

LA ACCIÓN A DISTANCIA EN LA MECÁNICA NEWTONIANA. LAS RAICES DE UN PROBLEMA
DEL QUE SURGIRÁ LA FÍSICA MODERNA

Alfonso Martínez de Lizardui
Universidad del País Vasco
Euskal Herriko Unibertsitatea

Introducción

Newton es el hombre (y la época, habría que decir, si consideramos que las revoluciones científicas, aunque protagonizadas por hombres, no son más que el salto cualitativo que en un momento da la ciencia tras una serie de acumulaciones cuantitativas); Newton es el hombre que recoge la sabiduría y el método galileanos y los eleva a la más alta categoría.

Newton pertenece a una época y a un momento histórico de la ciencia en que la pregunta de Platón: ¿Qué hipótesis de movimientos uniformemente ordenados pueden explicarnos el movimiento aparente de los astros? es rechazada como mal planteada. La pregunta que se hace Newton es la siguiente: ¿Qué fuerzas actúan sobre los planetas para explicar las trayectorias observadas?

Newton, resumiendo veinte siglos de pensamiento humano y con un atrevido método hipotético-deductivo, da a la luz en 1687 el libro que pone los fundamentos de la física moderna: los Principia Mathematica.

En dicho libro Newton expone con claridad el marco metafísico sobre el que luego va a levantarse el edificio de lo físico. Para ello Newton definirá un marco espacio-temporal absoluto y sobre él fundamentará de una vez para siempre los conceptos de masa, cantidad de movimiento y fuerza.

En función de dichos conceptos dará a luz las tres grandes leyes de la mecánica clásica: la inercia, la relación fuerza-movimiento y la ley de acción-reacción.

El edificio ha comenzado a crecer y su elaboración no cesará hasta la formulación de la primera ley que ha poseído el ser humano para comprender el cosmos de una forma científica: la ley de la gravitación universal.

La acción a distancia

Newton legisla la armonía universal mediante dicha ley:



$$F = G \frac{M m}{r^2}$$

Por medio de esta ley elevada a la categoría de universal, todo astro, así como todo otro elemento material (en el sentido de inercial) actúa ante otro mediante una atracción recíproca, lo que se traduce en una fuerza de atracción.

Esta fuerza es directamente proporcional al producto de las masas que poseen dichos cuerpos, e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que separa sus centros gravitatorios. La constante de proporcionalidad G es de validez cósmica, e implica esa ligazón misteriosa del universo a unas mismas leyes.

Los problemas que surgen en la formulación de la gravitación universal

Newton, al tratar de explicar la armonía y la permanencia del universo, lo intenta y con éxito, en términos físicos, es decir, a través de una ley física que explica los movimientos observados.

Sin embargo, Newton formula esta ley física en términos matemáticos, (fuerza y a la vez servidumbre de la que la Física no ha logrado jamás separarse del todo) e introduce el concepto de fuerza en términos cuantitativos por primera vez en la historia de la ciencia.

Esto supondrá una revolución científica por un lado, pero creará grandes problemas e interrogantes por otro; problemas que condicionarán el desarrollo de la Física y la Filosofía de la Ciencia hasta el siglo XX.

Si observamos con detenimiento la formulación matemática de la ley de gravitación universal, apreciaremos que en ella aparecen los elementos básicos sobre los que descansa la mecánica clásica, la fuerza (F), la masa (m) y el espacio (r). Pero aún nos falta un cuarto componente de la temática newtoniana: el tiempo (t).

Y esto no es una casualidad. Newton al formular la ley de gravitación universal, no necesita del tiempo para explicar los fenómenos observados.

Esto que en un principio pudiera aparecer incluso como una simplificación del teórica del problema, nos introduce en un oscuro tunel del que sólo ha podido salir la ciencia muy recientemente.

Al no aparecer la variable tiempo en la fórmula de gravitación universal, ésta nos sugiere de inmediato que cualquier fuerza actuante entre los cuerpos se realiza instantáneamente. La fuerza, de esta forma, sería una pro-

La acción a distancia

iedad inherente a todo cuerpo masivo (inercial). Y en cuanto surgen dos cuerpos con masa, interaccionan instantáneamente; es decir con velocidad infinita, en la forma en que lo describe la ley newtoniana de la gravitación.

