

mo lo indica el título de su Obra que es el siguiente: *Brevis demonstratio erroris memorabilis Cartesii & aliorum, &c. Act. Erud. Leip. 1686, pag. 161*; y sin embargo de que halló defensores de su opinion entre los Físicos mas ilustrados, el mayor número siempre la miró como una paradoxa: nos parece que se ha conseguido conciliar los fenómenos, que sirven de prueba á la opinion de *Leibnitz*, con principios conocidos y generalmente confesados. (Véase FUERZA VIVA.)

FUERZA MUERTA. Es aquella que obra contra un obstáculo invencible, y por consiguiente consiste en una simple tendencia al movimiento que no produce ningun efecto en el obstáculo en que obra: tal es, por exemplo, la *Fuerza* de un cuerpo pesado, que tiende á baxar; pero que está colocado sobre una mesa, ó suspendido por una cuerda, el qual no podria baxar, porque la resistencia de la mesa ó de la cuerda se lo impide; sin embargo de que oprime á la mesa, ó estira á la cuerda, con lo que manifiesta su tendencia al movimiento, el que no puede verificarse mientras se opongan á ello estos obstáculos invencibles. Luego esta presion del cuerpo pesado no tiene efecto en estos dos casos; ó mas bien los efectos que produce, es decir, la tension de la cuerda, y la presion de la mesa son efectos que no agotan la causa oprimente: luego esta causa oprimente nada pierde de su *Fuerza*, porque no la desplega, sino que tiende simplemente á desplegarla: luego quando los obstáculos son invencibles, la accion de la *Fuerza* que tiende á desalojarlos es destruida á cada momento por estos obstáculos, y reproducida por el esfuerzo continuo que hace la *Fuerza* oprimente para vencer esta resistencia.

Y así los pequeños grados que imprime la *Fuerza* oprimente en el obstáculo que detiene su accion, mueren al nacer, y nacen al morir; en cuya sucesion de produccion y de destruccion, consiste el efecto de la pesadez de un cuerpo quando le detiene un obstáculo invencible: á esta

pre-

presion tan pronto producida como destruida; á esta *Fuerza* que la causa oprimente tiende á desplegar inútilmente, se ha dado el nombre de *Fuerza muerta*.

La *Fuerza muerta* de un cuerpo se valúa por el producto de su masa ó materia propia multiplicada por su velocidad inicial, es decir, por la velocidad que tendria en el primer instante, si el obstáculo que le detiene llegase á ceder. (Véase sobre el particular la Obra intitulada *Instituciones de Física*, cap. XX y XXI.)

[Adoptando, como una simple definicion nominal, la idea que los defensores de las *Fuerzas vivas* nos dan de la *Fuerza muerta*, pueden distinguirse dos especies de *Fuerzas muertas*; unas que dexan de existir desde que se ha detenido su efecto, como sucede en el caso de dos cuerpos duros iguales que se chocan directamente en sentidos contrarios y con velocidades iguales: la segunda especie de *Fuerzas muertas* abraza aquellas que mueren y renacen á cada instante, de suerte, que si se suprimiera el obstáculo tendrian su pleno y cabal efecto; tal es la de dos resortes trabados quando obran uno contra otro; tal es tambien la de la pesadez.

Esta distincion entre las *Fuerzas muertas* nos conduce á hacer otra: ó la *Fuerza muerta* es tal que produciria una velocidad finita, si no hubiera obstáculo; ó tal que, quitado el obstáculo, solo resultaria al pronto de ella una velocidad infinitamente pequeña; ó, para hablar con mas exâctitud, el cuerpo comenzaria su movimiento por o de velocidad, y despues la aumentaria por grados. El primer caso es de dos cuerpos iguales que se chocan, ó que se impelen, ó que se tiran en sentidos contrarios con velocidades iguales y finitas; el segundo es el de un cuerpo pesado apoyado sobre un plano horizontal; quitado este plano, baxará el cuerpo; pero comenzará á baxar con una velocidad nula, y la accion de la pesadez hará crecer despues á cada instante esta velocidad; á lo menos así se supone. (Véase ACELERACION Y DESCENSO DE LOS CUERPOS.) De aquí han

in-



inferido los Mecánicos que la *Fuerza* de la percusion era infinitamente mayor que la de la pesadez, pues la primera es á la segunda, como una velocidad finita es á una velocidad infinitamente pequeña, ó mas bien á 0; y de este modo han explicado porque un peso enorme, que carga sobre un clavo medio metido en una tabla no le introduce mas, al paso que muchas veces una percusion muy ligera produce este efecto. (*Véase* PERCUSION.)

