

DE CAUSA GRAVITATIS
Acta Eruditorum, 1690
GM VI 193-203; LA I 178-189

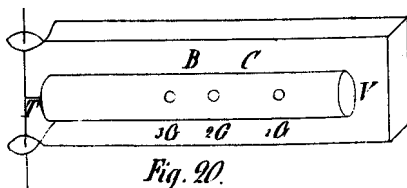
Sobre la causa de la gravedad. Defensa de la doctrina del autor acerca de las verdaderas leyes de la naturaleza, contra los Cartesianos.

[193] Habiendo demostrado yo en estas *Actas* que no siempre se puede conservar la misma cantidad de movimiento, sino que hay que definir otra ley de la naturaleza [*Brevis Demonstratio erroris memorabilis Cartesii... Actas* 1686, GM VI 117-123], el Sr. Abad de Conti [Catelan] ha tratado de responder sin haber entendido mi pensamiento e imputándome opiniones de las que estoy alejadísimo [*Courte remarque de M. l'Abbe D.C.* y respuesta de Leibniz, en ed. Arana, p. 9-12, 13-25]. Y habiendo sido advertido de ello, prefirió el silencio ya fuera porque se sentía satisfecho con la respuesta (lo que debería haber confesado), ya porque, no diré otras razones, no quería enfrentarse a otro problema que yo propuse con ocasión de nuestra controversia, y que después ha sido resuelto por el celeberrimo Huygens, tal como yo lo había hecho. En estas mismas *Actas* he demostrado hace poco este problema y lo he ampliado [*De linea isochrona in qua grave sine acceleratione descendit...GM V 234-237; 241-243*]; mas, a fin de que ni el Sr. Abad ni ninguno otro pueda quejarse de que se les hurta la solución, lo he propuesto un poco [194] cambiado para que los Cartesianos se ejerciten en el análisis: “encontrar en el plano una línea, en la que un grave en caída se aparte o se acerque a un punto dado de manera uniforme para tiempos iguales”. Entre tanto, otro erudito francés (el excelente Sr. P.), tomando el relevo del Sr. Abad, ha emprendido la defensa de la doctrina de los Cartesianos en las *Actas* de 1689, p. 183ss, y aunque no parece haber comprendido bien el estado de la controversia, he querido sin embargo satisfacer también sus dudas, sobre todo porque ha tocado otros temas nada despreciables, que permiten ilustrar el problema. Dice él todo lo siguiente: ‘Galileo supone que un grave en caída adquiere iguales grados de velocidad para tiempos iguales. Esto ya trató de probarlo Blondel de forma experimental en un libro sobre bombas, como si no hubiera también una demostración *a priori*. Pero ésta ya la dio Huygens, afirmando que el movimiento de la materia que mueve los graves es de velocidad infinita respecto de las velocidades en caída de los graves que nosotros podemos observar, y, por lo tanto, el grave, lo mismo al comienzo cuando aún está en reposo que después cuando ya se mueve, es afectado siempre del mismo modo en cuanto a la cantidad de movimiento impreso o aumento de la velocidad que recibe del agente motor, puesto que en comparación con el motor siempre puede considerársele como en reposo. Ahora bien, cuánta sea la velocidad del motor Huygens la midió según la hipótesis cartesiana, afirmando que la gravedad se produce porque existe una cierta materia sutil que gira en torno a la tierra y, al alejarse del centro, empuja a otros cuerpos hacia la tierra. De esta manera investigó experimentalmente cuánta fuerza centrífuga equivaldría a la gravedad en el giro de un pequeño círculo, y de aquí dedujo que en un círculo grande, como el que mide la órbita de la tierra, la materia aquella se movería con tanta velocidad que podría recorrer miles de veces en una hora toda la órbita de la tierra’. Hasta aquí todo es bello y digno de Huygens; pero nuestro oponente añade de su cosecha cosas que no pueden admitirse. Dice, en efecto, que con esto se pueden eliminar algunas graves dificultades que han ocupado los desvelos de hombres doctos. Por ejemplo, los ilustres Sturm y Jac. Bernoulli polemizando en estas mismas *Actas* coincidieron (*mutua συζητήσει*) en preguntar cómo podía explicarse con la hipótesis cartesiana que los graves no fueran más atraídos hacia el eje que hacia el centro. Nuestro oponente piensa que esta dificultad se resuelve si consideramos que la velocidad de la materia productora de la gravedad es incomparablemente mayor que la velocidad del giro de la tierra, de manera que la

