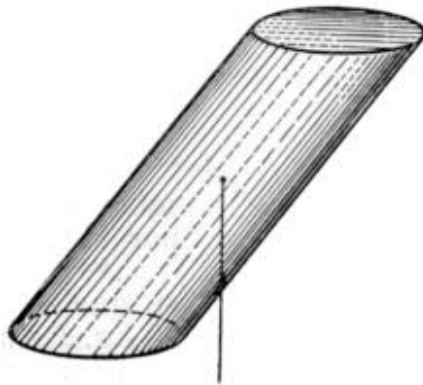
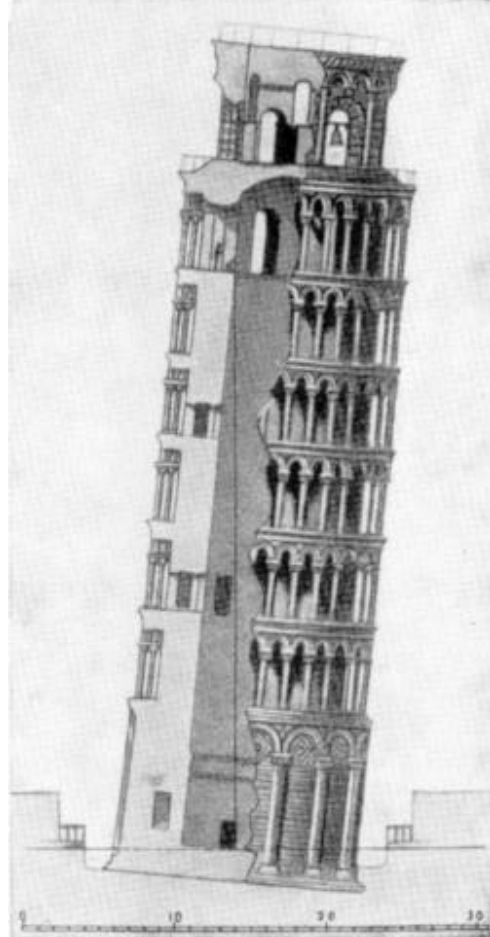


Fig. 14. Este cilindro debe volcarse, puesto que la vertical de su centro de gravedad no pasa por la base.

Para comprender por qué ocurre esto, tendremos que hablar un poco del equilibrio de los cuerpos en general y del equilibrio del cuerpo humano en particular. Para que un objeto cualquiera colocado verticalmente no se vuelque, es necesario que la vertical que pasa por su centro de gravedad no se salga fuera de la base de dicho objeto. Por esta razón, el cilindro inclinado de la fig. 14 tiene que volcarse. Pero si este mismo cilindro fuera tan ancho, que la vertical trazada por su centro de gravedad no se saliera de los límites de su base, no se volcaría.



Figuras 15 a y 15 b

Las llamadas torres inclinadas de Pisa, Bolonia o Arcángel (fig. 15) no se caen, a pesar de su inclinación, porque la vertical de sus centros de gravedad no rebasa los límites de sus bases (otro motivo, pero de segundo orden, es la profundidad a que sus cimientos se hunden en tierra).

Una persona puesta de pie no se cae, mientras la vertical de su centro de gravedad está comprendida dentro de la superficie limitada por los bordes exteriores de las plantas de sus pies (fig. 16). Por esto es tan difícil mantenerse sobre un solo pie y aún más sobre guardar el equilibrio en el alambre, ya que en estas condiciones la base es muy pequeña y la vertical del centro de gravedad puede rebasar sus límites fácilmente. ¿Os habéis fijado en la manera de andar que tienen los "lobos de mar»? Pues se explica, porque toda su vida la pasan en el barco, cuyo suelo se balancea y hace que la vertical de sus centros de gravedad pueda salirse en cualquier momento de los límites del espacio limitado por las plantas de sus pies.

Por esto, los marineros adquieren la costumbre de andar de manera que su cuerpo tenga la mayor base posible, es decir, separando mucho los pies. De esta forma consiguen tener la estabilidad necesaria cuando están en la cubierta de su barco y ésta se balancea, pero, como es natural, esta costumbre de andar la conservan cuando lo hacen por tierra firme.

Podemos citar ejemplos de lo contrario, es decir, de cómo la necesidad de guardar el equilibrio obliga a adoptar bellas posturas. Adviértase el aspecto elegante que tienen las personas que llevan algún peso sobre la cabeza (un cántaro, por ejemplo).

Fig. 16. Cuando una persona está en pie, la vertical de su centro de gravedad pasa por la superficie limitada por las plantas de sus pies.



Para poder llevar este peso hay que mantener la cabeza y el cuerpo derechos, ya que la más pequeña inclinación representa un peligro de que el centro de gravedad (que en estos casos se encuentra más alto que de ordinario) se desplace y se salga del contorno de la base del cuerpo, con lo cual la figura perderá el equilibrio.

Volvamos a ocuparnos ahora del experimento con la persona sentada que no puede ponerse en pie. El centro de gravedad de una persona sentada se encuentra dentro de su cuerpo, cerca de la columna vertebral y a unos 20 centímetros sobre el nivel del ombligo. Si trazamos desde este punto una vertical hacia abajo, esta línea pasará por debajo de la silla y más atrás que las plantas de los pies. Pero para que esta persona pueda levantarse, la línea en cuestión deberá pasar entre dichas plantas.

Es decir, que para levantarnos tenemos que echar nuestro cuerpo hacia adelante, desplazando así nuestro centro de gravedad en esta misma dirección, o correr los pies hacia atrás, para hacer que el punto de apoyo se encuentre debajo del centro de gravedad. Esto es lo que generalmente hacemos cuando nos levantamos de una silla. Pero cuando no se nos permite ni lo uno ni lo otro, como en el caso del experimento anteriormente descrito, es muy difícil levantarse.

Andar y Correr

Lo que hacemos decenas de millares de veces cada día, durante toda la vida, son cosas bien sabidas. Esta es la opinión general, pero no siempre es justa. Un buen ejemplo, que confirma lo dicho, lo tenemos en el andar y el correr. ¿Qué podemos saber mejor que estos dos tipos de movimiento? Sin embargo, ¿son acaso muchas las personas que tienen una idea clara de cómo se desplaza nuestro cuerpo al andar y al correr y de la diferencia que hay entre estos dos tipos de movimiento? Veamos lo que dice sobre el andar y el correr la fisiología¹. Para la mayoría de los lectores esta descripción será algo completamente nuevo.

«Supongamos que un hombre descansa sobre uno de sus pies, por ejemplo, sobre el derecho. Figurémonos ahora que este hombre levanta el talón, al mismo tiempo que inclina el cuerpo hacia

¹ El trozo que citamos a continuación está tomado de las «Conferencias sobre zoología» del profesor Paul Bier; las ilustraciones han sido añadidas por el autor.

adelante². En esta situación, la perpendicular bajada desde su centro de gravedad se sale, lógicamente, de la superficie básica de apoyo y el hombre debe caerse también hacia adelante.



Fig. 17. Así anda el hombre. (Posiciones sucesivas del cuerpo al andar.)

Pero en cuanto se inicia esta caída, la pierna izquierda, que está en el aire, se adelanta rápidamente y va a posarse en el suelo por delante de la perpendicular del centro de gravedad, de forma, que ésta queda dentro de los límites de la superficie comprendida entre las líneas que unen entre sí los puntos de apoyo de ambos pies. De esta manera se restablece el equilibrio y el hombre termina de dar un paso.