FUERZA MOVIENTE. Hablando con propiedad es lo mismo que *Fuerza motriz*; bien que esta palabra casi solo se emplea para designar *Fuerzas* que obran con ventaja por medio de alguna máquina. Entre nosotros se llaman *Fuerzas movientes* lo que otros llaman potencias mecánicas. En los Elementos de Estática se hace mencion de las máquinas simples, de cuya combinacion se componen todas las demas; á saber, la palanca, el torno, la polea ó garrucha, el plano inclinado, el tornillo, la cuña, las que pueden reducirse á dos, que son la palanca y el plano inclinado; porque el torno y la polea se reducen á la palanca, y la cuña y el tornillo al plano inclinado. (*Véase* TORNILLO, CUÑA, POLEA &.)

Estas diferentes máquinas facilitan la accion de las potencias para mover pesos, ya porque en efecto disminuyen la accion que se veria precisada á exercer la potencia para mover el peso inmediatamente; ya porque el modo con que se ha aplicado la potencia favorece su accion. Así es que en la polea, por exemplo, la potencia ha de ser igual al peso; y sin embargo la polea ayuda á la potencia, porque el modo con que se ha aplicado la potencia facilita su accion, y la pone en estado de obrar cómodamente y con facilidad. (*Véase* POLEA.) A estas seis *Fuerzas movientes*, ó Máquinas simples añade *Varignon* en su *Proyecto de mecánica* otra que llama *Máquina Funicular*, y que no es mas que un conjunto de cuerdas, por cuyas diferentes potencias sacan un peso. (*Véase* FUNICULAR. *Máquina*.) Para conocer el efecto de estas diferentes má-

qui-

quinas, debe calcularse en el caso del equilibrio, porque, despues que la potencia es capaz de sostener un peso, por poco que se aumente entonces esta potencia, hará mover el peso; porque para calcular el caso del equilibrio, basta emplear el principio de la composicion y descomposicion de las *Fuerzas*; á cuyo fin, basta prolongar desde luego si es necesario, las direcciones de dos *Fuerzas* qualesquiera, y buscar despues la que resulta; en seguida buscar la resultante de esta última, y de otra tercera *Fuerza*, siguiendo así hasta que se haya llegado á una última *Fuerza*, que será ó debe ser = 0; ó á lo menos pasar por un punto fijo para que se verifique equilibrio. En efecto, si esta última *Fuerza* que resulta de la reunion de todas las demas no fuera igual á cero, ó no pasase por un punto fijo, cuya resistencia aniquilase su accion, no habria equilibrio, como se supone, pues esta *Fuerza* produciria entonces algun movimiento: este principio de la reduccion de todas las *Fuerzas* á una sola encierra toda la *Estática*.]

FUERZA PROYECTIL. Es aquella por la que un cuerpo es arrojado en una direccion ya perpendicular, ya paralela, ya obliqua al horizonte, y con una velocidad proporcional á la *Fuerza* que le despide, y á la razon inversa de la masa del cuerpo arrojado; tal es, por exemplo, el esfuerzo de la pólvora que despide á una bomba ó á una bala, y el esfuerzo de un brazo que arroja un cuerpo qualquiera &c.

La *Fuerza proyectil* debe mirarse como uniforme; y realmente lo sería, es decir haria correr al cuerpo arrojado espacios iguales en tiempos iguales si no hallase ni resistencia de medios ni rozamientos que le pusiesen obstáculos; pero aunque estas resistencias sean inevitables en el estado natural, sin embargo prescindiremos de ellas á fin de que nuestra teoria sea mas sencilla, porque es mas fácil explicar lo que sucederia sin estos obstáculos, que decir exáctamente lo que sucede en el estado natural de las cosas.