diferencia de velocidad, que se produce en el [195] ecuador o en cualquier otro paralelo, es insignificante en comparación con la velocidad máxima de la materia. De la misma manera tan sencilla (si hemos de creerle) se resuelve mi argumento contra los Cartesianos. En efecto, dice, como la velocidad del motor de los graves es infinita y, por lo tanto, es como si el grave estuviera en reposo, entonces, ya desde el comienzo se le imprimirán el mismo número de impulsos en tiempos iguales y, por lo tanto, las fuerzas serán como los tiempos y no como los espacios de ascensos o de descensos, tal como yo había afirmado. Finalmente, como el autor de las *Nouvelles de la République des Lettres* [el Sr. Catelan] temía que la materia del *Primer Elemento* en virtud de la fuerza centrífuga se apartara del sol más que los glóbulos del *Segundo Elemento* y así se dispersaría el sol y, a su vez, el vórtice de la tierra se dispersaría dentro del vórtice del sol que describe círculos mucho mayores y, por lo tanto (*caeteris paribus*) está dotado de menor fuerza centrífuga, lo que ha hecho es responder introduciendo una cierta ‘congruencia o no-congruencia de partículas’, capaz de retener a las fugitivas. Hasta aquí él.

A todo esto yo respondo lo siguiente: (1) Galileo no sólo supuso en los graves un movimiento uniformemente acelerado en tiempos iguales, sino que además se esforzó en confirmarlo con argumentos y experimentos y no llegó a esta afirmación de manera temeraria. (2) Nuestro objetor confunde la operación de *demostrar* la verdad de algo con la de aportar una causa explicativa mediante una hipótesis, y probablemente no ha captado bien la posición de Huygens, cuyo objetivo (en cuanto es posible saberlo) en torno al razonamiento que hemos hecho no fue demostrar que la naturaleza de la aceleración de los graves fuera la que hemos dicho, sino que, suponiendo (tal vez apoyado en los fenómenos) que fuera tal, explicar el modo verosímil como podría producirse. (3) Nosotros daremos de esta verdad una demostración absoluta *a priori* en nuestra *Dinámica*, sin emplear ninguna hipótesis, exponiendo simplemente desde los fenómenos vulgares que un grave, ya esté en un lugar más alto o más bajo, es del mismo peso que lo que en las más mínimas diferencias de altura nos lo muestran indubitablemente los sentidos. (4) La hipótesis que él llama cartesiana es más bien kepleriana, aunque elaborada después por Descartes. Pues fue Kepler el primero que descubrió que se podía vislumbrar el origen de la gravedad al observar que un fluido que consta de partículas más sólidas, cuando gira y tiende a apartarse del centro, atrae hacia él las partículas suspendidas menos sólidas. De este pensamiento, como de otros muchos, se aprovechó Descartes, ocultando (de forma poco elegante) al verdadero autor, lo mismo que cuando tomó del *Paralipomena in Vitelionem* de Kepler la explicación de la igualdad del ángulo de incidencia [196] y de reflexión mediante la composición de dos movimientos, o aprendió de Snell la verdadera regla de la refracción. Pues, aunque Descartes fue sin duda un hombre extraordinario, con estas artimañas perdió mucho de su sólido prestigio ante jueces inteligentes. (5) Aunque aceptemos como correcto que la velocidad de la materia productora de

la gravedad es incomparablemente mayor que la de los graves nuestros, no es sin embargo necesario esto para explicar la aceleración constante de los graves por la fuerza centrífuga, como parece creer el objetor, quizás por no haber entendido bien el pensamiento de Huygens. Para que esto se comprenda, imaginemos un tubo horizontal *TV* largísimo (fig. 20), cerrado