El peatón puede pararse en esta posición, aunque es bastante incómoda. Pero si quiero seguir avanzando, inclina aún más su cuerpo hacia adelante, traslada la perpendicular de su centro de gravedad fuera de los límites de la superficie de apoyo y, en el momento en que siente el peligro de caerse, vuelve a lanzar hacia adelante la pierna correspondiente, es decir, la derecha, dando así un nuevo paso, etc.

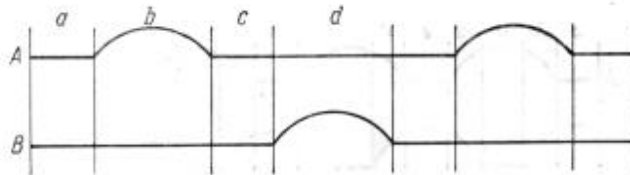


Fig. 18. Representación gráfica del movimiento de los pies al andar. La línea superior (A) corresponde a un pie; la inferior (B), al otro. Las partes rectas representan los momentos en que el pie se apoya en el suelo; los arcos, los momentos en que el pie se mueve sin apoyarse en ninguna parte. En este gráfico puede verse, como durante el período de tiempo *a* ambos pies se apoyan en el suelo; durante *b*, el pie A está en el aire, mientras que pie B sigue apoyándose en el suelo; durante *c*, otra vez se apoyan ambos pies. Cuanto más deprisa se ande, más cortos serán los intervalos *a* y *c* (compárese con el gráfico del movimiento de los pies al correr).

Por consiguiente, el andar no es más que una sucesión de caídas hacia adelante, las cuales se evitan a su debido tiempo trasladando la pierna que se había quedado atrás y apoyándose en ella.

² En este momento, el pie del peatón, al desprenderse de la superficie en que se apoya, ejerce sobre ella una presión complementaria de cerca de 20 kg. De aquí se deduce que las personas que andan, presionan más sobre la tierra que las que están paradas. - Y.P.

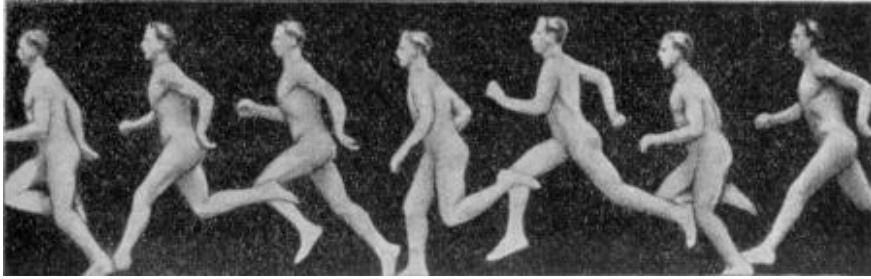


Fig. 19. Así corre el hombre. (Posiciones consecutivas del cuerpo durante la carrera; Obsérvese que en algunos momentos ambos pies están en el aire.)

Examinemos más de cerca este proceso. Supongamos que se ha dado el primer paso. En este momento el pie derecho está aún en contacto con el suelo y el izquierdo acaba de posarse en él. Pero si el paso no ha sido demasiado corto, el talón derecho debe haberse levantado, ya que este levantamiento del talón es el que obliga al cuerpo a inclinarse hacia adelante y a perder el equilibrio. Al dar el paso, lo primero que toca el suelo es el talón del pie izquierdo. Más tarde, cuando toda la planta de este pie se sienta en el suelo, el pie derecho se levanta y queda totalmente en el aire. Al mismo tiempo, la pierna izquierda, que estaba algo doblada por la rodilla, se endereza, al contraerse el músculo anterior del muslo (cuadríceps crural), y momentáneamente toma la posición vertical.

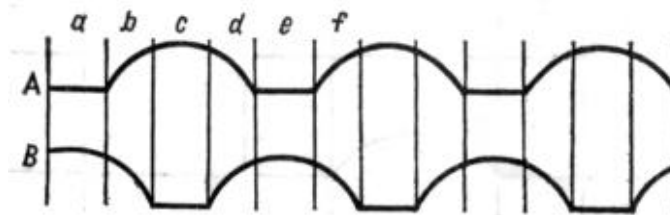


Fig. 20. Representación gráfica del movimiento de los pies al correr (compárese con la Fig. 18). Este gráfico muestra cómo hay algunos momentos (b, d, f) en que la persona que corre tiene ambos pies en el aire. En esto consiste la diferencia entre correr y andar.

Esto permite a la pierna derecha, que está medio doblada, desplazarse hacia adelante sin tocar el suelo, y, siguiendo el movimiento del cuerpo, posar su talón en el preciso momento en que comienza el paso siguiente.

Con esto, comienza una nueva serie de idénticos movimientos con la pierna izquierda, la cual, en este momento, se apoya en tierra solamente con los dedos y poco después tiene que levantarse y quedar suspendida en el aire.

El correr se distingue del andar, en que la pierna que se apoya en el suelo, mediante una contracción instantánea de sus músculos, se extiende con energía y lanza todo el cuerpo hacia adelante, de forma, que este último queda durante un momento totalmente separado de la tierra. Después, vuelve a caer sobre la otra pierna, la cual, mientras el cuerpo se encontraba en el aire, se trasladó rápidamente hacia adelante. Es decir, la carrera consta de una serie de saltos de una pierna a otra».

En cuanto a la energía que emplea el hombre al ir andando por un camino horizontal, no es igual a cero, como piensan algunos, ya que el centro de gravedad del cuerpo del peatón se desplaza hacia arriba en varios centímetros cada vez que éste da un paso. Se puede calcular, que el trabajo que se realiza al andar por un camino horizontal, es igual a cerca de una quinceava parte del que se necesitaría para elevar el cuerpo del peatón a una altura igual al camino recorrido.

¿Cómo hay que Saltar de un Vagón en Marcha?

Si hacemos esta pregunta a cualquier persona, nos contestará, con toda seguridad: "Hacia adelante, en la dirección del movimiento del vagón, de acuerdo con la ley de la inercia". Pero si insistimos en que nos diga más concretamente, qué tiene que ver con esto la ley de la inercia, es fácil adivinar lo que ocurrirá con nuestro interlocutor: empezará a demostrarnos su idea con toda seguridad; pero si no le interrumpimos, no tardará en detenerse perplejo. Resulta, que, a causa de la inercia, hay que saltar ¡hacia atrás!, es decir, contra la dirección que lleva el vagón.

Efectivamente, la ley de la inercia juega en este caso un papel secundario, mientras que el motivo principal es otro. Si nos olvidamos de este motivo principal, llegaremos a la conclusión de que siempre hay que saltar hacia atrás y nunca hacia adelante.

Sin embargo, supongamos que tenemos que saltar en marcha, ¿qué ocurrirá entonces?

Cuando saltamos del vagón en marcha, nuestro cuerpo, al separarse de aquél, tiene su misma velocidad (es decir, se mueve por inercia) y tiende a seguir moviéndose hacia adelante. Si saltamos en esta dirección, en vez de anular la velocidad adquirida, la aumentaremos.

De aquí se deduce que hay que saltar hacia atrás y no hacia adelante. Porque al saltar hacia atrás, la velocidad que recibimos del salto se resta de la velocidad a que nuestro cuerpo se mueve por inercia y, por consiguiente, la fuerza que tiende a tirar nuestro cuerpo cuando éste toca el suelo, será menor.

No obstante, siempre que hay que saltar de algún vehículo en marcha, todo el mundo lo hace hacia adelante, es decir, en la dirección que lleva el vehículo. Indiscutiblemente, éste es el mejor procedimiento y, además, está tan bien comprobado, que aconsejamos seriamente a nuestros lectores, que no intenten probar los inconvenientes del salto hacia atrás.