La necesidad del vacío

Unido a lo anterior surge además un nuevo elemento que complicará aún más el problema. Si intentamos explicar la acción a distancia instantánea (es decir, que la transmisión de las fuerzas se realice en la interacción con velocidad infinita), necesitamos que entre los cuerpos no exista medio material alguno, ya que en caso de que este medio existiera y fuera el agente transmisor de las fuerzas, desde el punto de vista mecánico necesitaríamos un tiempo para la transmisión de los esfuerzos y por tanto la interacción a distancia no sería instantánea.

Vemos pues que la formulación matemática del fenómeno físico de la gravitación, al carecer del término tiempo, exige una interacción a distancia a velocidad infinita (instantánea) y que esta velocidad infinita a su vez exige la existencia del vacío.

Llegados a este punto surge un nuevo problema. Si postulamos un espacio vacío en el que sólo existen partículas materiales que se mueven en función de la interacción de las fuerzas que generan dichas masas, ¿cómo poder explicar la interacción entre dos cuerpos?

En un mundo en que la mecánica se va a convertir en el origen de las ciencias y de la propia filosofía, en un momento histórico en que la mecánica va a dar la cosmovisión generalizada jamás alcanzada por el hombre, el mundo científico no puede sentirse satisfecho con una matematización del universo sin tener una explicación mecánica de él.

Dicho de otra forma. No se conforma con saber como funciona el universo, sino el por qué lo hace así, respondiendo a ese por qué en términos de la mecánica, por supuesto.

Es por ello que se hace realmente duro aceptar por los científicos de la época el concepto de acción a distancia que se desprende de la formulación newtoniana.

La situación creada es tremendamente contradictoria. El reino de la mecánica ha convertido el cosmos en una máquina precisa que funciona según ciertas leyes que se han formulado matemáticamente, sin embargo no es capaz de dar con un modelo mecánico que explique dicho funcionamiento.

La necesidad del eter en Newton

Esta situación creada por Newton no la puede asumir ni siquiera él mismo

hasta sus últimas consecuencias y a la hora de explicar los fenómenos, su postura es ambivalente, definiéndolos en unos términos e intentando interpretarlos en otros.

Es del mayor interés la cita que Newton hace sobre este problema en la carta que escribe al teólogo Richard Bentley:

*"Es inconcebible que la materia bruta inanimada, sin la mediación de algo más que no sea material, influya y afecte a otra materia sin contacto mutuo; como debe ser si la gravitación en el sentido de Epicuro es esencial e inherente a la materia. Y esta es una razón por la cual yo deseaba que Vd. no me atribuyera la gravedad innata. Una gravedad innata, inherente y esencial a la materia, de modo que cualquier cuerpo pueda actuar sobre otro a distancia, a través del vacío, sin la mediación de algo más, a través de lo cual pueda conducirse la acción y la fuerza, es para mí un absurdo tan grande que no creo exista un hombre que con facultad de pensamiento sobre materias filosóficas pueda creer en ello. La gravedad debe estar causada por un agente que actúa constantemente según ciertas leyes, pero el hecho de que este agente sea material o inmaterial, lo dejo a la consideración de mis lectores."*¹

Newton no puede aceptar esta situación. Intenta darle salida, buscar una causa mecánica que pueda explicar su ley. Así surge ese medio llamado a tener un protagonismo total en la Física hasta el año 1905 en que Einstein lo desacreditó para siempre: el éter.

Ese medio fantasmal que ocupa todos los intersticios del espacio, que es capaz de transmitir esfuerzos sin ser material ya que en caso contrario los planetas serían frenados a lo largo de sus órbitas; ese medio entra por la puerta trasera de los Principia. Ese es el medio que habrá de explicar las causas mecánicas de la gravitación universal. Así podemos leer en los Principia:

"Hasta aquí hemos explicado los fenómenos de los cielos y de nuestro mar por la fuerza gravitatoria, pero no hemos asignado aún causa a esa fuerza (...) Podríamos ahora añadir algo sobre un espíritu sutilísimo que penetra y yace latente en todos los cuerpos grandes, por cuya fuerza y acción las partículas de los cuerpos se atraen unas a otras cuando se encuentran a escasa distancia y se ligan en el caso de estar continuas".¹

