

cuya cara *ab* se llama *cabeza de la cuña* y la arista *c* *cor-te*. La potencia se aplica sobre la cabeza de la cuña, y por el corte abre ó separa las partes del cuerpo en que se introduce. Este instrumento puede asimilarse á un plano inclinado, pues las caras *ac* y *bc* al resbalar sobre las partes que separan hacen el efecto de planos inclinados.

En este concepto y mediante la ley demostrada para el caso de equilibrio en el plano inclinado, se deduce que *en la cuña, la potencia es á la resistencia ó esfuerzo lateral producido, como la cabeza ab de la cuña es á la cara lateral bc de la misma.*

La forma de la cuña no es siempre la de un prisma triangular como se le ha señalado, sino que á veces presenta la figura de un cono ó de una pirámide, como se ve en los clavos. El cuchillo es una cuña, el buril, el cincel, el hacha, la lima, el punzon, los dientes, etc., son aplicaciones diversas de la cuña, como lo son tambien casi todas las demás herramientas empleadas en las artes y oficios.

La ley deducida para el caso de equilibrio en la cuña demuestra que sus efectos serán tanto mas considerables en cuanto disminuya la anchura de la cabeza con relacion á la longitud de los costados; y se nota que existe un límite para el ángulo del corte segun la materia que se quiere dividir, pues este ángulo es de  $90^\circ$  en el buril cuando el metal es muy duro, al paso que es de  $30^\circ$  en la hoja de una garlopa, y casi nulo en las navajas de afeitar.

*Advertencia.* En todas las leyes deducidas para el caso de equilibrio en las máquinas de que acabamos de tratar, hemos prescindido del roce y de las demás resistencias pasivas que obran naturalmente contrariando el efecto de la potencia, porque mas adelante destinamos un capítulo especial para tratar del trabajo perdido por el frotamiento considerado bajo distintos aspectos.

## DINÁMICA.

La dinámica se ocupa en determinar las leyes del movimiento de los cuerpos sólidos, para lo cual debe atenderse al espacio corrido por el cuerpo y al tiempo empleado en recorrerlo.

Si el cuerpo que se mueve recorre espacios iguales en tiempos iguales, el *movimiento será uniforme*, pero si en tiempos iguales recorre espacios desiguales, el *movimiento se llamará variado*.

Se llama *velocidad* de un cuerpo el espacio recorrido en una unidad de tiempo, que generalmente es el segundo. Así, cuando se dice que la velocidad de un cuerpo es de 3 metros, se debe entender que corre tres metros por segundo, y si la velocidad fuese de 1600 metros por hora, se entenderia que en cada hora recorre el cuerpo 1600 metros.

El movimiento es rectilíneo cuando el cuerpo recorre una línea recta; curvilíneo si recorre una línea curva, y circular cuando describe una circunferencia.

Cuando un cuerpo está en movimiento, en virtud de la inercia, continuará moviéndose en la misma direccion hasta que una causa externa le obligue á pararse ó á modificar el movimiento adquirido; y el efecto producido aumentará tanto con relacion á la masa como relativamente á la velocidad: por esta razon se toma por medida del efecto producido por un cuerpo en movimiento, el producto de la masa por la velocidad, que se llama *cantidad de movimiento*. De modo, que si un cuerpo de una masa *M*

se mueve con una velocidad  $V$ , y llamamos  $F$  á su fuerza ó cantidad de movimiento, será  $F=M \times V$ . Representando por  $f$  la cantidad de movimiento relativa á otro cuerpo de masa  $m$ , y de velocidad  $v$ , tendremos  $f=m \times v$ , y formando proporcion con estas dos ecuaciones resulta:  $F : f : : M \times V : m \times v$  donde vemos que las fuerzas, cantidades de movimiento, son entre sí, como los productos de las masas por las respectivas velocidades; de donde se deduce, que á igualdad de masas las fuerzas son como las velocidades, y á igualdad de velocidades serán como las masas.

