

cosa á peso de hierro ó plomo, si lo que se vende tiene mayor volumen que el hierro, se sigue que quien vende da mas de lo que tiene el peso de hierro, porque aunque la balanza esté en equilibrio, el cuerpo que tiene mas volumen ha de tener mas peso, por la misma razon que la bola de cera que há poco vimos.

TEOD. — Decís bien, que así es; de tal suerte que si comprais á peso lana, v. g., despues de pesada si volviéseis á pesarla fuera del aire seria preciso sacar alguna porcion de ella para quedar la balanza en equilibrio. Pero advierto que este esceso es tenuísimo. Vamos á otra cosa : hablemos de la cohesion.

§ III.

Trátase de la cohesion de los sólidos, y se explica qué cosa sea la tenacidad, la dureza y la ductilidad.

EUG. — Os aseguro, Teodosio, que me habeis dado un rato divertido con vuestras aplicaciones ; curiosísimo es por cierto el estudio de estas materias ; así que disimulad mi impertinencia y tened á bien continuar sobre la cohesion, como decís, si hay algo que añadir á lo que ya espusisteis acerca de ella.

TEOD. — Ya os dije, hablando de la cohesion de la materia, que era susceptible de varias modificaciones, y que las veriamos cuando nos ocupásemos en los cuerpos sólidos : ahora pues viene bien dilucidar este punto. Vos estais viendo, Eugenio igual-

mente que Silvio, que aun cuando yo tire por un lado y por otro este pedazo de madera, hallo una oposicion á que sus partículas muden de lugar, oposicion que no se vence sino por medio de una fuerza mayor ; esto, como podeis pensar, es un efecto de la cohesion y le llamamos *tenacidad* de la madera. Lo que os digo de este cuerpo es aplicable á todos los que presenten este efecto, sean sólidos, sean líquidos, pues la tenacidad viene á ser, propiamente hablando, la misma cohesion. Como el conocimiento de la tenacidad es sumamente importante para las artes, se han hecho varias investigaciones para determinarla con exactitud.

EUG. — ¿Y hay en realidad medios para el efecto ?

TEOD. — Los hay y muy sencillos : se toma el cuerpo, cuya tenacidad quiere averiguarse, dándole una forma prolongada, se fija por uno de sus cabos y se suspenden al otro pesos sucesivamente mayores hasta que el cuerpo se rompa de traves. Vamos á hacerlo con este palo que veis clavado en la pared, pongamos pesos, ya empieza á doblarse, aumentemos los pesos ; hetele ya roto ; la fuerza de tenacidad del palo halla su espresion en la del peso que la ha vencido.

EUG. — ¿Influye en este fenómeno la mayor ó menor longitud del cuerpo ?

TEOD. — Muy poco ; lo que verdaderamente influye y constituye la diferencia son las otras dos dimensiones, anchura y profundidad, esto es, la superficie de su corte transversal, de suerte que este palo, mucho mas largo que el otro pero de mayor diámetro, ofrecería una resistencia cuatro veces ma-

yor que el primero. Como la tenacidad es notable, particularmente en los metales, se ha estudiado con preferencia en estos cuerpos sirviéndose de alambres de dos milímetros de diámetro.

EUG. — ¿Y qué resultados se han obtenido? me gustaría saberlos, al menos por lo que toca al hierro, al cobre, plata, etc.

TEOD. — Sacad lapiz y papel, y copiad lo que voy á trazaros en la pizarra, porque esto escapa de la memoria tan presto como entra.

EUG. — Teneis razon; voy á sacar mi cartera.

TEOD. — Voy á trazaros una lista de los metales mas usuales.

El hierro soporta, antes de romperse, un peso de.....	kil. 249.639
El cobre.....	157.569
La platina, ú oro blanco.....	124.690
La plata.....	85.062
El oro.....	68.216
El estaño.....	24.200
El zinc.....	12.700
El plomo.....	9.750

Ahí los teneis.

EUG. — Bueno: me alegro mucho de saberlo: algun dia quizas me sea util; id adelante.

TEOD. — Es menester que advirtais, Eugenio, que no por ser mas tenaz un cuerpo ha de pesar mas; pues ahí teneis el hierro, uno de los mas tenaz de todos y uno de los mas ligeros, el plomo, el menos tenaz y uno de los mas pesados.

EUG. — ¿Y no me direis la razon de esto?

TEOD. — Os la diré en parte. Los metales gozan

de una propiedad que luego veremos, dicha *ductilidad*, la cual los semeja hasta cierto punto á un líquido, en cuanto permite que sus moléculas resbalen unas sobre otras con mayor ó menor facilidad. Cuando se cuelga pues algun peso del cabo de un alambre, este alambre se alarga en virtud de la ductilidad; alargándose disminuye su diámetro; y como la tenacidad es proporcional á las dimensiones transversales, el alambre se rompe tanto mas fácilmente, cuanto mas se ha prolongado.

SILV. — En efecto mas de una vez he observado que los cabos rotos de un alambre son mas delgados. Pero yo he oido decir que el hierro colado no es tan tenaz como el hierro virgen ó la mina de hierro; con todo siempre es hierro.