¿Cómo se explica esto?

Esto se explica por la sencilla razón, de que la aclaración anterior no era ni justa ni completa. Porque tanto si saltamos hacia adelante, como si lo hacemos hacia atrás, nos amenaza el peligro de caernos, ya que la parte superior de nuestro cuerpo continuará moviéndose, mientras que nuestros pies, al tocar la tierra, se paran³. La velocidad con que sigue moviéndose nuestro cuerpo será mayor cuando saltamos hacia adelante. Pero lo esencial es, que caer hacia adelante es mucho menos peligroso que caer hacia atrás. En el primer caso, echaremos, como de costumbre, una pierna adelante (o si la velocidad del vehículo es grande, correremos varios pasos) y de esta forma evitaremos la caída. Este es un movimiento corriente, que practicamos constantemente al andar. Porque el andar, desde el punto de vista de la mecánica (como ya dijimos en el artículo anterior), no es más que una serie de caídas de nuestro cuerpo hacia adelante, las cuales se evitan adelantando la pierna correspondiente. Cuando nos caemos hacia atrás, este movimiento de piernas no nos puede salvar y, por lo tanto, el peligro es mayor. En último caso, también tiene importancia el hecho de que, cuando caemos hacia adelante, podemos poner las manos y hacernos menos daño que cuando caemos de espaldas.

³ En este caso, la caída puede explicarse desde otro punto de vista. (Léase «Mecánica Recreativa», cap. III, el artículo «¿Cuándo la línea horizontal no es horizontal?»)

De todo esto se deduce, que la seguridad que ofrece el salto hacia adelante se debe más a nosotros mismos que a la acción de la inercia. Está claro, que esta regla no es aplicable a los objetos inanimados: una botella lanzada de un vagón hacia adelante, es más probable que se rompa al caer que si se lanza hacia atrás.

Por esta razón, si tenéis que saltar alguna vez de un vagón en marcha, tirando previamente vuestro equipaje, deberéis lanzar éste hacia atrás y después saltar hacia adelante.

Las personas que tienen experiencia, como los cobradores y revisores de los tranvías, suelen saltar de espaldas hacia atrás. Con ello consiguen dos ventajas: una, la de disminuir la velocidad, que el cuerpo lleva por inercia, y la otra, la de evitar el peligro de caerse de espaldas, ya que saltan de cara a la dirección de la posible caída.

¡Coger con la Mano una Bala Disparada!

Durante la primera guerra mundial, según información de prensa, a un aviador francés lo ocurrió un caso extraordinario. Cuando iba volando a dos kilómetros de altura, este aviador se dio cuenta que junto a su cara se movía una cosa pequeña. Pensó que sería algún insecto, y, haciendo un ágil movimiento con la mano, lo cogió. Cuál sería su sorpresa cuando comprendió, que lo que acababa de cazar era... ¡una bala de fusil alemana!

¿Verdad que esto recuerda los cuentos del legendario barón Münchhausen, que también aseguró haber cogido una bala de cañón con las manos?

No obstante, esta noticia sobre el piloto que cogió la bala, no tiene nada de imposible.

Las balas no se mueven durante todo el tiempo con la velocidad inicial de 800-900 m por segundo, sino que, debido a la resistencia del aire, van cada vez más despacio y al final de su trayectoria, pero antes de empezar a caer, recorren solamente 40 m por segundo. Esta era una velocidad factible para los aeroplanos de entonces. Por consiguiente, la bala y el aeroplano podían volar a una misma velocidad, en un momento dado, y, en estas condiciones, aquella resultaría inmóvil o casi inmóvil con relación al piloto. Es decir, éste podría cogerla fácilmente con la mano, sobre todo con guante (porque las balas se calientan mucho al rozar con el aire).

Sandías -Bombas

Si en condiciones determinadas una bala puede resultar inofensiva, también se da el caso contrario, es decir, el de un «cuerpo pacífico», que lanzado a poca velocidad puede producir efectos destructores. Esto es lo que ocurrió cuando, durante la carrera automovilística Leningrado-Tiflis (en el año 1924), los campesinos de los pueblos del Cáucaso saludaban a los automovilistas, que junto a ellos pasaban a gran velocidad, arrojándoles sandías, melones y manzanas.



Fig. 21. Las sandías lanzadas al encuentro de los veloces automóviles se convierten en «proyectiles».

El efecto que produjeron estos inesperados obsequios fue bastante desagradable. Las sandías y los melones abollaban, hundían y hasta rompían las carrocerías de los coches, mientras que las

manzanas lesionaban seriamente a los pasajeros. La causa es comprensible. La velocidad que llevaban los automóviles se sumaba a la de las propias sandías o manzanas y convertía a éstas en peligrosos proyectiles destructores. No es difícil calcular, cómo una sandía de 4 kg, lanzada al encuentro de un automóvil que marcha a 120 km por hora, desarrolla la misma energía que una bala de 10 g de peso.

Claro que, en estas condiciones, el efecto de penetración de la sandía no puede compararse con el de la bala, ya que la primera carece de la dureza de la segunda.

Las grandes velocidades alcanzadas por la aviación a reacción han dado lugar a que, en algunos casos, los choques entre aviones y pájaros motiven averías e incluso catástrofes de aviación. Cabe preguntarse, ¿qué peligro puede representar una pajarita para una aeronave capaz de transportar decenas de pasajeros? Sin embargo, cuando el avión desarrolla velocidades de 300-500 m/seg, el cuerpo del pájaro puede perforar la cubierta metálica de aquél o los cristales de la cabina del piloto o, si acierta a entrar por la tobera del motor, inutilizarlo por completo. A causa de un choque de este tipo, en 1964, pereció el cosmonauta norteamericano Theodore Fryman, cuando realizaba un vuelo de entrenamiento en un avión a reacción. El peligro de estos encuentros se agrava por el hecho de que los pájaros no temen a los aviones y no se apartan de ellos.

Cuando dos cuerpos cualesquiera se mueven en una misma dirección y con la misma velocidad, no representan ningún peligro el uno para el otro. Cuando una bala disparada contra un avión lleva la misma velocidad que éste, como ya sabemos, es inofensiva para el piloto. El hecho de que los cuerpos que se mueven casi a la misma velocidad pueden ponerse en contacto sin golpe, fue magistralmente utilizado en 1935 por el maquinista Borshehev, el cual consiguió recibir con su tren un grupo de 36 vagones en marcha, sin que se produjera choque, y evitó así una catástrofe ferroviaria. Este suceso tuvo lugar en el ferrocarril del sur, trayecto Elnikov-Olshanka, en las siguientes condiciones: delante del tren que conducía Borshehev iba otro. Este primer tren tuvo que detenerse por falta de presión del vapor. Su maquinista, desenganchó varios vagones y siguió con ellos hacia la estación inmediata, dejando los restantes 36 vagones parados en la vía. Estos vagones quedaron sin calzar y, como el terreno era algo pendiente, comenzaron a deslizarse hacia atrás con una velocidad de 15 km por hora, amenazando chocar con el tren de Borshehev. Pero este ingenioso maquinista, se dio cuenta del peligro, paró su tren y dio marcha atrás, haciendo que, poco a poco, tomara también la velocidad de 15 km por hora. Gracias a esta maniobra, consiguió recibir los 36 vagones sobre su tren, sin que se produjera ni el menor desperfecto.

Finalmente, queremos dar a conocer un aparato basado en este mismo principio, que sirve para facilitar extraordinariamente la escritura en los trenes.