Para que el movimiento sea variado es preciso que una fuerza obre de continuo sobre el cuerpo: si esta fuerza acelera el movimiento se llama *fuerza aceleratriz*, y si lo retarda ó disminuye se llama *retardatriz*. Si la fuerza aceleratriz ó retardatriz es constante, hace aumentar ó disminuir la velocidad de cantidades iguales en tiempos iguales, y el movimiento se llama *uniformemente acelerado* ó *uniformemente retardado*.

**MOVIMIENTO UNIFORME.** En el movimiento uniforme, el cuerpo recorre espacios iguales en tiempos iguales, y por esto si llamamos  $V$  á la velocidad, esto es, al espacio que corre el cuerpo en un segundo,  $T$  al número de segundos que gasta en recorrer un espacio  $E$ , se tendrá:  $E = V \times T$ , es decir, que el espacio corrido en un tiempo cualquiera se halla multiplicando la velocidad por el tiempo que ha durado el movimiento. Suponiendo ahora otro cuerpo que recorre el espacio  $e$  en un tiempo  $t$  con una velocidad  $v$ , será,  $e = v \times t$ , que formando proporcion con las dos igualdades, tendremos:  $E : e : : V \times T : v \times t$ , si suponemos  $V = v$  resulta:  $E : e : : T : t$ , si hacemos  $T = t$  sale,  $E : e : : V : v$ , y considerando  $E = e$  se obtiene,  $V \times T = v \times t$  y  $V : v : : t : T$ . De todo lo cual se deduce:

1.º *En el movimiento uniforme los espacios corridos por dos cuerpos son entre sí como los productos de las velocidades por los tiempos.*

2.º *Si las velocidades son iguales, los espacios son entre sí como los tiempos.*

3.º *Si los tiempos son iguales, los espacios totales son como las velocidades.*

4.º *Si los espacios corridos son iguales, los tiempos están en razon inversa de las velocidades.*

De la igualdad primitiva  $E = V \times T$ , resulta  $V = E \div T$  y  $T = E \div V$ . Es decir, que el espacio total corrido, en el movimiento uniforme, se hallará multiplicando la velocidad por el tiempo. La velocidad se determinará dividiendo el espacio total por el tiempo, y el tiempo se hallará partiendo el espacio por la velocidad.

Ejemplos: Calcular el espacio corrido por un cuerpo en 38 segundos, sabiendo que su velocidad por segundo es de 2'65 metros.

$$\text{Se tendrá: } E = 2'65 \times 38 = 100'7 \text{ metros.}$$

Es decir, que el espacio total será de 100 metros 7 decímetros.

Hallar la velocidad de un cuerpo que con un movimiento uniforme recorre un espacio de 1296 metros en 54 segundos.

$$\text{Será: } V = 1296 \div 54 = 24 \text{ metros.}$$

De modo, que la velocidad será de veinte y cuatro metros por segundo.

Determinar el tiempo que un cuerpo tardará en recorrer un espacio de 1392 metros con una velocidad de 12 metros por segundo.

Tendremos :  $T = 1392 \div 12 = 116$  segundos.

Por tanto, tardará en recorrer el citado espacio 116 segundos.

Averiguar cuál será el espacio total corrido en una hora, por un punto de la circunferencia de una rueda que da 124 vueltas por minuto, siendo su radio de 20 centímetros.

Por el enunciado del problema se ve que un punto de la circunferencia recorre 124 veces la magnitud de esta en un minuto, y por lo mismo, para hallar lo que se pide debe tomarse 124 veces la longitud de la circunferencia y multiplicar el resultado por los 60 minutos que tiene la hora, y será :

$$E = 3'1416 \times 2 \times 20 \times 124 \times 60 = 9349'4016 \text{ metros.}$$

Es decir, que el espacio total corrido en una hora es de 9349 metros y 4 decímetros próximamente.

Si se quiere hallar la velocidad por segundo se dividirá el espacio hallado por el número de segundos que tiene la hora, así :

$$V = 9349'4016 \div 3600 = 2'597 \text{ metros.}$$

De modo, que un punto de la circunferencia tendrá una velocidad de 2 metros y 597 milímetros por segundo.