TEOD. — Es que la disposicion de las moléculas del metal influye considerablemente en su tenacidad: el hierro colado tiene una forma granugienta ó laminosa, y fibrosa el hierro virgen. Lo mismo sucede en las maderas; su tenacidad es poca cuando obráis al través de sus hilos, y mucha cuando obráis á lo largo.

EUG. — Decidme una cosa, Teodosio, ¿las cuerdas retorcidas son mas tenaces de lo que serian si fuesen hechas de hilos paralelos?

TEOD. — No: pues en las retorcidas puede decirse que la fuerza que las tira separa los hilos de través, ú oblicuamente; mientras que en las de hilos paralelos los tiraria á lo largo.

EUG. — ¿Por que pues las construyen retorcidas? yo siempre habia creido que resistian mas.

TEOD. — Las construyen retorcidas porque al ca-

bo se logra con ellas mayor resistencia y vais á ver la razon. Si los hilos fuesen paralelos, á la menor desigualdad que hubiese en longitud, los menos largos suportarian todo el esfuerzo de la potencia que tira y se romperian; y como esta desigualdad es comun y facil que llegue á cada momento, resulta que aun cuando en teoría las cuerdas de hilos paralelos sean mas resistentes, en la práctica se ven precisados á torcer estos hilos en espiral, con cuya disposicion se distribuye el esfuerzo de la potencia que tira la cuerda uniformemente por todos los hilos y no se rompe ninguno tan fácilmente. Pero por la misma razon que disminuye la suma de resistencias es preciso que tenga cierto límite; de modo que una cuerda retorcida solo ha de disminuir una quinta parte de la longitud de los hilos.

EUG.—Quedo satisfecho, y queria haceros otra observacion sobre el hierro derretido; pero me ocurre ya la idea de que hay el calórico cuya fuerza repulsiva es la antagonista de la cohesion. ¿Mas, decidme, ahora la *tenacidad* no es lo mismo que la *dureza*?

TEOD.—No, pues por dureza se entiende la propiedad relativa de los cuerpos sólidos de no dejarse gastar ó rayar por otros fácilmente; así se dice que el vidrio es mas duro que el mármol, porque un pedazo de vidrio anguloso descantilla y raya un pedazo de marmol pulido; porque el vidrio en polvo gasta el marmol frotándole encima. El cristal de roca raya el vidrio, muchas piedras rayan el cristal de roca, y en especial el diamante, el cual no se deja rayar por ningun otro cuerpo, sino por un pe-

dazo de otro diamante, por lo cual dicen que el diamante es el cuerpo mas duro. Pero cuidado de no confundir la dureza de la masa con la de las partículas ó porciones pequeñitas, pues ahí teneis el carbon que en grandes pedazos no es nada duro, y reducido á polvo pule los cuerpos mas duros.

EUG.—La piedra pomez hace otro tanto. ¿Y de qué puede depender la dureza de los cuerpos?

TEOD.—Es muy difícil apreciar las verdaderas causas, pues veis que no puede depender de la densidad, puesto que el diamante pesa menos que el plomo, ni de su composicion, porque ya os dije que el diamante es carbon puro; así tal vez depende de la naturaleza de las moléculas, de su grado de aproximacion y de su arreglo. Lo que hay de particular es que la dureza puede variar considerablemente en un mismo cuerpo, sin que al parecer haya experimentado ningun cambio notable. Si tomais un pedazo de acero, que es hierro combinado con un poquito de carbon puro, hallareis que á poca diferencia su dureza es la del hierro ordinario, mas si lo calentais y lo enfriais luego mas ó menos rápidamente sumergiéndole en el aceite, en el agua, ó en el azogue, etc., tendrá este pedazo de acero una dureza muy considerable, y podreis rayar con él facilísimamente el hierro. Este mismo pedazo de acero calentado de nuevo y enfriado lentamente perderá toda su dureza accidental.

EUG.—¿Y cómo esplicais esto?

TEOD.—Avido estais siempre de esplicaciones, amigo, pero aquí debo deciros que no lo sé, pues

cuanto han dicho los físicos no vale un pito para aclararnos este asunto.

SILV. — Segun lo que habeis dicho de la dureza, y de los cuerpos duros, nada habrá mas *fragil* que un cuerpo *duro*, y esto es contrario á todas las ideas recibidas.

TEOD. — Pues, así sucede, doctor, por mas que generalmente se crea que cuanto mas duro es un cuerpo, mas resiste al choque de otros. Ahí teneis el diamante, el mas duro de todos los cuerpos, se rompe al golpe mas ligero; el vidrio que se cita frecuentemente como tipo de la fragilidad, es mas duro que el hierro: el acero es tanto mas fragil cuanto mas duro. De consiguiente las ideas recibidas son las que lo yerran de medio á medio.

EUJ. — Pero á mí me baila todavía en la cabeza lo que habeis dicho sobre la ductilidad, ¿qué viene á ser esta propiedad de los sólidos?