Si la direccion de la *Fuerza proyectil* es perpendicular al horizonte, y de abaxo arriba, el cuerpo arrojado descri-

be



be una línea recta ; pero como su pesadez obra en él , y tiende á hacerle baxar , corre , subiendo , un espacio menor que el que exige la *Fuerza proyectil* , y este menos camino es precisamente igual á la cantidad que le haria baxar su pesadez en igual tiempo. Luego su movimiento es el efecto de la *Fuerza proyectil* menos el de la pesadez ; es un movimiento simple , pero retardado. Si , al contrario , el cuerpo fuera arrojado de arriba abaxo , su movimiento seria el efecto de la *Fuerza proyectil* , mas el de la pesadez : seria todavía un movimiento simple , pero acelerado.

Si la direccion de la *Fuerza proyectil* es paralela ú obliqua al horizonte , el cuerpo arrojado describe una linea curva , porque la *Fuerza proyectil* es uniforme , y la de la pesadez añade cada instante un nuevo impulso al móvil , y acelera su velocidad de arriba abaxo. Esta mutacion de razones de las dos potencias que obran al mismo tiempo sobre el móvil , no le permite mantenerse en la linea recta : luego su movimiento es un movimiento compuesto en linea curva , y la amplitud de esta curva es tanto mayor quanto la *Fuerza proyectil* es mas considerable.

En la combinacion de la *Fuerza proyectil* , y de la de la pesadez del móvil consiste toda la Balística , ó el Arte de medir el tiro de una bomba ó de una bala. (Véase BALÍSTICA.)

[FUERZA RESULTANTE. Así han llamado algunos Autores á la *Fuerza* única que resulta de la accion de muchas ; la que se halla por el principio de la diagonal del paralelogramo. (Véase COMPOSICION DEL MOVIMIENTO.) Quando dos ó mas *Fuerzas* son paralelas , se supone que sus direcciones concurren al infinito , y por este medio se halla siempre la resultante ; porque dos paralelas pueden considerarse que concurren al infinito. (Véase PARALELO.) ]

FUERZA RETARDATRIZ. Es aquella que retarda el movimiento de un cuerpo : tal es la pesadez de un cuerpo que se arroja de abaxo arriba , y cuyo movimiento se retarda continuamente por la accion que sobre él exerce la pesadez en

una

una direccion contraria , es decir , de arriba á baxo. (Véase FUERZA ACELERATRIZ.)

FUERZA VIVA. Es la de un cuerpo actualmente en movimiento , que obra contra un obstáculo que cede y que produce un efecto en él : tal es , por exemplo , la *Fuerza* de un cuerpo que por su pesadez ha caido de cierta altura , y choca con un obstáculo que encuentra ; la *Fuerza* de un resorte que se suelta contra un obstáculo al que desaloja.

Hasta *Leibnitz* se habia pensado que la *Fuerza viva* debia valuarse , como la muerta , por el producto de la masa multiplicada por la simple velocidad ; pero este Sabio pensó de otro modo , y creyó que debia valuarse por el producto de la masa multiplicada por el quadrado de la velocidad. (Véase su Obra , cuyo título es : *Brevis demonstratio erroris memorabilis Cartessi & aliorum &c.* Act. Erud. Leips. 1686 , pag. 161. ) Sin embargo de lo opuesta que fue esta opinion á los principios conocidos y adoptados en todos tiempos , con todo halló defensores que la apoyaron en experimentos y racionios muy especiosos ; los exponemos á la vista de los lectores sin omitir las respuestas que les diéron para que puedan juzgar de su mérito.

Las piezas contra y á favor de esta famosa Disputa literaria se hallan en muchos escritos , y principalmente en el 21 y últ. cap. de una Obra intitulada : *Instituciones de Física por la Marquesa de Chatelet* ; en la que reunió esta Señora quanto puede decirse á favor de las *Fuerzas vivas* ; y en otro cuyo título es : *Disertacion sobre la estimacion y medida de las Fuerzas motrices de los cuerpos*, por *Mayrán*, en que atacó fuertemente la opinion de *Leibnitz*. Todo el mundo conviene en los experimentos alegados por uno y otro partido , y la única diferencia que hay versa acerca de las consecuencias que cada uno saca de ellos.

A favor de las *Fuerzas vivas* se suponen , por exemplo , dos balas *A* y *B* de igual materia , masa y volumen , que se dexan caer con libertad de alturas convenientes , la una

Tomo V.