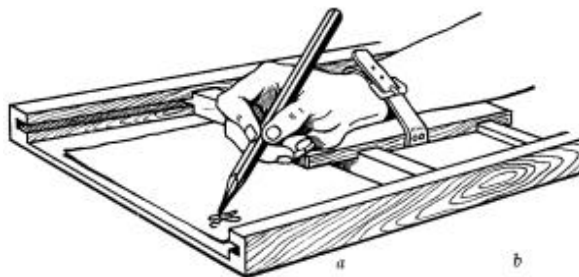


Fig. 22. Dispositivo para escribir cómodamente con el tren en marcha.

Cuando se va en tren es difícil escribir, porque el golpeteo de las ruedas del vagón en las juntas de los raíles no se transmite simultáneamente al papel y a la punta de la pluma. Si hacemos que el

papel y la pluma reciban la sacudida al mismo tiempo, conseguiremos que entre ellos exista un reposo relativo y, por consiguiente, que no sea difícil la escritura con el tren en marcha.

Esto es precisamente lo que se logra con el aparato representado en la fig. 22. La mano con la pluma se sujeta a la tablilla a, la cual puede desplazarse por unas guías sobre los listones b; estos últimos pueden deslizarse a su vez por unas ranuras que tiene la tabla que se apoya en la mesita del vagón. Como puede verse, la mano tiene suficiente libertad de movimiento para poder escribir una letra tras otra y cada renglón debajo del anterior; pero toda sacudida que recibe el papel apoyado en la tabla, se transmite inmediatamente, y con la misma fuerza, a la mano que sostiene la pluma. En estas condiciones, la escritura con el tren en marcha es tan cómoda como si el vagón estuviese parado (la única molestia que se nota, es que la vista recorre el papel a saltos, porque la cabeza no recibe las sacudidas al mismo tiempo que la mano).

En la Plataforma de la Báscula

Las básculas solamente indican con fidelidad el peso de nuestro cuerpo, cuando nos colocamos en su plataforma y permanecemos quietos completamente. Si nos agachamos, en el momento de hacerlo la balanza señala una disminución de peso. ¿Por qué? Porque los músculos que hacen flexionar la parte superior del cuerpo tiran hacia arriba de su parte inferior y disminuyen así la presión que el cuerpo ejerce sobre la superficie en que se apoya. Por el contrario, en el momento en que dejamos de agacharnos, el esfuerzo de los músculos empuja a ambas partes del cuerpo por separado y la báscula acusa un sensible aumento de peso, que corresponde al aumento de la presión que la parte inferior del cuerpo ejerce sobre la plataforma.

Hasta la simple elevación de los brazos debe determinar en las básculas sensibles una variación, la cual corresponderá a un pequeño aumento aparente del peso de nuestro cuerpo. Porque los músculos que levantan nuestros brazos se apoyan en los hombros y, por consiguiente, empujan a éstos, y a todo el cuerpo, hacia abajo, por lo que la presión sobre la plataforma aumenta. Cuando detenemos el brazo que antes levantábamos, hacemos entrar en acción los músculos antagónicos, los cuales tiran del hombro hacia arriba, tendiendo a acercarlo al extremo del brazo, con lo que el peso del cuerpo, o mejor dicho, su presión sobre la superficie de apoyo, disminuye.

Cuando bajamos el brazo ocurre contrario; en el momento; en el momento de hacerlo producimos una disminución del peso de nuestro cuerpo, mientras que en el instante en que paramos el brazo aumenta el peso. Es decir, que poniendo en acción nuestras fuerzas internas, podemos aumentar o disminuir el peso de nuestro cuerpo, siempre que por ello se entienda la presión que éste ejerce sobre la superficie en que se apoya.

¿Dónde son los Cuerpos más Pesados?

La fuerza con que la esfera terrestre atrae los cuerpos disminuye a medida que los alejamos de su superficie. Si levantásemos una pesa de a kilo a una altura de 6 400 km, es decir, si la alejásemos del centro de la Tierra hasta una distancia igual a dos radios de la misma, la fuerza de atracción disminuiría en 2^2 , es decir, en 4 veces, y esta misma pesa, colocada en una balanza de resorte (dinamómetro), sólo comprimiría su muelle hasta 250 g, en lugar de hasta 1 000. Según la ley de la gravitación universal, la esfera terrestre atrae a los cuerpos que se encuentran fuera de ella, de la misma forma que si toda su masa estuviera concentrada en el centro, y la disminución de esta fuerza atractiva es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia. En nuestro caso, la distancia desde la pesa hasta el centro de la Tierra se duplicó y, por consiguiente, la atracción disminuyó en 2^2 , es decir, en cuatro veces. Alejando la pesa hasta 12 800 km de la superficie de

la Tierra, es decir, triplicando su distancia hasta el centro de la Tierra, disminuiríamos la atracción en 3^2 , es decir, en 9 veces, y la pesa de 1 000 g sólo pesaría 111 g, y así sucesivamente. Razonando lógicamente, si hundiéramos esta misma pesa en las entrarías de la Tierra, es decir, si la aproximáramos al centro de nuestro planeta, deberíamos observar un aumento de la atracción. En las profundidades de la Tierra la pesa debería pesar más. Sin embargo, esta suposición es errónea: al profundizar en la Tierra, el peso de los cuerpos no aumenta, sino al contrario, disminuye. Esto se explica, porque, en este caso, las partículas de la Tierra que lo atraen se encuentran ahora, no por un lado del cuerpo, sino por lados distintos. Obsérvese la fig. 23. En ella se ve cómo la pesa que se encuentra en las profundidades de la Tierra es atraída hacia abajo por las partículas que se encuentran debajo de ella, pero al mismo tiempo es atraída también hacia arriba, por las partículas que se encuentran encima.

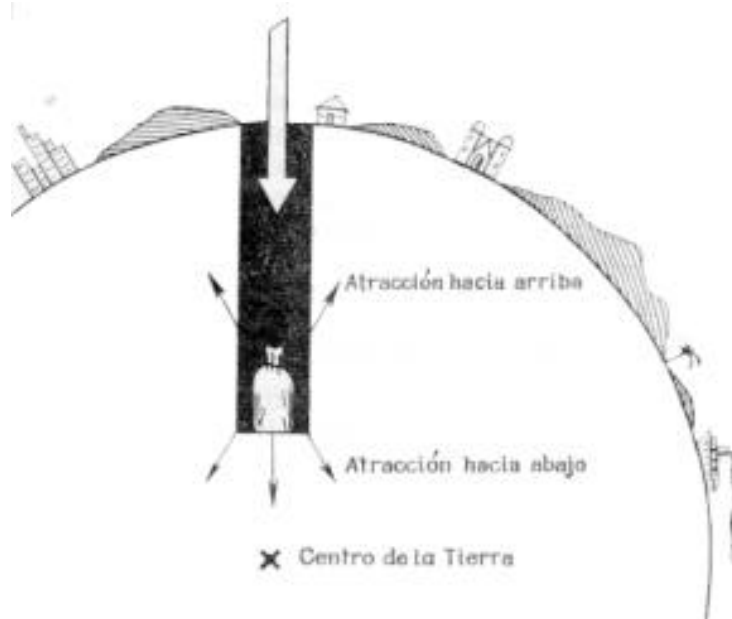


Fig. 23. Explicación de por qué al ir penetrando en la Tierra disminuye la gravedad.

Puede demostrarse, que, en fin de cuentas, solamente tiene importancia la atracción que ejerce la esfera cuyo radio es igual a la distancia que hay desde el centro de la Tierra hasta el sitio en que se encuentra el cuerpo. Por esto, a medida que el cuerpo se va introduciendo a mayor profundidad en la Tierra, su peso va disminuyendo rápidamente. Al llegar al centro de la Tierra, el cuerpo pierde su peso por completo, es decir, se hace ingrávito ya que las partículas que lo rodean lo atraen en todas direcciones con igual fuerza.