**MOVIMIENTO UNIFORMEMENTE ACELERADO.** El movimiento uniformemente acelerado tiene lugar cuando el cuerpo en tiempos iguales adquiere cantidades de movimiento iguales, esto es, cuando en cada segundo aumenta su velocidad de una cantidad igual.

Para determinar las leyes de este movimiento, representemos por  $g$  el grado de velocidad que la fuerza aceleratriz comunica al móvil en cada segundo; por  $t$  el tiempo

ó el número de segundos que dura el movimiento, y por  $v$  la velocidad final. En este supuesto tendremos, que la velocidad adquirida por el móvil al fin del primer segundo será  $g$ ; al fin del segundo será  $2g$ ; al fin del tercer segundo será  $3g$ , y al fin de  $t$  segundos será  $tg$ ; de modo, que dará  $v = tg$ . Esto nos dice que *la velocidad final adquirida en el movimiento uniformemente acelerado se hallará multiplicando la velocidad aceleratriz por el tiempo que haya durado el movimiento.*

El espacio total corrido por un cuerpo con este movimiento se hallará sumando los espacios parciales corridos en cada unidad de tiempo, y la suma de la progresión resultante será :  $e = t^2 \times \frac{1}{2} g$ . Es decir, que *el espacio total corrido por un cuerpo con movimiento uniformemente acelerado se hallará multiplicando el cuadrado del tiempo por la mitad de la velocidad adquirida al fin del primer segundo.*

Si en esta fórmula se sustituye  $v$  en lugar de  $tg$  resultará :  $e = \frac{1}{2} vt$ . Esto es, que *el espacio total corrido con movimiento uniformemente acelerado se hallará también multiplicando la mitad de la velocidad final por el tiempo que haya durado el movimiento.*

Ahora, comparando esta fórmula con la deducida para el movimiento uniforme, resulta, que el espacio total corrido con movimiento uniformemente acelerado es la mitad del que correría el móvil con movimiento uniforme, en igual tiempo y con la velocidad final.

Si en las tres igualdades  $v = tg$ ,  $e = t^2 \times \frac{1}{2} g$ ,  $e = \frac{1}{2} vt$  despejamos cada una de las indeterminadas  $v$ ,  $t$ , resultará :

$$t = v \div g; t = \sqrt{2e \div g}; t = 2e \div v; v = tg; v = 2e \div t; v = \sqrt{2eg}.$$

Estos resultados suministran para el movimiento uniformemente acelerado las siguientes reglas generales :

1.<sup>a</sup> El tiempo se hallará partiendo la velocidad final por la velocidad aceleratriz.

2.<sup>a</sup> El tiempo se determinará también partiendo el doble del espacio total por la velocidad aceleratriz y extrayendo del resultado la raíz cuadrada.

3.<sup>a</sup> El doble del espacio total partido por la velocidad final dará el tiempo que haya durado el movimiento.

4.<sup>a</sup> La velocidad final se hallará multiplicando el tiempo por la velocidad aceleratriz.

5.<sup>a</sup> Partiendo el doble del espacio total por el tiempo resultará también la velocidad final.

6.<sup>a</sup> La velocidad final se determinará igualmente, extrayendo la raíz cuadrada del doble del espacio total multiplicado por la velocidad aceleratriz.

Todos los cuerpos están sujetos á la fuerza de gravedad que obra de continuo sobre ellos, y por esto un cuerpo al caer adquiere un movimiento uniformemente acelerado, cuya velocidad aceleratriz  $g$  será la velocidad adquirida al fin del primer segundo. Esta velocidad es en Madrid de 9'78 metros; en Barcelona de 9'8 metros, en París de 9'809 metros, y en Londres de 9'81 metros. Nosotros usaremos en esta obra de 9'8 que corresponde á Barcelona, esto es, supondremos constantemente  $g = 9'8$  metros.

Si sustituimos este valor en las fórmulas anteriores resultará:  $t = v \backslash 9'8$ ;  $t = \sqrt{2e \backslash 9'8}$ ;  $t = 2e \backslash v$ ;  $v = t \times 9'8$ ;  $v = 2e \backslash t$ ;  $v = \sqrt{19'6 \times e}$ .