Kk

A



*A* durante 1", y la otra *B* durante 2": 1.º sobre tierra blanda. Es constante que la bala *B* abre en esta tierra un hoyo quádruplo del de la bala *A*, y que *B* desaloja quatro veces tanta materia quanta desaloja *A*. 2.º Se supone que estas balas caen de iguales alturas, y en los mismos tiempos sobre un plano perfectamente elástico. En este caso, haciendo abstraccion de la resistencia del medio, estas dos balas vuelven á subir en virtud de la reaccion que es igual á la compresion, cada una durante un tiempo igual al en que baxó: á saber, *A* durante 1" y *B* durante 2"; pero *B* vuelve á subir á una altura quádrupla de la que vuelve á subir *A*. Todos los Físicos convienen que en este caso, *B* solo recibe dos grados de velocidad mientras que *A* solo recibe uno; y sin embargo los efectos que produce *B* son quádruplos de los que produce *A*: *B* desaloja quatro veces tanta materia como desaloja *A*; luego su impulso en la tierra blanda es quádruplo del de *A*: *B* en virtud de la reaccion resalta á una altura quádrupla de la que resalta *A*; luego su compresion sobre el plano es quádrupla de la de *A*. De donde se infiere que las *Fuerzas vivas* son como los quadrados de las velocidades, y no como las simples velocidades; y que, para tener su justo valor, deben estimarse por el producto de su masa multiplicada por el quadrado de la velocidad, y no por la velocidad simple.

A esto se ha respondido que, para comparar las *Fuerzas* de dos cuerpos con exáctitud se requiere que las circunstancias sean iguales por una y otra parte, y tener una medida comun, que es el tiempo durante el qual obra cada móvil: es asi que la bala *B*, que, con una velocidad doble, produce un efecto quádruplo, solo lo produce en un tiempo doble: luego su *Fuerza* no es mas que doble en tiempo igual, es decir, en razon de la velocidad simple, y no del quadrado de la velocidad. En efecto, supongamos que dos hombres, *Jayme* y *Juan*, estan en camino; que *Jayme* hace una legua en una hora, y que *Juan* hace 4 leguas en dos horas: es evidente que el efecto pro-

producido por la *Fuerza* de *Juan* es quádruplo del efecto producido por la *Fuerza* de *Jayme*; y sin embargo no podrá inferirse de aquí, que la *Fuerza* de *Juan* es quádrupla de la de *Jayme*; pues para que esto fuera asi seria preciso que *Juan* anduviese 4 leguas en el mismo tiempo que emplea *Jayme* en hacer una; lo qual no se verifica, porque en ello emplea doble tiempo. Luego *Juan*, en tiempo igual, solo produce un efecto doble del de *Jayme*, es decir, en razon de su velocidad simple; y su efecto total únicamente es quádruplo porque con una velocidad doble anda doble camino durante un tiempo. Y así, el efecto que produce *Juan* es quádruplo del que produce *Jayme*, no porque 4 es quadrado de 2, sino porque 2 veces 2 hacen 4: por lo que, aunque las opiniones esten divididas acerca del modo de evaluar la *Fuerza* de los cuerpos en movimiento ó lo que se llaman *Fuerzas vivas*, convienen perfectamente acerca del producto de estas *Fuerzas*, y acerca de los efectos que han de resultar de ellas. Todo el mundo conviene con los defensores de las *Fuerzas vivas*, en que los efectos son quádruplos de parte de un cuerpo que se mueve con dos grados de velocidad, en comparacion del que solo tiene un grado; pero esto no sucede, como hemos dicho, porque 4 es el quadrado de 2, y sí solo, porque el móvil que tiene dos grados de velocidad, hace un esfuerzo que se repite dos veces tanto como el del móvil que se mueve con un solo grado de velocidad. Luego tomándose en cuenta la consideracion de los tiempos, sin error puede estimarse indistintamente, en la práctica, la *Fuerza* de los cuerpos por el producto de su masa multiplicada por la simple velocidad actual, si en realidad se mueven; y si son detenidos por obstáculos invencibles, por su tendencia al movimiento, que es como su masa, y su velocidad inicial, es decir la con que comenzarian á moverse si el obstáculo llegase á ceder. Tambien se puede evaluar comunmente la *Fuerza* de los cuerpos en movimiento por el producto de la masa multiplicada por el quadrado de la



velocidad, y la operacion es mas corta: digo comunmente, porque este modo de evaluar las *Fuerzas* no es aplicable en todos los casos segun lo prueba *Mayran* con un experimento que refiere contra las *Fuerzas vivas*, y cuyo resultado reconocen y confiesan ambos partidos; lo qual prueba el defecto de la opinion de *Leibnitz*.