por ambas partes, lleno de mercurio, en el cual cerca del extremo *V* hemos colocado en el lugar *G* la esfera *G* de vidrio o de alguna otra materia menos densa o menos sólida que el mercurio y que no sea corroída por éste. Si ahora hacemos que el tubo cilíndrico permaneciendo en plano horizontal gire en torno a uno de sus extremos *T* inmóvil, el mercurio, al tender a alejarse del centro y dirigirse hacia *V*, pondrá en movimiento la esfera y la obligará a dirigirse hacia *T* sin ningún ascenso. Incluso aunque el tubo esté ligeramente inclinado respecto de la horizontal de forma que el extremo *T* sea inferior al *V*, no obstante mediante la fuerza de una circulación suficientemente rápida puede hacerse que la esfera, que en cualquier otra situación nadaría indiferente en el mercurio, descienda desde *V* hacia *T*, lo cual es una excelente representación de

la gravedad. La causa por la cual esta fuerza centrífuga de la materia que se aparta del centro empuja precisamente hacia ese centro a otros objetos que se alejan menos, puede explicarse claramente porque la materia B (mercurio), al alejarse del centro T , trata de introducirse entre C (mercurio) y el cuerpo ${}_2G$ (esfera), y, cuando el mercurio C no puede avanzar más porque lo impide el cerramiento en V , entonces el cuerpo ${}_2G$ es repelido hacia T , o sea, hacia ${}_3G$. Puesto esto así, al crecer continuamente la velocidad con la que la esfera G tiende hacia el centro T y decrecer, por el contrario, la velocidad con la que el tubo rotatorio tiende hacia ese mismo centro, llegará un momento, pongámoslo en ${}_2G$, en que la velocidad del tubo rotatorio y la de la esfera tendente por la recta al centro sean iguales. Ahora bien, si imaginamos la longitud de tubo tan grande que el punto ${}_2G$ diste mucho del centro T , por ejemplo muchas millas, entonces, aunque la distancia de la esfera que tiende de ${}_2G$ a ${}_3G$ sea entre estos dos puntos incluso de un intervalo de muchos pasos, no cambiará apreciablemente la velocidad de circulación ni se observará una diferencia notable entre ${}_2G$ y ${}_3G$ y, por lo tanto, tampoco cambiará notablemente la fuerza centrífuga que se imprime continuamente a la esfera entre ${}_2G$ y ${}_3G$; en consecuencia, sería como si la esfera permaneciera en el mismo lugar G y recibiera iguales impulsos en tiempos iguales. Pues bien, lo mismo que hemos imaginado en el tubo ocurre en realidad en el éter, puesto que de su fuerza [197] centrífuga se produce la gravedad. En efecto, debido a su máxima distancia al centro (de la tierra), el intervalo exiguo con que ante nosotros se acerca a dicho centro un grave al descender no puede ofrecernos diferencia alguna apreciable y, por lo tanto, de aquí surgirá nuestra impresión de un impulso igual de las velocidades en tiempos iguales, aunque la rapidez del éter no fuera tan grande. Pero, aunque no busquemos la gravedad en la fuerza centrífuga de circulación sino en una cierta materia que, a modo de viento, mueve los graves hacia la tierra, no obstante, a fin de explicar los incrementos de gravedad como proporcionales a los tiempos, será necesario que esta velocidad de viento sea incomparablemente mayor que la que adquieren los graves ante nuestra observación.