De modo, que las reglas deducidas anteriormente quedarán modificadas diciendo 9'8 metros en lugar de velocidad aceleratriz.

Si calculamos el espacio corrido por el móvil en el primer segundo, hallaremos que es 4'9 metros; y como para la segunda unidad de tiempo habrá adquirido una ve-

locidad doble del espacio corrido en el anterior, y la velocidad aceleratriz le obligará á correr los mismos 4'9 metros, se sigue que en el segundo segundo recorrerá un espacio triple que en el primero. Para el tercer segundo tendrá adquirida una velocidad cuádrupla del espacio corrido en el primero, y además andará 4'9 metros en razón de la velocidad aceleratriz, y por esto durante el tercer segundo recorrerá un espacio quintuplo del que anduvo en el primero. Raciocinando de la misma manera hallaremos que en el cuarto segundo recorrerá un espacio séptuplo del que corrió en el primero, y así siguiendo: de modo, que los espacios corridos por un móvil, en los segundos sucesivos, con movimiento uniformemente acelerado, son entre sí como los números impares. Es decir, que si en la primera unidad de tiempo recorre un espacio expresado por uno, en la segunda recorrerá un espacio expresado por tres, en la tercera el espacio estará expresado por cinco, en la cuarta por siete, etc.

Si hallamos los espacios totales corridos por el móvil al fin de cada segundo, veremos que si el espacio corrido durante el primer segundo es uno, al final del segundo será cuatro, al fin del tercero será nueve, al fin del cuarto diez y seis, etc. Es decir, que los espacios totales serán proporcionales á los cuadrados de los tiempos que dura el movimiento.

Ejemplos: Hallar la altura de que cayó un cuerpo, sabiendo que estuvo 20 segundos en caer.

La altura que se pide es el espacio total recorrido por el móvil, y tomaremos la fórmula  $e = t^2 \times \frac{1}{2}g$  que nos dará:  $e = 20^2 \times 4'9 = 1960$  metros. Luego la altura pedida es de 1960 metros.

Hállese la velocidad final adquirida por un cuerpo que ha empleado 30 segundos en su caída.

La fórmula será :  $v = t \times 9.8$ , que nos da :  $v = 30 \times 9.8 = 294$  metros. Es decir, que la velocidad final será de 294 metros.

Hallar el tiempo que tardará en bajar un cuerpo que cae de 8000 metros de altura.

La 2.<sup>a</sup> regla dará :  $t = \sqrt{2 \times 8000 \div 9.8} = \sqrt{1632.653} = 40.4$  segundos. Es decir, que tardará 40 segundos y 4 décimos de segundo.

Si se quisiese la velocidad final, se podría aplicar la 6.<sup>a</sup> regla, ó la fórmula  $v = \sqrt{19.6 \times e}$  que daría  $v =$

$\sqrt{19.6 \times 8000} = \sqrt{156800} = 396$  metros próximamente. De modo, que la velocidad al fin de la caída sería de 396 metros.

Hallar la altura de que ha caído un cuerpo y el número de segundos que ha tardado en caer, sabiendo que su velocidad final ha sido de 400 metros.

La fórmula empleada últimamente nos dará :  $v^2 = 19.6 \times e$  y  $e = v^2 \div 19.6$ . De modo, que para hallar la altura de que ha caído un cuerpo se dividirá el cuadrado de la velocidad final por 19.6. Sustituyendo será :  $e = (400)^2 \div 19.6 = 8163.26$  metros. También se tendrá :  $t = v \div 9.8 = 400 \div 9.8 = 40.8$  segundos. Es decir, que cayó de 8163 metros 26 centim. de altura, y tardó en caer 40 segundos y 8 décimos de segundo.

**MOVIMIENTO UNIFORMEMENTE RETARDADO.** El movimiento uniformemente retardado es aquel en que la velocidad del móvil disminuye de igual cantidad en cada unidad de tiempo.