Este experimento es el de dos cuerpos blandos, ó con resorte, que vienen á chocarse con movimientos contrarios, y con velocidades que son entre sí en razon inversa de sus masas; pues se sabe que de ello resulta el reposo si los cuerpos son blandos y sin resorte; y un retroceso despues del choque, con las mismas velocidades que antes del choque, si los cuerpos tienen un resorte perfecto: sin embargo debiera suceder todo lo contrario, si las *Fuerzas* fuesen como los cuadrados de las velocidades; y el cuerpo, por exemplo, que tuviese 3 de velocidad con 1 de masa, y por consiguiente 9 de *Fuerza*, necesariamente deberia llevarse al que con 3 de masa solo tuviese 1 de velocidad, y por lo mismo 3 de *Fuerza*.

A esto se responde que este triplo de *Fuerza* que tiene el cuerpo que se mueve con 3 de velocidad, se consume por los hundimientos y dislocaciones de materia que hace sobre el que solo tiene 1 de velocidad. Pero, dice *Mayran*, ¿quál es el punto de apoyo de los esfuerzos necesarios para producir estos hundimientos y esta intromision de materia? ¿qué cosa los sostiene por una reaccion igual á la accion? ¿no es el centro de gravedad de la masa triple que solo tiene 1 de velocidad? ¿no consume esta misma masa tanta *Fuerza* en sostener los esfuerzos de estas dislocaciones, como pierde de la suya en producirlos el cuerpo chocante? ¿y lo que ella consume no la dispone otro tanto á ceder? Luego en este punto no se pierden esfuerzos, ó mas bien, los que se pierden de una parte se comunican de la otra por un recíproco cambio: luego la masa inferior en *Fuerza* ha de ser arrastrada.

Todo esto se evidencia todavía mas en el caso de los

cuer-

cuerpos con resorte; porque los hundimientos y aplanamientos que padecen mutuamente en el choque, son en virtud del restablecimiento que les sucede, el mismo origen de la *Fuerza* necesaria para retroceder, con las mismas velocidades despues del choque que tenían antes del choque: luego si las *Fuerzas* fueran como los cuadrados de las velocidades, el que solo tenía 1 de velocidad y 3 de masa, seria rechazado por el choque del que tenía 1 de masa y 3 de velocidad, con mas *Fuerza* ó velocidad de la que tenía antes del choque; lo qual se opone á la experiencia.

Pero yo voy mas adelante, dice todavía *Mayran*, y pregunto: ¿no podria suceder que la *Fuerza*, quedando siempre en razon de la simple velocidad, se hallase capaz de producir efectos proporcionales al quadrado de la velocidad? ¿qué por exemplo, siendo doble en virtud de una doble velocidad, le fuese natural producir efectos quádruplos con respecto á los obstáculos que se oponen á su accion? ¿Y no provendria esto de que una *Fuerza* doble en virtud de una doble velocidad, y que, con respecto á otra, obra doble en dos tiempos iguales, obrase quizá tambien dos veces tanto tiempo, ó no se consumiese sino en dos veces tanto tiempo, por lo mismo que es doble, y que resulta de una doble velocidad? de suerte que en lugar de inferir que una *Fuerza* es quádrupla, porque los espacios corridos, los desalojamientos de materia, y todos los demas efectos semejantes que produce, lo son; al contrario deberá inferirse de que estos efectos son quádruplos, ó, en general como el quadrado de la velocidad, que solo es doble, ó, en general como la simple velocidad.

El que quiera instruirse mas á fondo en esta famosa disputa puede leer las dos Obras citadas arriba.

**FUERZA UNIFORME.** Es aquella que es capaz de producir á cada instante el mismo efecto, y que realmente le produciria si no lo impidieran los obstáculos que se oponen á ella, y que son inevitables en el estado natural de las

las



las cosas: luego en este estado natural no hay *Fuerzas uniformes*; bien que se las puede mirar como tales, haciendo abstraccion de los obstáculos de que acabamos de hablar, lo qual facilita mas el cálculo de los efectos de esta clase de *Fuerzas*.