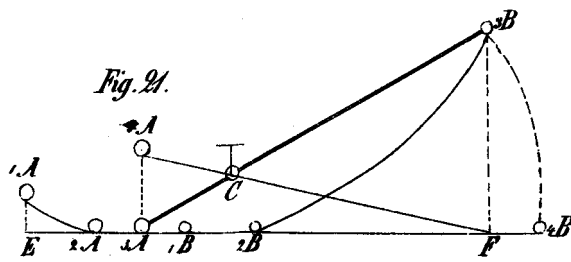
(6) Aunque yo mismo me inclino a buscar la gravedad en la fuerza centrífuga de la materia etérea circulante, quedan no obstante algunas cosas que entrañan gravísimas dificultades. Por ejemplo, para no referirme a otras, será necesario que este éter se mueva en torno a la tierra no sólo en el ecuador y los paralelos, sino también en los círculos máximos como son los meridianos (pues, de lo contrario, los graves no se dirigirían al centro, sino al eje de la tierra); pero, en tal caso, será necesario que el éter en torno a los polos sea mucho más denso, lo que no permite entender cómo los graves son empujados de igual modo hacia el centro tanto que estén en lugares próximos al ecuador como a los polos, y sin embargo esto es lo que nos muestran los fenómenos, sin que se observe una diferencia apreciable. Si tuviéramos una solución a esta dificultad, podríamos aceptar más fácilmente los pensamientos de Kepler sobre la causa de la gravedad. (7) Podríamos pensar en otra causa que se liberara de esta dificultad, concibiendo una explosión de cierta materia propulsada en todas direcciones desde la esfera terrestre o de otro astro, que produjera una radiación análoga a la radiación de la luz; tendríamos así un (modelo) de alejamiento del centro de la materia etérea tal que ésta empujaría hacia el centro a aquellos cuerpos más densos que carecen de fuerza de alejamiento (como se explicará en otro lugar) y los haría así graves.

(8) Prescindo también ahora de saber qué causa transformó en redonda a la esfera de la tierra cuando ésta era fluida; o sea, cómo la infinidad de movimientos del fluido ambiente, que se dirigen en todas direcciones (como los que forman en el agua las gotas de aceite), pero que, a su vez, son perturbados por partículas de diversa naturaleza, pueden concentrar las partes de la tierra hacia ella, cuando a su vez la tierra misma, heterogénea ella como dijimos hace poco, los expulsó de sí. (9) Me sorprende cómo el ilustre objetor ha forjado en su mente la idea de que con la hipótesis de la velocidad infinita atribuida al éter circulante pueda resolver una dificultad que ha ocupado a otros muchos y sobre todo a los ilustres varones Sturm y Jac. Bernoulli. Pues el hecho de que los graves sean atraídos al centro de la tierra más que al [198] eje no se debe a la mayor velocidad del giro terrestre en el ecuador que en los paralelos, sino a que la materia etérea que gira

en torno a los círculos menores paralelos al ecuador y que tiende a alejarse de sus centros, empujaría a los graves hacia los centros de cualesquiera otros círculos, que caen no precisamente al centro de la tierra sino quizás en otros puntos del eje. Pues no se trata aquí de la diferencia de velocidad, sino de dirección. Y no veo cómo en esta hipótesis pueda ocurrir esto, a no ser que atribuyamos una suerte de fuerza magnética al éter que produce inmediatamente la gravedad no sólo en el ecuador y los paralelos, sino también en los meridianos, como ya dejé escrito hace tiempo en un opúsculo editado y en carta al R. P. Kochansky, que se ocupaba de este problema [*Tentamen de motuum coelestium causis*, GM VI 161ss]. (10) No me detendré mucho en la materia del *Primer Elemento* cartesiano ni en los glóbulos del *Segundo*, productores de la luz; ambos me parecen ficticios y tengo por demostrado que ni el primero ni el segundo Elemento se dan en la naturaleza ni consiste la luz en ese conato que Descartes describe. Por otra parte, la causa que forma las gotas de los líquidos es la misma que mantiene el vórtice solar en el mundo y el terrestre en el vórtice del sol, y pone límites a la materia explosiva, a fin de evitar que se aleje tanto del centro del vórtice que se disperse. (11) Me explico: en todo fluido hay una variedad de movimientos en todas direcciones, tal como vemos en el agua agitada aleatoriamente por un bastón; este movimiento es perturbado por partículas interpuestas de distinta textura y movimiento no accesibles a nosotros, y tienden a oponerse a los obstáculos y disminuirlos; lo que no ocurre tanto cuando las partículas se aglomeran en figuras capaces de adoptar una misma superficie. Así que, no sólo los *vórtices* o (eliminado el núcleo) las *burbujas*, sino también las más primitivas consistencias o *cohesiones* y, por así decirlo, las urdimbres de las cosas y bases de las texturas se producen en razón propia de cada masa y de su movimiento conspirante, de manera que, establecidas las causas de la primera solidez, puede venir luego el contacto mayor o menor de los cuerpos (dotados ya de alguna solidez) y de ahí, por fin, favorecida por la resistencia ambiente, la cohesión según distintas proporciones. Es decir, es el movimiento o, si se prefiere, la fuerza motriz, la única causa que divide la materia y la hace *heterogénea*, de manera que ni su mayor o menor congruencia, que por sí misma es continua y uniforme, ni siquiera sus figuras ni sus partes reales, esto es, las actualmente determinadas, pueden entenderse de otra manera. Por lo tanto, el movimiento es también principio de cohesión y, así, la *fluidéz* se produce por movimiento más aleatorio, y la *solidez* por movimiento más conspirante, como hace ya tiempo hemos explicado; o dicho mejor, nada es tan fluido que no tenga algún grado de solidez, ni tan sólido que no tenga algún grado de fluidéz; las diferentes denominaciones que nosotros hacemos dependen de lo que ante nuestros sentidos predomina [GM VI 508-511; cfr. supra notas 55, 191, 192, 198, 203, 666].