Si á un cuerpo se le da una impulsión hácia arriba, subirá con movimiento uniformemente retardado, porque la fuerza de gravedad le obligará á disminuir constantemente la velocidad que se le haya imprimido, y el valor 9.8 metros será la velocidad retardatriz.

Las mismas fórmulas y reglas deducidas para el movimiento uniformemente acelerado sirven para el movimiento uniformemente retardado, teniendo presente que la velocidad final  $v$  deberá llamarse ahora velocidad primitiva imprimida al cuerpo, pues la final para los cuerpos que suben será necesariamente cero. El espacio  $e$  representará la altura á que sube un cuerpo arrojado de abajo arriba, y  $t$  será como antes el tiempo que tarda en subir.

Ejemplos : Hallar la altura á que subirá un cuerpo arrojado en dirección vertical de abajo arriba con una impulsión ó velocidad de 120 metros.

Para este caso tendremos :  $e = (120)^2 \div 19.6 = 734.7$  metros. Es decir, que subirá á 734 metros 7 decímetros de altura. El tiempo que tardará en subir será :  $t = v \div 9.8 = 120 \div 9.8 = 12.24$  segundos. Esto es, gastará en la subida 12 segundos y 24 centésimos de otro segundo.

Un cuerpo arrojado hácia arriba en dirección vertical ha empleado 52 segundos en subir y bajar ; se desea saber á qué altura ha llegado y cuál fue la impulsión ó velocidad que se le imprimió.

Siendo 52 segundos el tiempo empleado desde que principió á subir hasta que acabó de bajar, serán 26 segundos los que gastó en la subida, y la fórmula  $e = t^2 \times \frac{1}{2}g$  dará :  $e = (26)^2 \times 4.9 = 3312.4$  metros. Por la fórmula  $v = tg$ . tendremos :  $v = 26 \times 9.8 = 254.8$  metros. Es decir, que habrá subido á la altura de 3312.4 metros, y se le comunicó una impulsión de 254.8 metros por segundo.

*Advertencia.* En todas las fórmulas deducidas para el movimiento de los cuerpos se ha prescindido de la resistencia del aire, suponiendo que se mueven constantemente en el vacío. Tampoco se ha tenido en cuenta la variación de la gravedad á diferentes alturas sobre el nivel del mar ; pero advertiremos, que en los casos mas comunes puede

prescindirse de tales diferencias por ser de tan poca consideracion que el despreciarlas no produce error notable. Sin embargo, en las operaciones mas escrupulosas deberá tenerse presente que la resistencia del aire es proporcional al cuadrado de la velocidad del móvil, y que la gravedad decrece á diferentes alturas en razon inversa de los cuadrados de las distancias al centro de la tierra.

*Cuando los cuerpos descenden por la longitud de un plano inclinado, su movimiento es uniformemente acelerado, y para calcular las condiciones particulares del movimiento en este caso se tendrán presentes las siguientes propiedades :*

1.<sup>a</sup> *La velocidad final adquirida por un cuerpo pesado que ha recorrido la longitud de un plano inclinado, es igual á la que habria adquirido el móvil cayendo libremente de la misma altura del plano.*

2.<sup>a</sup> *La velocidad aceleratriz en cuya virtud descende un cuerpo la longitud de un plano inclinado, se hallará multiplicando 9'8 metros por la altura del plano y partiendo el producto por la longitud del mismo.*

3.<sup>a</sup> *El tiempo que emplea un cuerpo pesado en recorrer la longitud de un plano inclinado es igual á la raíz cuadrada del doble de la longitud del plano dividida por la velocidad aceleratriz correspondiente.*

En virtud de la pesantez ó gravedad descenden las aguas de un rio por el plano inclinado que forma el cauce. El plano inclinado sirve á veces para subir grandes pesos á ciertas alturas empleando potencias de poca consideracion.

**FUERZAS CENTRALES.** Cuando un cuerpo gira libremente al rededor de un punto ó de un eje, se halla sometido á la accion de dos fuerzas : una que tiende á alejarlo del centro llamada fuerza centrífuga, y otra que le atrae há-

cia él, que se llama fuerza centripeta. Estas dos fuerzas son iguales y directamente opuestas.