De todo lo antedicho se deduce, que donde los cuerpos pesan más, es en la misma superficie de la Tierra, y que a medida que se alejan de ella, sea hacia fuera o hacia dentro, su peso disminuye⁴.

⁴ Así ocurriría efectivamente si la esfera terrestre tuviera una densidad homogénea, pero en realidad, la densidad de la Tierra va aumentando al acercarse a su centro. Por esto, al profundizar en la Tierra, al principio hay un cierto espacio en que la fuerza de la gravedad aumenta, pero después comienza a disminuir.

¿Cuánto Pesa un Cuerpo Cuando Cae?

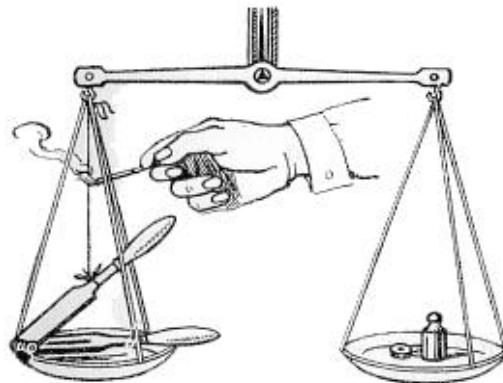
¿Habéis notado la sensación tan extraña que produce el comienzo de la bajada en un ascensor? Es algo así como la ligereza normal que siente una persona que se despeña. Esto no es, ni más ni menos, que la sensación de ingravidez. En el primer instante, cuando el suelo del ascensor comienza a descender, pero nosotros no tenemos aún una velocidad igual a la suya, nuestro cuerpo apenas si presiona sobre él y, por consiguiente, pesa muy poco. En cuanto pasa este instante, desaparece esta extraña sensación, nuestro cuerpo tiende a descender más deprisa que el ascensor (que baja con movimiento uniforme) y presiona sobre su suelo, es decir, vuelve a recobrar por completo su peso ordinario.

Colguemos una pesa del gancho de un dinamómetro y observemos hacia dónde se desvía el índice, si bajamos rápidamente la balanza con la pesa (para mayor comodidad se puede colocar un trocito de corcho en la ranura de la balanza y ver cómo varía su posición). Nos convenceremos de que, durante este rápido movimiento, el índice no marca el peso total de la pesa, sino bastante menos. Si la balanza cayera libremente y tuviésemos la posibilidad de observar el índice en estas condiciones, comprobaríamos que la pesa, durante la caída, no pesa nada en absoluto, es decir, que el índice marcaría cero.

Los cuerpos más pesados se hacen ingrávidos durante su caída. No es difícil comprender por qué. Todo se reduce a que, generalmente, llamamos «peso» de un cuerpo a la fuerza con que éste tira del punto en que está colgado o presiona sobre la superficie en que se apoya. Pero cuando el cuerpo cae, no tira del muelle de la balanza, ya que ésta también cae. En estas condiciones, el cuerpo que cae ni estira ni aprieta nada. Por consiguiente, preguntar cuánto pesa un cuerpo cuando cae, es lo mismo que preguntar cuánto pesa un cuerpo ingrávido.

Galileo, el fundador de la mecánica, escribía ya en el siglo XVII⁵: «Nosotros sentimos una carga sobre nuestros hombros, cuando procuramos evitar su caída. Pero si comenzamos a movernos hacia abajo con la misma velocidad que lo hace la carga que descansa sobre nuestras espaldas, ¿cómo es posible que ésta nos oprima o moleste? Esto es lo mismo que querer herir con una lanza⁶ a alguien que corriera delante de nosotros y con la misma velocidad».

Fig. 24. Experimento para demostrar la ingravidez de los cuerpos que caen.



El sencillo experimento que describimos a continuación confirma claramente estos razonamientos.

⁵ En sus «Discorsi e dimonstrazioni matematiche interno a due nuove scienze attenenti alla meceanica ed i movimenti locali».

⁶ Sin soltarla de la mano. - Y.P.

Coloquemos un cascanueces en uno de los platillos de una balanza de brazos, de forma, que una de las palancas de aquél descansa en el mismo platillo, mientras que la otra la atamos con un hilo al gancho del brazo (fig. 24). Hecho esto, pongamos en el otro platillo pesas, hasta que la balanza quede equilibrada. Si acercamos entonces una cerilla encendida al hilo, éste arderá y la palanca superior del cascanueces caerá también en el platillo.

Pero, ¿qué ocurrirá en este momento con la balanza? ¿Bajará, subirá o seguirá en equilibrio, el platillo del cascanueces, mientras cae la segunda palanca?

Ahora, cuando ya sabemos que los cuerpos que caen no pesan, podemos dar por anticipado una respuesta acertada a esta pregunta: el platillo subirá durante un momento.

Efectivamente, la palanca superior del cascanueces, al caer, aunque sigue unida a él, presiona menos que cuando estaba sujeta. El peso del cascanueces disminuye durante un instante y, como es natural, el platillo sube.

De la Tierra a la Luna

Allá por los años 1865-1870 apareció en Francia la novela fantástica de Julio Verne «De la Tierra a la Luna», en la cual se expone una idea extraordinaria: la de enviar a la Luna un gigantesco proyectil tripulado, disparándolo con un cañón. Julio Verne describe su proyecto de una forma tan verosímil, que la mayoría de sus lectores se harían seguramente la pregunta: ¿no se podría realizar esta idea? Creemos que será interesante decir unas palabras sobre esto⁷.

Primero, veamos si es posible, siquiera sea teóricamente, disparar un cañón de tal manera, que el proyectil no vuelva a caer en la Tierra. La teoría admite esta posibilidad. En efecto, ¿por qué todo proyectil disparado horizontalmente por un cañón acaba cayendo en la Tierra? Porque la Tierra atrae a dicho proyectil y hace que su trayectoria se tuerza y no siga una línea recta, sino una curva dirigida hacia el suelo, que tarde o temprano acaba encontrándose con él. Es verdad que la superficie de la Tierra también es curva, pero la curvatura de la trayectoria del proyectil es mucho más cerrada. Si disminuyendo la curvatura de la trayectoria del proyectil se consigue igualarla a la curvatura de la superficie de la esfera terrestre, este proyectil no caerá nunca en la Tierra, sino que seguirá una curva concéntrica a su superficie, o dicho en otras palabras, se convertirá en satélite de la Tierra, es decir, en una nueva Luna.

Pero, ¿cómo conseguir que un proyectil, disparado por un cañón, siga una trayectoria cuya curvatura sea menor que la de la superficie terrestre? Para esto no hay más que comunicar suficiente velocidad a dicho proyectil. Prestemos atención a la fig. 25, la cual representa el corte de un sector de la esfera terrestre. El cañón se encuentra en el punto A de una montaña. Un proyectil lanzado horizontalmente por este cañón, se encontraría al cabo de un segundo en el punto B, si la Tierra no ejerciera atracción sobre él. Pero la atracción modifica este cuadro, haciendo, que al segundo de ser disparado, el proyectil se encuentre 5 m más bajo que el punto B, es decir, en el punto C. Cinco metros es el camino, que, durante el primer segundo, recorre en el vacío todo cuerpo que cae libremente cerca de la superficie de la Tierra. Si después de descender esos 5 m, nuestro proyectil se encuentra exactamente a la misma distancia de la superficie de la Tierra que cuando estaba en el punto A, quiere decir, que se mueve siguiendo una curva concéntrica a la superficie de la esfera terrestre.