[199] (12) Pero conviene que vayamos ya a la defensa de mi posición, defensa que podría parecer bastante innecesaria frente a una objeción que reconoce lo que está bajo controversia y no llega a tocar la fuerza de mi razonamiento. Mas en consideración al objetor, y como lo que a él le desorientó podría también engañar a otros o, mejor, como reconozco que en mis palabras algo me impidió llegar a la perfecta claridad, trataré de ver si puedo ofrecerme a mí mismo, como juez justo, una correcta satisfacción. Demostraré, pues, la proposición que él niega, y con esta ocasión pondré en claro (así lo espero) todo el problema, para terminar revelando la fuente del error. Pero, antes de nada, tendremos que evitar cualquier confusión terminológica; pues habrá quienes se permitan decir que definen la fuerza por la cantidad de movimiento de manera que, duplicada la velocidad de un cuerpo dado, consideran también duplicada su fuerza; y no seré yo quien niegue a nadie esta libertad que para mí mismo reclamo. Pero como nuestra controversia es real, a saber, si lo que se conserva es el movimiento o más bien la misma cantidad de fuerzas en el sentido en que yo lo tomo, es decir, en razón compuesta no del peso y la velocidad, sino del peso y la altura a la que el cuerpo puede ser elevado por un agente dotado de fuerza, nos liberamos así fácilmente de cualquier controversia sobre nombres. Así pues, definiré aquí que dos cuerpos tienen *fuerza desigual* cuando, al ser lícito sustituir uno por el otro, podría originarse un movimiento perpetuo mecánico; el sustituto tendría una fuerza *mayor* y el sustituido una *menor*; y cuando en tal sustitución no puede producirse ese absurdo que es el movimiento perpetuo, diremos que sus *fuerzas son iguales*. Puesta esta definición, el ilustre objetor concederá fácilmente como corolario que *se conserva en los cuerpos la misma fuerza*, o sea, que será la misma la potencia de la causa plena y la del efecto íntegro o, lo que es lo mismo, la del estado precedente y la del siguiente

nacida de aquél, a fin de que no se siga del precedente algo que sea más fuerte, de lo cual se podría originar el movimiento perpetuo mecánico. Confío en que nadie negará la imposibilidad de este incremento de fuerzas, de manera que tanto en Física como en Mecánica es lo mismo reducir al movimiento perpetuo mecánico que reducir al absurdo. Pues bien,



aceptado esto, será necesario que *las fuerzas estén en razón compuesta de los pesos y de las alturas* o, lo que es lo mismo, se conserva la suma de los productos de los pesos por las alturas (a las que los pesos pueden ser elevados, según los datos) y no la suma de los factores de los pesos por las velocidades, tal como creen los Cartesianos. Lo que demostraré