Por medio de sencillas consideraciones se demuestra, que la fuerza centrífuga es al peso del cuerpo que gira, como la altura debida á la velocidad es á la mitad del radio ó distancia del eje al centro de gravedad del cuerpo. De esto resulta, que para calcular la intensidad de la fuerza

centrífuga deberémos emplear la fórmula  $F = \frac{P \times V^2}{9'8 \times R}$ , en

la cual P representa el peso absoluto del cuerpo, V la velocidad por segundo expresada en metros, y R el radio ó distancia del centro ó eje de rotacion al centro de gravedad del móvil.

Luego, para calcular la intensidad de la fuerza centrífuga se multiplicará el peso del cuerpo por el cuadrado de su velocidad, y el producto se dividirá por la longitud del radio multiplicada por 9'8.

Ejemplo : Hallar la fuerza centrífuga que tiende á separar del eje de rotacion á un cuerpo que pesa 20 kg., su distancia al centro es de 2 metros, y la velocidad con que gira es de 10 metros por segundo.

$$\text{Se tendrá } F = \frac{20 \times (10)^2}{9'8 \times 2} = 102'04. \text{ Es decir, que el}$$

esfuerzo con que tiende á separarse del centro es de 102 kilogramos y 4 centésimos.

**CHOQUE DE LOS CUERPOS.** Los cuerpos se caracterizan con el nombre de *duros, blandos y elásticos*. Un cuerpo seria perfectamente duro si fuese de tal naturaleza que no se pudiese doblar, comprimir ni hacer mudar de forma su-

jetándole á las mayores presiones ; pero como no existe ningun cuerpo de esta clase, decimos que no hay cuerpos verdaderamente duros.

Para determinar si un cuerpo es mas duro que otro se mira si este le puede rayar ; así, el cuchillo que raya la madera es mas duro que ella , pero si le pasamos por la superficie de un cristal no producirá señal alguna por mas que le comprimamos, lo cual prueba la mayor dureza del cristal sobre el cuchillo : los vidrieros se sirven de un diamante para rayar los cristales por ser mayor su dureza que la de estos.

Los cuerpos blandos se dejan comprimir y se les hace cambiar de forma con facilidad, tales son el plomo, la cera, etc. Pero si, al cesar la compresion, el cuerpo vuelve á tomar su forma y magnitud primitivas, se llama elástico, y se dirá que su elasticidad es tanto mas perfecta en cuanto vuelva á tomar su figura primitiva en el mismo instante en que cesa la causa que le comprimia. El marfil, el mármol, el cristal, etc., aunque poco compresibles, presentan una elasticidad casi perfecta.

Si dos cuerpos que están en movimiento ó que el uno está en reposo y el otro se mueve vienen á encontrarse, decimos que se ha verificado un choque. Este choque será directo si ambos cuerpos siguen la misma línea, é indirecto cuando las direcciones de los cuerpos son distintas.

Si dos cuerpos siguen la misma direccion con velocidades diferentes siendo mayor la del que va detrás, al cabo de cierto tiempo este alcanzará al otro, y le empujará hasta que ambos adquieran una misma velocidad , en cuyo caso cesará la accion del uno sobre el otro, y los dos juntos proseguirán del mismo modo que si no formasen mas que una sola masa. La cantidad de movimiento que pierde el uno es igual á la que adquiere el otro, por manera

que antes y despues del choque la cantidad de movimiento es la misma.

Para determinar la velocidad con que se mueven los dos cuerpos despues del choque se suman las cantidades de movimiento antes del choque, y se divide el resultado por la suma de las masas.

Quando el cuerpo chocado está en reposo, la velocidad despues del choque se hallará partiendo la cantidad de movimiento del cuerpo chocante por la suma de las masas de ambos.

Si los dos cuerpos van al encuentro uno de otro, el que tenga mayor cantidad de movimiento chocará al otro y le hará retroceder, y marcharán juntos despues del choque, como si los dos fuesen una sola y misma masa.