⁷ Ahora, después de haber sido lanzados los primeros satélites de la Tierra (Sputnik) y los primeros cohetes cósmicos, podemos decir, que para los viajes cósmicos se emplearán cohetes y no proyectiles. No obstante, el movimiento de estos cohetes, después de cesar el impulso de la última etapa, está sometido a las mismas leyes que rigen el movimiento de los proyectiles de artillería. Por esta razón, el texto del autor no ha perdido actualidad (N. de la Edit.).

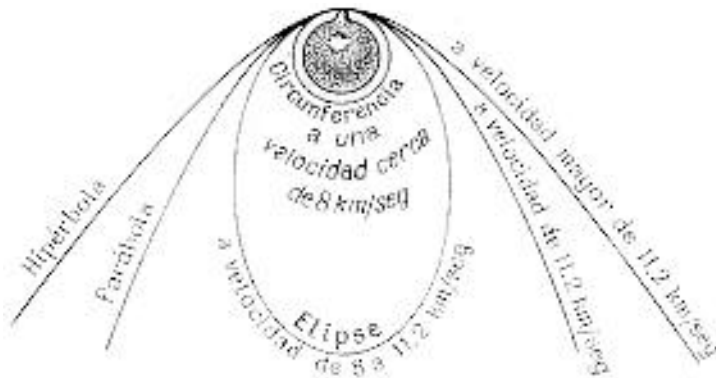
Nos queda calcular el segmento AB (fig. 25), es decir, el camino que recorre el proyectil, en dirección horizontal, durante el primer segundo, con lo cual, conoceremos la velocidad por segundo que hay que comunicarle, cuando sale del cañón, para conseguir nuestro fin. Este cálculo no es difícil si partimos del triángulo AOB, en el que OA es el radio de la esfera terrestre (cerca de 6.370.000 m); OC = OA y BC = 5 m; por consiguiente, OB = 6 370 005 m. Aplicando el teorema de Pitágoras, tenemos:

$$(AB)^2 = (6\ 370\ 005)^2 - (6\ 370\ 000)^2$$

Haciendo los cálculos hallamos, que AB es aproximadamente igual a 8 km.

Es decir, si no existiera el aire, que opone una gran resistencia a todo movimiento rápido, un proyectil disparado horizontalmente con velocidad inicial de 8 km/seg no caería nunca a la Tierra, sino que eternamente daría vueltas alrededor de ella como un satélite.

Fig. 26. Trayectoria del proyectil disparado con una velocidad inicial de 8 km/seg y con velocidades mayores.



¿Y si el proyectil se disparase con una velocidad todavía mayor, hacia dónde volaría? La mecánica celeste demuestra, que si un proyectil sale disparado con una velocidad de 8, 9 e incluso 10 km/seg, debe describir elipses alrededor de la Tierra, las cuales serán tanto más alargadas cuanto mayor sea la velocidad inicial. Si esta velocidad alcanza 11,2 km/seg, en lugar de elipses, el proyectil describirá una curva abierta, es decir, una parábola, y se alejará para siempre de la Tierra (fig. 26).

Por consiguiente, como acabamos de ver, teóricamente es posible llegar a la Luna en una bala de cañón, siempre que ésta sea disparada con suficiente velocidad⁸.

(Para hacer las reflexiones anteriores partimos de la suposición de que la atmósfera no dificulta el movimiento de los proyectiles. En realidad, la atmósfera ofrece una resistencia que entorpece extraordinariamente la consecución de tan grandes velocidades y que quizá las haga totalmente irrealizables.)

El Viaje a la Luna, Según Julio Verne y tal Como Tendría que Realizarse

Todo el que haya leído la citada obra de Julio Verne recordará un interesante momento del viaje, aquél en que el proyectil atraviesa el punto donde la atracción de la Tierra es igual a la de la

⁸ No obstante, se presentan dificultades de tipo completamente diferente. Este problema se examina más concretamente en el libro segundo de «Física Recreativa» y en mi libro «Viajes Interplanetarios».

Luna. En este momento ocurrió algo verdaderamente fantástico: todos los objetos que había dentro del proyectil perdieron su peso y los propios viajeros, saltaban y quedaban suspendidos en el aire sin apoyarse en ninguna parte.

Todo esto está escrito con absoluta veracidad, pero el novelista no tuvo en cuenta que esto debería ocurrir también antes y después de pasar por el punto de igual atracción. Es fácil demostrar, que tanto los pasajeros, como todos los objetos que había dentro del proyectil, tenían que encontrarse en estado de ingravidez desde el instante en que comenzó el vuelo libre.

Esto parece inverosímil, pero estoy seguro de que cada lector se asombrará ahora de que él mismo no haya descubierto antes este descuido tan importante.

Tomemos un ejemplo de esta misma novela de Julio Verne. El lector recordará cómo los pasajeros tiraron fuera el cadáver del perro y cómo ellos mismos se asombraron al ver que éste no caía a la Tierra, sino que continuaba avanzando en el espacio junto al proyectil. El novelista describe perfectamente este fenómeno y le dio una explicación acertada. Efectivamente, en el vacío, como sabemos, todos los cuerpos caen con la misma velocidad, porque la atracción de la Tierra transmite a todos ellos la misma aceleración. En nuestro caso, tanto el proyectil, como el cadáver del perro, por efecto de la atracción de la Tierra tendrían que alcanzar la misma velocidad de caída (es decir, la misma aceleración), o mejor dicho, la velocidad que adquirieron al ser disparados tendría que ir disminuyendo por igual. Por consiguiente, las velocidades respectivas, del proyectil y del cadáver del perro, tenían que ser iguales entre sí en todos los puntos de la trayectoria que siguieron, por cuya razón, al tirar dicho cadáver, éste siguió tras ellos sin quedarse atrás.

Pero he aquí, precisamente, aquello en que no pensó el novelista: si el cadáver del perro no cae a la Tierra estando fuera del proyectil, ¿por qué tiene que caer estando dentro de él? ¿No actúan acaso las mismas fuerzas en uno y otro caso? Si el cuerpo del perro se sitúa dentro del proyectil, de forma que no se apoye en ninguna parte, tiene que quedarse suspendido en el espacio, ya que tiene exactamente la misma velocidad que el proyectil y, por consiguiente, con relación a él se encuentra en reposo.

Indudablemente, todo lo que es verdad cuando nos referimos al perro, también lo es con respecto a los cuerpos de los pasajeros y, en general, con relación a todos los objetos que se encuentran dentro del proyectil, los cuales, en cada punto de la trayectoria que recorren, tienen la misma velocidad que éste y, por consiguiente, no pueden caerse aunque pierdan su punto de apoyo. Una silla que se encuentre en el suelo del proyectil en vuelo, puede ponerse patas arriba en el techo, sin temor a que caiga <hacia abajo>, ya que continuará avanzando junto con el techo. Cualquier pasajero puede sentarse en esta silla sin sentir ni la más ligera tendencia a caerse al suelo del proyectil. ¿Qué fuerza puede obligarle a caer? Si se cayera, es decir, si se aproximara al suelo, esto significaría que el proyectil avanza en el espacio a más velocidad que sus pasajeros (de lo contrario la silla no se caería). Pero esto es imposible, ya que, como sabemos, todos los objetos que hay dentro del proyectil tienen la misma aceleración que él.

Por lo visto, el novelista no se dio cuenta de esto: él pensó, que dentro del proyectil, en vuelo libre, los objetos seguirían presionando sobre sus puntos de apoyo, de la misma manera que presionan cuando el proyectil está inmóvil. Julio Verne se olvidó de que, todo cuerpo pesado presiona sobre la superficie en que se apoya, mientras esta superficie permanece inmóvil o se mueve uniformemente, pero cuando el cuerpo y su apoyo se mueven en el espacio con igual aceleración, no pueden hacer presión el uno sobre el otro (siempre que esta aceleración sea motivada por fuerzas exteriores, por ejemplo, por el campo de atracción de los planetas, y no por el funcionamiento del motor de un cohete).