ahora de la siguiente manera. Pongamos (a modo de ejemplo) que una esfera A de 4 libras (fig. 21) desciende desde la altura ${}_1AE$ de 1 pie por la línea inclinada ${}_1A_2A$ hasta llegar al plano horizontal EF y en él [200] prosigue desde ${}_2A$ hasta ${}_3A$ con grado de velocidad 1 adquirido por el descenso. En el mismo plano horizontal hay otra esfera B de 1 libra, en reposo, en el lugar ${}_1B$. Supongamos que toda la potencia de la esfera A debe trasladarse a la esfera B , de manera que A quede en reposo en el lugar ${}_3A$ de la horizontal y sólo se mueva la esfera B . Se pregunta cuánta velocidad debe recibir la esfera B para que reciba tanta fuerza cuanto tenía la esfera A . Los Cartesianos dirán que la esfera B , que es cuatro veces menor que A , recibirá una velocidad de 4 grados, es decir, cuatro veces mayor que la de A : pues la misma fuerza tiene A de 4 libras y velocidad 1, como B de 1 libra y velocidad 4. Pero yo voy a mostrar que de tal sustitución se puede originar el movimiento perpetuo o absurdo. En efecto, el cuerpo B de 1 libra, al tener 4 de velocidad, con ayuda de ésta podrá ascender en movimiento directo hacia arriba (como, por ejemplo, si recorriendo desde ${}_1B$ hasta ${}_2B$, incida en la línea inclinada ${}_2B_3B$) hasta ${}_3B$, o sea, hasta la altura perpendicular F_3B de 16 pies, puesto que el cuerpo A había adquirido el grado de velocidad 1 al descender de la altura perpendicular de 1 pie y, por lo tanto, podría ascender de nuevo sólo a 1 pie. Por lo tanto, con un grado de velocidad cuádruple se puede ascender a 16 pies, ya que *las alturas a las que se puede ascender por la fuerza de las velocidades son como los cuadrados de estas velocidades*. Pero de aquí se produciría el movimiento perpetuo o efecto más potente que la causa. En efecto, puesto que la esfera B de 1 libra está elevada ya a 16 pies, podemos ahora utilizarla para que, descendiendo de nuevo hasta la horizontal ${}_4B$ mediante algún sencillo mecanismo, como puede ser una balanza rectilínea inclinada, pueda elevar la esfera A de 4 libras, que está situada en el lugar de la horizontal ${}_3A$, a una altura perpendicular cercana a 4 pies. Sea la balanza, que se extiende de ${}_3A$ a ${}_3B$, con punto de apoyo o fiel en C , dividida en brazos de longitud desigual (aunque iguales en peso) C_3A y C_3B , de manera que el brazo C_3B sea un poco más que el cuádruple del brazo C_3A . Al llegar la esfera B hasta el extremo ${}_3B$ de la balanza, vencerá y elevará la esfera A situada en el otro extremo ${}_3A$, pues la razón de sus distancias al centro (mayor que cuádruple, por construcción) es inversamente mayor que la razón de sus pesos (cuádruple, por hipótesis) y, por lo tanto, al descender B hasta la horizontal por la altura perpendicular ${}_3BF$ de 16 pies desde ${}_3B$ hasta ${}_4B$, elevará a A desde ${}_3A$ hasta ${}_4A$ a una altura perpendicular un poco menor de 4 pies, con diferencia tan exigua como se quiera. En la práctica, basta con elevar A a una altura perpendicular cercana a 3 pies o incluso algo menos. Pero esto es absurdo. Porque al comienzo A estaba sólo elevada [201] a 1 pie, estando B en la horizontal; pero ahora en el estado final, una vez vuelta B a la horizontal, nos encontramos con que A no sólo se ha reelevado a 1 pie, lo máximo que podía ocurrir eliminados otros impedimentos accidentales, sino que ha ascendido hasta más de 3 pies y cerca de 4, y esto con la