TEOD. — Lllaman los físicos *ductilidad*, esa propiedad que tienen ciertos cuerpos sólidos de mudar su forma al influjo de esfuerzos, mas ó menos grandes, sin que por esto se disminuya la agregacion de sus moléculas. La cera por ejemplo es *ductil*, pues la tirais, le dais mil formas, y se conserva siempre la agregacion de sus partículas; el oro es *ductil*, porque hace lo propio, aunque se necesitan mayores esfuerzos: al contrario el vidrio y el acero templado son *quebradizos*. Todos los cuerpos que son naturalmente blandos, ó que se reblandecen al fuego son dúctiles; pero se aplica mas generalmente este nombre á los metales. Segun cual fuere la forma que quisierais dar á un metal por medio de su

ductilidad, seria menester emplear modos de presion diferente. Si despues de haberlo formado en cilindro lo haceis pasar por la hilera, cuyos agujeros disminuyen sucesivamente de diámetro, conseguis disminuir el diámetro de la varilla metálica y obtenéis hilos finísimos. En este caso la presion ha sido circular; si quereis hacer láminas de la varilla, es preciso hacerla pasar por entre dos cilindros, ó bien dar contra ella martillazos. Con todo no se prestan igualmente todos los metales á cada uno de estos medios. Así para que un metal pueda ser reducido á hilos finísimos, ha de tener, independientemente de la ductilidad, una tenacidad muy considerable, puesto que ha de resistir al esfuerzo de traccion que se práctica para hacerlo pasar por la hilera, y este modo de estenderse es lo que se llama comunemente *ductilidad*. Si quereis mudar la disposicion de las moléculas de un metal á martillazos, ha de tener ademas mucha cohesion; porque este modo de accion tiende á separar bruscamente unas partículas de otras, y esto es lo que quieren decir con la palabra *maleabilidad* y que un cuerpo es *maleable*.

EUJ. — Sabeis como se hacen esas hojas que forman los panes de oro; y como creo que es por razon de la ductilidad del oro que las hacen, os lo pregunto ahora.

TEOD. — Es mas bien por la *maleabilidad* como vais á verlo. El oro se presta fácilmente á la accion del martillo, y hechas algunas láminas se coloca un cierto número unas encima de otras, interponiendo hojas de película de tripa. El efecto del choque se suaviza y las hojas de oro se estienden todas á la

vez cuanto lo permite la magnitud de las de película. Descompónese el pan, se cortan en cuatro pedazos todas las hojas de oro, y se vuelven á colocar en medio del espacio; síguese, golpeando y se repite la misma operacion hasta que las hojas de oro sean de tal suerte delgadas como un grano de oro de cincuenta pulgadas cuadradas. Ahí teneis como se hacen los panes de oro.

EUG. — No creía que fuese tan sencillo.

TEOD. — El calórico, como concebís muy bien, puede influir muchísimo sobre la ductilidad de los metales: así veis que el hierro hecho ascua se fragua muy bien: el zinc frio, se rompe fácilmente y calentado hasta el punto que llaman cien grados es dúctil. En otros al contrario sucede que son dúctiles cuando frios, el plomo y el estaño son de este número. La ductilidad es sin disputa una de las propiedades mas importantes de los metales, pero no deja de tener sus inconvenientes, cuando queremos servirnos de ellos, en especial para ciertos usos. El oro, la plata y el plomo tienen una especie de blandura y flexibilidad que les permite ceder al menor esfuerzo y se doblan, así cuando se desea que guarden determinadas formas se hace preciso meter en ellos liga, la cual afortunadamente les da fuerte consistencia. Lo estais viendo en las monedas de oro y plata y en las diferentes joyas que se hacen de estos metales preciosos; pues todas presentan una dureza mucho mayor que el oro y plata pura, debida á la porcion de liga que se mezcla á propósito para el efecto.

EUG. — Puesto que teneis la bondad y paciencia

de darme razon de cuanto os pregunto cuando lo sabeis, quisiera saber si puede esplicarse por la ductilidad los saltos que da la pelota echada al suelo y la furia con que vuelve cuando ha dado contra la pared.

TEOD. — No, Eugenio, estos saltos proceden de otra propiedad de que vamos á tratar ahora.

§ IV.

Trátase de la elasticidad y otras modificaciones de la cohesion.

EUG. — Y cual es esa propiedad que todavía no sé.

TEOD. — Es la elasticidad.

EUG. — Ya he oido hablar de elasticidad, y yo mismo he usado mil veces esta palabra, pero no sé qué clase de fuerza es.

TEOD. — Elasticidad llamamos á la fuerza que un cuerpo despues de comprimido hace para dilatarse y restituirse á su estado natural. Pongamos ejemplo: la hoja de un espadin, si la comprimimos y torcemos, se restituye despues á su estado natural: una pelota de cuero si la comprimimos con el dedo, y la hacemos una concavidad, en quitando el dedo queda como antes: estas cosas decimos que tienen elasticidad, y que esta elasticidad es causa de reflectir los cuerpos.

SILV. — Arreglándonos por ese discurso todos los cuerpos han de reflectir, porque todos ellos ha-