Esto quiere decir, que desde el momento en que los gases cesaron de actuar sobre el proyectil, los pasajeros perdieron su peso, hasta poder nadar en el aire dentro de aquél, de la misma manera que todos los objetos que iban en el proyectil parecerían totalmente ingravidos. Este indicio podía haber servido a los pasajeros para determinar con facilidad si iban volando ya por el espacio o si seguían quietos dentro del ánima del cañón. Sin embargo, el novelista nos cuenta cómo durante la primera media hora de viaje sideral, sus pasajeros se rompían inútilmente la cabeza sin poder responderse a sí mismos, ¿volamos o no?

«- Nicholl, ¿nos movemos?»

Nicholl y Ardan se miraron. No sentían las vibraciones del proyectil.

- Efectivamente, ¿nos movemos? - repitió Ardan.

- ¿O estamos tranquilamente en el suelo de la Florida? - preguntó Nicholl.

- ¿O en el fondo del Golfo de México? - añadió Michel».

Estas dudas pueden tenerlas los pasajeros de un barco, pero es absurdo que las tengan los de un proyectil en vuelo libre, ya que los primeros conservan su peso, mientras que los segundos, es imposible que no se den cuenta de que se hacen totalmente ingravidos.

¡Qué fenómeno tan raro debía ser este fantástico proyectil! Un pequeño mundo, donde los cuerpos no pesan, y, una vez que los suelta la mano, siguen tranquilamente en su sitio; donde los objetos conservan su equilibrio en cualquier posición; dónde el agua no se derrama cuando se inclina la botella que la contiene ... El autor de «De la Tierra a la Luna» no tuvo en cuenta todo esto, y sin embargo, ¡qué perspectiva tan amplia ofrecían estas maravillosas posibilidades a la fantasía del novelista!

Los primeros en llegar al extraordinario mundo de la ingravidez, fueron los cosmonautas soviéticos. Millones de personas pudieron seguir sus vuelos por medio de la televisión y ver en sus pantallas cómo quedaban suspendidos en el aire los objetos que ellos soltaban, y cómo flotaban en sus cabinas y hasta fuera de la nave, los propios cosmonautas.

¿Cómo Pesar Bien en Balanzas Inexactas?

¿Qué es más importante para pesar bien, la balanza o las pesas?

El que piense que tan importante es una cosa como la otra, se equivoca. Se puede pesar bien, aun careciendo de balanzas exactas, siempre que se tengan a mano buenas pesas. Existen varios procedimientos de hacerlo. Examinemos dos de ellos.

El primero fue propuesto por el gran químico ruso D. Mendeleiev⁹. Según este Procedimiento, para comenzar la pesada, se coloca en uno de los platillos de la balanza un cuerpo cualquiera, con tal de que pese más que el objeto que se desea pesar. Este cuerpo se equilibra colocando pesas en el otro platillo. Hecho esto, se coloca el objeto que se desea pesar en el platillo donde están las pesas y se quitan de éste cuantas pesas sean necesarias para que se restablezca el equilibrio. El peso total de las pesas quitadas será, evidentemente, igual al peso del objeto en cuestión, ya que este objeto sustituye ahora a dichas pesas, en el mismo platillo en que ellas estaban y, por consiguiente, pesa lo mismo que ellas.

Este procedimiento, que suele denominarse «procedimiento del peso constante», es muy cómodo cuando hay que pesar sucesivamente varios objetos. En este caso el peso inicial se conserva y se emplea para todas las pesadas.

El otro procedimiento es el «de Borda», el cual debe su nombre al científico que lo propuso. Consiste en lo siguiente:

⁹ Algunos escriben equivocadamente Mendeleieff y otros Mendelejev. (N. del T.)

El objeto que se desea pesar se coloca en uno de los platillos de la balanza y se equilibra echando en el otro platillo arena o perdigones. Después, se quita del platillo el objeto (sin tocar la arena) y se colocan en su lugar pesas, hasta restablecer el equilibrio. Está claro, que, en este caso, el peso total de las pesas será igual al del objeto que sustituyen. De aquí proviene la denominación de «pesada por sustitución» que también se da a este procedimiento.

En las balanzas de resorte, que sólo tienen un platillo, también se puede emplear este procedimiento, siempre que se disponga de pesas exactas. En este caso no es necesario tener ni arena ni perdigones. Basta colocar el objeto en el platillo y anotar la división de la escala que marca el índice. Después, se quita el objeto y se colocan en el platillo cuantas pesas sean necesarias para que el índice vuelva a marcar la misma división que antes. El peso total de estas pesas será igual al del objeto que sustituyen.

Mas Fuerte que uno Mismo

¿Qué peso puede usted levantar con una mano? Supongamos que sean 10 kg. ¿Cree usted que estos 10 kg determinan la fuerza de sus músculos? Se equivoca ... ¡sus músculos son mucho más fuertes! Sigamos atentamente, por ejemplo, la acción del músculo llamado bíceps braquial (fig. 27). Este músculo está sujeto cerca del punto de apoyo de la palanca formada por el hueso del antebrazo (es decir, en la tuberosidad bicipital del radio N. del T.), mientras que el peso a levantar actúa sobre el otro extremo de esta misma palanca viva. La distancia que hay desde el peso hasta el punto de apoyo, es decir, hasta la articulación, es casi 8 veces mayor que la que hay desde el extremo del músculo a este mismo punto de apoyo. Por consiguiente, si el peso tiene 10 kg, el músculo tira de él con una fuerza 8 veces mayor. Es decir, que este músculo desarrolla 8 veces más fuerza que la mano, y, por lo tanto, podría levantar directamente, no 10 kg, sino 80 kg.

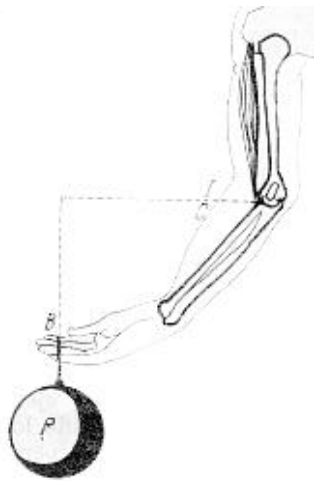


Fig. 27. El antebrazo C del hombre es una palanca de segundo género. La fuerza que actúa se aplica en el punto I; el apoyo de la palanca se encuentra en el punto O de la articulación; la resistencia que se vence (la pesa P) está aplicada en el punto B. La distancia BO es, aproximadamente, 8 veces mayor que la IO.

Puede decirse sin exagerar, que toda persona es mucho más fuerte que ella misma, es decir, que nuestros músculos desarrollan una fuerza considerablemente mayor que aquella que se exterioriza en nuestras acciones.

¿Es conveniente acaso esta estructuración del cuerpo humano? A primera vista, no, porque nos encontramos con una pérdida de fuerzas que no se compensa con nada. No obstante, recordemos que la vieja «ley de oro» de la mecánica dice, que: lo que se pierde en fuerza se gana en velocidad. Esto es precisamente lo que ocurre con nuestros músculos, los cuales hacen a que

nuestros brazos se muevan 8 veces más deprisa que ellos mismos. El procedimiento de sujeción de los músculos que observamos en los animales, hace que sus extremidades se muevan con rapidez, lo cual tiene más importancia para la lucha por la existencia que la propia fuerza. Si nuestros brazos y piernas no estuvieran constituidos así, seríamos unos seres con movimientos extraordinariamente lentos.