sola fuerza de su primitivo descenso desde 1 solo pie, aunque haya sido por la mediación de B , la cual sin embargo no ha contribuido con ninguna fuerza nueva sino que, como hemos supuesto, ella misma no tenía sino la fuerza recibida de A . De esta manera hemos ganado y, por así decir, sacado de la nada casi el triple de fuerzas, lo que ninguna persona inteligente negará que es absurdo. ¡Qué maravilla tener así en las manos el movimiento perpetuo! Sería muy sencillo trasladar la esfera A del lugar ${}_4A$ a su primitiva posición ${}_1A$, y recomenzando el camino (pues tiene casi 3 pies de recorrido), hacerle prestar algún efecto mecánico: elevar otros pesos, poner máquinas a funcionar, etc. Por su parte, la esfera B , con elevar la posición ${}_4B$ sólo un poco más que la horizontal (puesto que A vuelve a ${}_1A$) podrá volver rodando hasta el lugar ${}_1B$; y así todo volvería a su estado primitivo, consiguiendo un efecto mecánico notable con la sustitución; y se podría repetir el juego! Pero todo esto no se puede hacer. De pasada diré que con nuestro presente Método los inventores del movimiento perpetuo plausible en lo concreto tendrán ocasión de descubrir nuevos teoremas en los que se detecta la falacia, mostrando (en una especie de *Álgebra mecánica*) que la equivalencia subyacente entre *la causa y el efecto* no puede ser violada por ningún mecanismo [N.T. el movimiento perpetuo físico, cfr. GM III 227s, 236s]. Y es precisamente esta equivalencia la que a nosotros nos ha servido en este momento para descubrir las verdaderas leyes de la transmisión de los movimientos. Así que habrá que decir que B (de 1 libra), si debe recibir la potencia de A (de 4 libras) o, lo que es lo mismo, si A , que era la única que se movía al comienzo, debiera quedar en reposo al dar el movimiento a B , que antes estaba en reposo, eliminado cualquier otro agente o paciente que añada alguna fuerza nueva o absorba parte de la primera, entonces B no deberá recibir sino el doble de la velocidad que tenía A . Y por lo tanto, no podrá B ascender sino a 4 pies, ni A (por más balanzas que se utilicen) podrá volver más que a 1 pie ni, en consecuencia, se producirá el absurdo de que el estado posterior o efecto sea de mayor valor que la causa que lo originó, sino que todo se compensará con exactitud. Así que con el mismo ejercicio hemos concluido contra los Cartesianos que *no siempre se debe conservar la cantidad de movimiento*; en el presente caso, cuando al comienzo A estaba en movimiento, teníamos un cuerpo de 4 dotado de velocidad 1, mientras que después de la traslación tenemos un cuerpo de 1 dotado de velocidad 2; por consiguiente, [202] en el estado final del proceso la cantidad de movimiento es sólo la mitad del comienzo. Habrá otros casos en los que aumentará la cantidad de movimiento, y otras muchas traslaciones de fuerzas, como cuando los cuerpos actúan mutuamente uno contra el otro, en donde *la cantidad de movimiento difiere de la cantidad de fuerzas* explicada por nosotros (que, como hemos visto, mide la *cantidad de efecto*) y, por lo tanto, aquélla no se puede conservar. Generalizando, si tenemos un cuerpo A , dotado al comienzo de velocidad e , y un cuerpo B con velocidad y ; y después de la acción el cuerpo A tiene velocidad (e) y el cuerpo B velocidad (y); a su vez, si las alturas a las que A y B podían ascender eran respectivamente x y z antes de la acción, y (x) y (z) después de la acción, afirmo que debe darse $Ax + Bz = A(x) + B(z)$ para que se conserve la misma potencia; de donde se sigue que no siempre se puede dar $Ae + By = A(e) + B(y)$, es decir, no puede conservarse siempre la misma cantidad de movimiento.