Es de interés en este punto el citar la carta que Newton dirigió a Olden_burg en 1875:

"Debe suponerse que hay un medio etéreo, de constitución en gran medida análoga al aire, pero mucho más raro, sutil y fuertemente elástico (...) Pero no debe suponerse que este medio sea una materia uniforme, sino algo compuesto en parte por el cuerpo flemático principal y en parte por otros varios espíritus etéreos (...) pues los efluvios eléctricos y magnéticos, y el principio gravitatorio, parecen postular semejante variedad. Quizá todo el marco de la naturaleza no sea sino diversas texturas de ciertos espíritus o vapores etéreos, condensados por así decir mediante precipitación, tal como los vapores se condensan en agua y las exhalaciones en sustancias más densas, aunque no tan fácilmente condensables y llevados tras la condensación a diversas formas, primero por la mano inmediata del Creador y desde entonces por el poder de la naturaleza. Así quizá pudieron originarse todas las cosas a partir del éter (...) De este modo puede ser causada la atracción gravitatoria de la Tierra por la condensación continua de algún espíritu etéreo semejante, no del cuerpo principal del éter flemático, sino de algo difundido a través de ello muy fina y sutilmente, quizá de una naturaleza untuosa, gomosa, tenaz y elástica.

Metafísicas alternativas

Newton ha entrado en un terreno peligroso y él mismo se da cuenta de ello. Intentando explicar mecánicamente la gravedad, y ante la imposibilidad de contrastar la existencia del éter, se sale del dominio estricto de la Física (dominio que él mismo había acotado) y entra de lleno en el terreno de la Metafísica.

A estas alturas nadie puede negar la importancia del papel desarrollado por las metafísicas en el desarrollo de la más estricta ciencia. No es por ello que criticaremos el paso dado por Newton. No. El problema radica en que si Newton era la autoridad indiscutible dentro del campo de la Física y, más concretamente, en el de la utilización del método inductivo; en el campo de la Metafísica y del dominio deductivo no ocurría lo mismo. En ese otro campo lucía con luz propia otro monstruo del pensamiento: Leibniz.

Para Leibniz el espacio (y tenía en este sentido el mismo derecho a opinar que Newton) no estaba vacío en absoluto. El espacio era un continuo de puntos materiales de fuerza. Leibniz no distinguía entre materia y fuerza. La materia era infinitamente divisible y lo ocupaba todo.

Así en la cuarta carta que envía Leibniz a Clarke podemos leer los pun-

tos 5, 6, 7 y 8:²

5. Esos grandes principios de "razón suficiente" y de "identidad de los indiscernibles" cambian el estado de la metafísica, la cual por medio de ellos se vuelve real y demostrativa, mientras que antaño apenas consistía más que en términos vacíos.

6. Proponer dos cosas indiscernibles es proponer la misma cosa bajo dos nombres. Así, la hipótesis de que el universo hubiera podido tener primero otra posición en el tiempo y en el espacio que la que ha llegado efectivamente a tener y de que, por lo tanto, todas las partes del universo habrían tenido la misma posición entre ellas que la que han recibido en efecto, es una ficción imposible.

7. La misma razón que hace que el espacio fuera del mundo sea imaginario, prueba que todo espacio vacío es una cosa imaginaria, pues no difieren más que de grande a pequeño.

8. Si el espacio es una propiedad o un atributo, debe ser la propiedad de alguna sustancia. El espacio vacío limitado, que sus defensores suponen entre dos cuerpos, ¿de qué sustancia sería propiedad o afección? En la misma carta se puede leer:

"Cuando yo era muchacho, creía también en el vacío y en los átomos, pero la razón me hizo cambiar. La imaginación era ridícula. Se limitan en ella las investigaciones, se fija la meditación como un clavo; creemos haber encontrado los primeros elementos, un non plus ultra. Querriamos que la naturaleza no fuera más allá, que fuera finita como nuestro espíritu: pero eso no sería conocer la grandeza y la majestad del Autor de las cosas. El mínimo corpúsculo está actualmente subdividido hasta el infinito, y contiene un mundo de nuevas criaturas, del que el Universo carecería si fuera un átomo, es decir, un cuerpo todo de una pieza, sin subdivisión. Así y todo mantener el vacío en la naturaleza es atribuir a Dios una producción muy imperfecta, es violar el gran principio de la necesidad de una razón suficiente, principio del que muchas gentes ha hablado, pero del que no han conocido la fuerza, como he demostrado últimamente, haciendo ver por ese principio que el espacio, como el tiempo, no es más que un orden de las cosas y de ninguna manera un ser absoluto. Sin hablar de otras muchas razones contra el vacío y los átomos, he aquí las que yo tomo de la perfección de Dios y de la razón suficiente. Yo propongo que toda perfección que Dios haya podido poner en las cosas sin suprimir otras perfecciones que ya están, ha sido puesta. Ahora bien, figurémonos un espacio enteramente vacío; Dios po-

dría poner alguna materia sin suprimir en nada todas las otras cosas; por consiguiente, El lo ha puesto. En consecuencia, no hay espacio enteramente vacío y, por tanto, todo es pleno. El mismo razonamiento prueba que no hay corpúsculo que no esté subdividido. He aquí también el otro razonamiento tomado de la necesidad de una razón suficiente. No es posible que haya un principio para determinar la proporción de la materia tanto de lleno a vacío como de vacío a lleno. Se podrá decir quizás que el uno debe ser igual al otro, pero como la materia es más perfecta que el vacío, la razón exige que se observe la proporción geométrica y que haya tanto pleno cuanto merezca ser preferido".

Esta metafísica surgirá como alternativa a la de Newton, y en donde Newton (y los newtonianos) afirman la demostración empírica, Leibniz demostrará la imposibilidad lógica.

El embrión de una teoría de campos

El miedo de Newton a sus oponentes filosóficos se reflejará en definitiva en una lucha entre métodos; el inductivo frente al deductivo. Esta lucha se saldará con el triunfo de la Física (y la Metafísica subyacente a ella) a lo largo de los siglos XVIII y XIX. Utilizaremos la palabra metafísica subyacente, ya que el propio Newton no llegó nunca a aceptar del todo lo que propiamente se denomina sistema newtoniano, es decir, espacio y tiempo absolutos en un vacío donde se mueven las partículas, interactuando con velocidad infinita.

Sin embargo, en la segunda mitad del siglo XIX surge desde la propia Física experimental una nueva realidad: el electromagnetismo. Para intentar explicar dicha realidad, Faraday recogerá la siembra de Leibniz dentro de la Física experimental y verá la necesidad de un medio que esté presente en todos los lugares del espacio.

Maxwell matematizará este medio etéreo, pero no en el sentido newtoniano, sino a través de las rígidas leyes de la mecánica de fluidos.

Hertz acabará demostrando experimentalmente que la luz es una vibración de ese medio y que la interacción en ese medio se transmite con velocidad finita.

A partir de este momento surgirá una interpretación dual de la naturaleza. La termodinámica y la mecánica se explicarán mediante la teoría newtoniana y, la óptica, electricidad y magnetismo, mediante la teoría de campos de Maxwell.

Ambas interpretaciones aparecen como excluyentes. La primera exige partículas materiales, vacío e interacción a velocidad infinita. La segunda,

La acción a distancia

sin embargo, utilizará la onda, el medio etéreo y la interacción a velocidad finita.

La mecánica y el electromagnetismo se enfrentan en el campo de la física como en su día en el campo de la metafísica lo hicieron Newton y Leibniz.

Tendrá que llegar Einstein y volcar los fundamentos de la física-metafísica dando lugar a un nuevo paradigma, el paradigma relativista. Será en el año 1905, fecha en que Einstein da a conocer su teoría de la Relatividad Especial, cuando la problemática planteada por Newton en los Principia en el año 1687 quedará de una vez por todas superada.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Newton, Isaac: Principios matemáticos de la Filosofía Natural y su sistema del mundo, Editora Nacional, Madrid, 1982.
- 2.- Leibniz-Clarke: La polémica Leibniz-Clarke, Taurus, Madrid, 1980.