La velocidad de los dos cuerpos despues del choque se hallará restando las cantidades de movimiento que tenian antes, y partiendo la diferencia por la suma de las dos masas.

Estas propiedades se verificarian con toda exactitud si los cuerpos fuesen perfectamente duros ó blandos , de lo cual se deduce que en la práctica solo se obtendrán resultados aproximados.

Si los cuerpos se suponen perfectamente elásticos, al verificarse el choque se comprimirán hasta cierto limite, despues de lo cual volverán á tomar su forma primitiva en virtud de su elasticidad, y las velocidades adquiridas ó perdidas en un sentido por la compresion, las recobrarán desde luego, pero en sentido contrario.

De aquí resultan las siguientes consecuencias : 1.<sup>a</sup> Si dos cuerpos elásticos de igual masa se mueven en sentido contrario, seguirán despues del choque direcciones opuestas, pero el uno con la velocidad del otro. 2.<sup>a</sup> Si uno de los dos cuerpos está en reposo, el cuerpo chocante quedará en el lu-

gar del chocado, y este adquirirá toda la velocidad del otro.

Si la masa del cuerpo chocado, que suponemos en reposo, es muy grande y la del chocante muy pequeña, la velocidad primitiva será restituida á este y la del chocado será casi nula. Esto explica el por qué se colocan los cuerpos elásticos debajo de los que están sometidos á varios choques. Así es que el yunque se coloca sobre un cuerpo de madera con el fin de restituir al martillo, en sentido contrario, la velocidad que se le imprime al bajar. También puede explicarse por esta propiedad el que no ofrezca peligro dar grandes golpes en un yunque colocado sobre el cuerpo de un hombre.

De lo dicho se puede concluir, que cuando los cuerpos son perfectamente elásticos no se pierde la menor cantidad de fuerza por el choque, pues en virtud de su elasticidad queda restituida luego toda la fuerza absorbida por la compresión. Pero si los cuerpos son duros, blandos ó imperfectamente elásticos, el trabajo reslituido será siempre menor que el que tenían antes del choque, es decir, que siempre resultará una pérdida de cierta cantidad de trabajo ó de fuerza. Si el choque fuese muy violento, esta pérdida podria ser considerable. Por esto deben evitarse los choques inútiles en las máquinas industriales.

No obstante el choque sirve en muchos casos de gran recurso en las artes, pues dando á un clavo con el martillo se le introduce fácilmente en la madera, cuando se lo graria con dificultad cargándole un gran peso que obra-se solo por la gravedad.

**PÉNDULO.** El péndulo consiste en un hilo ó varilla en cuyo extremo inferior tiene fijo un cuerpo. Cuando en la varilla cuelga un solo cuerpo, se llama péndulo simple; y si cuelgan dos ó mas cuerpos en puntos distintos de la varilla, el péndulo se llama compuesto.

Si el extremo superior de la varilla está fijo y el extremo inferior se separa de la vertical, en virtud de la gravedad vuelve á bajar, y adquiere la velocidad suficiente para subir á igual altura en el lado opuesto: este movimiento se llama *de oscilacion*; el tiempo que gasta se llama *oscilacion entera*, y el que tarda en bajar hasta la vertical, *media oscilacion*.

Lo mas importante del péndulo es determinar el tiempo de la oscilacion, y hacer que las oscilaciones sean isócronas ó de igual duracion. Esto se logra haciendo que el hilo de suspension descansa sobre chapitas que tengan la forma de un arco de ciclóide; y se demuestra que las longitudes del péndulo, que oscila los segundos, son proporcionales á las gravedades de los lugares. Por medio de esta relacion se puede determinar la intensidad de la gravedad para un lugar cualquiera de la tierra valiéndose de las observaciones del péndulo; y conociendo la gravedad se determinará la longitud del péndulo que oscila los segundos para cualquier lugar. Así se ve que la longitud del péndulo simple en Madrid es de 993 milímetros, en Paris 994 milímetros y en Barcelona 993 milímetros.