FUERZAS CENTRALES. Fuerzas, por las que un cuerpo que circula al rededor de un punto como centro, tiende, por una parte, á alejarse de este centro, y por otra á acercarse á este mismo centro. Llamamos á la primera *Fuerza centrífuga*: (Véase FUERZA CENTRIFUGA): á la segunda *Fuerza centrípeta* (Véase FUERZA CENTRIPETA): y á ambas juntas *Fuerzas centrales*. Quando estas dos *Fuerzas* son iguales, el cuerpo continua circulando sin alejarse ni acercarse jamas al centro.

Estas dos *Fuerzas* son directamente opuestas una á otra: porque aunque la *Fuerza centrífuga* tenga su direccion por la tangente  $BD$  (Lám. VI. Fig. 3.), y la direccion de la *Fuerza centrípeta* sea segun la del radio  $BC$ ; sin embargo es cierto que el radio prolongado  $CA$  se cortaria, al volver, por la tangente  $BD$  en una serie de puntos  $E, F, D$ , que van todos apartándose mas y mas del centro  $C$ : luego la *Fuerza centrífuga* tiende á alejar el móvil directamente del centro, al paso que la *Fuerza centrípeta* tiende directamente á acercarle á él.

Los cuerpos celestes experimentan estas dos *Fuerzas*: su *Fuerza centrífuga* que tiende á cada instante á apartarlos del centro de su movimiento; y la *Fuerza centrípeta* que resulta de la gravitacion general, tiende á acercarlos. De estas dos *Fuerzas* opuestas nace un movimiento compuesto en línea curva, por el qual describe cada planeta su órbita, que es una curva relativa á la naturaleza de las *Fuerzas* que le anima.

FUERZAS (Descomposicion de las) (Véase DESCOMPOSICION DE LAS FUERZAS).

\* FUERZA DE COHESION. El fluido gravífico, en sentir de algunos Físicos Modernos, es la causa de la cohesion de los cuer-

uerpos y de su dureza; al paso que el calórico lo es de la expansion, y de la liquidez de la mayor parte de los cuerpos como los fluidos aeriformes, el agua, el mercurio.....

Llaman *Fuerza de cohesion* á la del fluido gravífico, y *Fuerza de expansion* á la del calórico: pero la causa de la liquidez del calórico, y quizá de algunos otros fluidos, debe atribuirse á un movimiento de circulacion que tiene cada una de las moléculas del calórico, y las de todos los demas fluidos: luego el fluido gravífico y el calórico luchan continuamente uno contra otro, pues el uno se esfuerza en separar las partes de los cuerpos, y el otro en reunirlos. Para tener una idea aproximativa de la energia de estas dos fuerzas, basta tener presente que el agua abandonada á la *Fuerza de cohesion*, y helándose, puede hacer reventar un cañon en que se le haya encerrado; y que esta misma agua se liquida al grado sobre cero. ¿Qual será pues la fuerza del calórico para vencer esta gran *Fuerza de cohesion* que habia convertido el agua en yelo? (*Diario de Física*).\*

FUERZA DE PRESION. (Véase PRESION.)

\* FUERZA EXPANSIVA DEL AGUA AL TIEMPO DE HELARSE. ¿Quién diria que pueden arrojarse proyectiles por medio de la fuerza la mas diametralmente opuesta á la que inflama á la pólvora, á saber, por medio de la fuerza con que el agua que se hiela, tiende insensiblemente á aumentar de volumen? El Mayor de Artillería *Edward Willams* lo acaba de verificar en Quebec llenando de agua la cavidad de una bomba de fundicion, que expuso al frio, habiendo introducido un tapon en la boqueta á fin de experimentar si la dilatacion del agua que se helase en el interior seria capaz de hacerla reventar.

En estos experimentos halló que apenas se podia introducir en dicha boqueta un tapon de hierro que pudiese resistir á la fuerza expansiva del yelo, pues le arrojaba como un proyectil; y al mismo tiempo salia por la abertura un cilindro de yelo de considerable longitud: pero se le sujetaba al tapon por medio de resortes que entraban