¿Por qué Pinchan los Objetos Afilados?

¿Habéis pensado alguna vez por qué una aguja penetra tan fácilmente a través de un cuerpo? ¿Por qué un paño o un cartón se puede atravesar fácilmente con una aguja delgada, mientras que cuesta trabajo hacer lo mismo con un clavo romo? Al parecer, en ambos casos actúa una misma fuerza.

La fuerza, efectivamente, es la misma, pero la presión es diferente. En el primer caso, toda la fuerza se concentra en la punta de la aguja; en el segundo, esta misma fuerza se distribuye por toda la superficie del extremo del clavo. Por lo tanto, la presión que ejerce la aguja es considerablemente mayor que la que ejerce el clavo romo, aunque el esfuerzo que hagamos con la mano sea igual en ambos casos.

Cualquier campesino puede decir, que una grada de 20 dientes desmenuza la tierra más profundamente que otra, de igual peso, pero con 60 dientes. ¿Por qué? Pues, porque la carga sobre cada diente, en el primer caso, es mayor que en el segundo.

Cuando hablamos de presión, siempre hay que tener en cuenta, además de la fuerza, la superficie sobre la cual actúa. Si nos dicen que una persona recibe un sueldo de 100 rublos, seguiremos sin saber si esto es mucho o poco, hasta que no nos aclaren si es al mes o al año. De la misma manera, la acción de una fuerza depende de sí se distribuye sobre un centímetro cuadrado o se concentra en la centésima parte de un milímetro cuadrado.

Un hombre puede andar perfectamente por la nieve blanda cuando lleva esquís, pero sin ellos se hunde. ¿Por qué? Pues, porque, en el primer caso, la presión de su cuerpo se distribuye sobre una superficie considerablemente mayor que en el segundo. Si los esquís tienen, por ejemplo, una superficie 20 veces mayor que la suela de nuestros zapatos, cuando marchamos sobre aquéllos, ejercemos sobre la nieve una presión 20 veces menor que cuando lo hacemos a pie. La nieve blanda resiste la primera presión, pero no la segunda.

Por esta misma razón, a los caballos que trabajan en terrenos pantanosos se les atan unos «zapatones» a los cascos, para aumentar de esta forma la superficie de apoyo de las patas y disminuir la presión sobre el suelo. Así se consigue que los caballos no se hundan en el pantano.

En algunas regiones pantanosas también las personas usan artificios semejantes.

Si alguna circunstancia nos obliga a cruzar en invierno un río, o lago, cuya capa de hielo sea poco profunda, deberemos hacerlo a rastras, para distribuir, así el peso del cuerpo sobre una superficie mayor.

Finalmente, la particularidad característica de los tanques y de los tractores orugas, de no atascarse en los suelos blandos aunque suelen ser muy pesados, también se explica por el hecho de que su peso está distribuido sobre una gran superficie de apoyo. Las orugas de cualquier máquina de este tipo, que pese 8 o más toneladas, ejercen sobre el suelo menos de 600 g de presión por centímetro cuadrado. Desde este punto de vista, también es interesante el camión con orugas para el transporte de cargas por los pantanos. Este camión, con dos toneladas de carga, sólo ejerce sobre el suelo una presión de 160 g/cm², gracias a lo cual, puede atravesar perfectamente turberas y arenales.

En este caso, las grandes superficies de apoyo resultan tan ventajosas, desde el punto de vista técnico, como en el caso de la aguja lo era la superficie pequeña.

De lo dicho se deduce, que la facilidad que tienen los objetos puntiagudos para horadar, se debe, únicamente, a que la fuerza que sobre ellos actúa se reparte sobre una superficie muy pequeña.

Por esta misma causa, los cuchillos afilados cortan mejor que los que están embotados, ya que la fuerza se concentra en ellos sobre un espacio menor.

Es decir, los objetos afilados pinchan y cortan bien, porque en sus puntas y filos se concentra una gran presión.

Como Leviatan

¿Por qué resulta más duro el asiento de un banquillo que el de una silla, aunque los dos sean de madera? ¿Por qué se está blando acostado en una hamaca, aunque sus mallas estén tejidas con cordones bastante duros? ¿Por qué es blandos el somier de alambre?

No es difícil imaginárselo. El asiento del simple banquillo, es plano, y cuando nos sentamos en él, nuestro cuerpo sólo tiene una pequeña superficie de contacto, en la cual se concentra todo su peso. La silla, por el contrario, tiene el asiento cóncavo, lo cual hace que su superficie de contacto con el cuerpo sea mayor y que por toda esta superficie se distribuya el peso. En este caso, cada unidad de superficie soporta menos carga y, por lo tanto, menos presión.

Es decir, todo se reduce a que la presión está distribuida de una forma más regular. Cuando descansamos en una cama blanda, en el colchón se forma un hueco que se adapta a la forma de nuestro cuerpo. La presión se distribuye bastante regularmente por toda la superficie de nuestra mitad inferior, con lo cual, cada centímetro cuadrado soporta solamente unos cuantos gramos. No es de extrañar que, en estas condiciones, estemos cómodos.

Esto puedo' expresarse fácilmente en cifras. La superficie del cuerpo de una persona adulta es igual, aproximadamente, a 2 metros cuadrados ' ó 20 000 centímetros cuadrados. Supongamos que, cuando estamos tendidos en la cama, la parte de nuestro cuerpo que está en contacto con ella, y que siente la presión, es aproximadamente igual a 1/4 de la superficie total del mismo, es decir, a 0,5 metros cuadrados, ó 5 000 centímetros cuadrados. Por término medio, el cuerpo humano pesa unos 60 kg ó 60 000 g, esto quiere decir, que cada centímetro cuadrado soporta solamente 12 g. En cambio, cuando nos tendemos sobre una tabla lisa, nuestro contacto con la superficie de apoyo se reduce a varias partes pequeñas, cuya área suma en total un centenar de centímetros cuadrados. Por consiguiente, sobre cada centímetro cuadrado recae ahora una presión de medio kilogramo, en vez de una decena de gramos. La diferencia es considerable y nuestro cuerpo la siente inmediatamente; por eso decimos que la tabla «está dura».

Pero hasta el lecho más duro puede parecer blando, siempre que la presión; de nuestro cuerpo se distribuya regularmente sobre una gran superficie. Supongamos, por ejemplo, que nos tendemos sobre arcilla blanda y que la huella de nuestro cuerpo queda grabada en ella. Si nos levantamos y dejamos que se seque la arcilla (al secarse, la arcilla se contrae en un 5-10%, pero admitamos que esto no ocurre), hasta ponerse dura como la piedra, y después volvemos a echarnos en el hueco que antes dejamos en este molde pétreo, nos sentiremos en él lo mismo que en un colchón de plumas, a pesar de su dureza. Es decir, nos pareceremos al Leviatán de los versos de Lomonosov:

Para acrecentar su fuerza,
Yace sobre agudas rocas,
Desdeñando su dureza,
Cual si fueran blando limo.

Pero la causa de que no sintamos la dureza de este lecho, no será nuestra «gran fuerza», sino la buena distribución del peso de nuestro cuerpo sobre una gran superficie de apoyo.

Durante el despegue y el aterrizaje de las naves cósmicas. Los cosmonautas soportan grandes sobrecargas. Su peso puede aumentar de 10 a 14 veces. Para que puedan resistir estas sobrecargas sin perjuicio para su salud, sus asientos se fabrican con un plástico especial, al que se le da la forma exacta del cuerpo.