Nos queda ya que descubramos en pocas palabras dónde está *la fuente del error*. Ciertamente, el ilustre objetor no necesita ya de aquella infinita velocidad del éter motor, y gustosamente concedo también, aun sin pruebas, que las velocidades adquiridas o perdidas en el descenso o ascenso libre son como los tiempos. Pero lo que yo he demostrado es que LAS FUERZAS MOTRICES, esto es, *aquellas que han de conservarse*, no deben medirse por los grados de velocidad. Lo que a la mayoría de hombres, por otra parte doctísimos, les ha engañado ha sido el prejuicio, aprendido en la Escuela, que les ha inducido a concebir el movimiento y la velocidad (o grado de movimiento) como si fuera una entidad real y absoluta en las cosas, al modo como una misma cantidad de sal se diluye en un volumen mayor o menor de agua, metáfora que (si no recuerdo mal) utilizaba Rouault. Por eso, les parece sorprendente el hecho de que pueda aumentar o disminuir la cantidad de movimiento sin que medie algún milagro de Dios que crea o destruye. No; el movimiento consiste sólo en una cierta relación; incluso hablando con rigor,

nunca existe, como no existe el tiempo ni aquellos todos cuyas partes no pueden existir simultáneamente y, por lo tanto, mucho menos debe sorprendernos que su cantidad no se conserve la misma. Por el contrario, la fuerza misma motriz (es decir, el estado de cosas del que nace el cambio de lugar) es algo absoluto y subsistente y, por lo tanto, la naturaleza se desentiende de su cantidad. De aquí aprendemos también que *debe haber en las cosas algo más que la extensión y el movimiento*, afirmación ésta de cuya importancia saben bien los inteligentes. Pues, aunque a primera vista parezca que, duplicada la velocidad de un cuerpo, se duplica también su fuerza, sin embargo esto no puede admitirse. Alguien objetará que, si el cuerpo *A* tiene un cierto grado de velocidad y se le añade otro grado de velocidad igual al anterior, parecería [203] evidente que lo que había al comienzo se ha duplicado o repetido exactamente. Pero yo respondo negándolo; ciertamente, lo que antes era se verá exactamente duplicado, si al cuerpo *A* con velocidad 1 se le añade el cuerpo *B*, igual a *A*, y también con velocidad 1; en este caso, sin duda se ha duplicado también la fuerza. Pero cómo se obtiene la multiplicación de la potencia, aunque no se multiplique el cuerpo, me remito al método explicado más atrás [véase GM III 220, notas 39, 293, 294, sobre repetición ‘modal’ y repetición ‘real’ y la noción de ‘materia’; y también *De legibus naturae*, GM VI 211s]. El error de otros ha consistido en pensar que, para medir la potencia, hay que tener en cuenta no sólo el efecto producido, sino también el tiempo que dura la producción; y de aquí han deducido que la potencia no debe medirse sólo por la razón compuesta del peso y de la altura a la que el peso puede ser elevado por la potencia. En efecto, es verdad que debe entrar la consideración del tiempo para producir aquellos efectos en los que la misma potencia puede producir mayor efecto cuando se le da un tiempo más largo, como ocurre cuando una esfera, dotada de una velocidad dada, tiene el poder de transferir su peso en el plano horizontal a lo largo de un espacio dado en un tiempo dado [este es el argumento *a priori*, véase notas 72, 693]; pero esto no tiene nada que ver en los efectos y potencias de las que aquí se trata, donde la fuerza se consume en la acción, de manera que todo aquello que está dotado de fuerza (un arco tenso hasta un cierto grado, un cuerpo dotado de una determinada velocidad), si según su único modo de obrar invierte toda su acción en elevar el peso dado a una cierta altura, sin la intervención de ningún otro mecanismo o artificio elevará el mismo peso a una mayor altura, cualquiera que sea el tiempo concedido. Por lo tanto, es inútil aquí la consideración del tiempo. Puesto que, si el peso aquél, cayendo de aquella altura (y prescindiendo de obstáculos accidentales), puede reproducir exactamente aquella misma fuerza (la mencionada tensión del arco, la mencionada velocidad del cuerpo), entonces el mismo peso colocado más alto y volviendo a caer durante un tiempo cualquiera podría reproducir no sólo la mencionada fuerza primera, sino que haría algo más, y así, empleando un tiempo suficientemente largo, se daría el modo de llegar al movimiento perpetuo mecánico, lo que es absurdo.