

LA TEORÍA CINÉTICO CORPUSCULAR DE LA MATERIA

◆
Jorge E. Saltor
◆

Resumen

Este trabajo está distribuido en tres secciones. En la primera, se vincula la teoría cinético-corpúscular de la materia con el mecanicismo. Éste se caracteriza por negar la acción a distancia entre dos cuerpos; además, por la tesis de que la relación entre éstos es siempre un contacto directo dentro de un fluido sutil; asimismo, por la importancia que se asigna a los principios de conservación y, finalmente, por la afirmación de la pasividad causal del espacio.

En la segunda sección se analizan cuatro concepciones de la materia: la de Locke, notoriamente psicológica; la de Spencer, que subordina el concepto de materia al de fuerza; la de Mach, que intenta reducir la mecánica a cinemática; y la del atomismo griego que admite, además de cuerpos materiales, la existencia del vacío. La definición de Newton sobre la masa como cantidad de materia, implica la importante tesis epistemológica de que los principales conceptos de la mecánica: masa, densidad, fuerza, trayectoria, inercia, velocidad, etc., se correlacionan necesariamente entre sí.

En la tercera sección, se estudian tres propuestas que difieren en parte de la teoría cinético-corpúscular: el dinamismo de Boscovich y Kant que resalta la dependencia del punto másico de su campo de fuerzas; el energetismo de Ostwald, que prepara la idea de equivalencia entre masa y energía; la teoría de la fluidez de Descartes y Lord Kelvin, según la cual la materia se describe como torbellinos o vórtices dentro de un *plenum* universal.

Abstract

This paper has been divided into three sections. In the first one,

the kinetic-corpuseular theory of matter is associated with mechanicism, which is characterized by rejecting long distance action between two bodies; besides, it is also known for the thesis it supports holding that the relationship between those bodies always involves a direct contact within a subtile fluid; furthermore, for the importance adscribed to the principles of conservation and, finally, for its affirmation of the causal passivity of space.

In the second section four conceptions of matter are analyzed: Locke's, evidently psichologic; Spencer's, which subordinates the concept of matter to that the force; Mach's, which attempts at reducing mechanics to kinematics; and that of Greek atomism, which admits, besides material bodies, the existence of vacuum. Newton's definition about mass as an amount of matter, implies the important epistemologic thesis about the main concepts of mechanics: mass, density, volume, force, trajectory, inertia, speed, etc., which necessarily correlate to one another.

En the third section, three proposals partly differing from the kinetic-corpuseular are studied: Boscovich's and Kant's dynamism, which highlights the dependency of the massic point to its field of force; Ostwald's energetism, which prepares the idea of equivalence between mass and energy; the theory of fluency in Descartes and Lord Kelvin, according to which matter can be described as whirlwinds or vortexes within a universal *plenum*.

1. Para comprender en toda su profundidad las evoluciones científicas del siglo XX, en el campo de la física, se pueden elegir varios caminos diferentes, uno de los cuales consiste en reflexionar sobre algunos de los conceptos básicos de esta ciencia, como, por ejemplo, el concepto de *materia*. Se podría elegir otra noción, por caso, la de *espacio* o la de *movimiento*. Pero, si concentramos nuestro interés en el tema de la materia es conveniente, entonces, ver en qué consiste aquella otra concepción que físicos como Planck, Einstein, Bohr, Dirac, etc., intentaron superar. Creemos que estos innovadores se esforzaron por dar una explicación más satisfactoria, omnicomprensiva y rigurosa que la proporcionada por la "teoría cinético-corpuseular de la materia", conocida con el nombre de "mecanicismo". Debe quedar claro que ellos de ninguna manera pretendieron anular o cancelar totalmente lo que los físicos

anteriores habían hecho desde los tiempos de Galileo y Newton; su pretensión, entre otras varias, fue mostrar que hay una pluralidad de razones para introducir perspectivas novedosas y complejas en las antiguas teorías sobre la materia, verbigracia, acerca de su continuidad o discontinuidad, de su relación con la energía y con el espacio, de sus componentes básicos, de su homogeneidad, etc.

El mecanicismo puede explicarse, siguiendo a Milic Capek, sobre la base de las cinco proposiciones siguientes:

“1. La materia que es discontinua en su estructura, o sea, que se compone de unidades absolutamente rígidas y compactas, se mueve a través del espacio, según las estrictas leyes de la mecánica.

“2. Todas las diferencias cualitativas de la naturaleza se deben a las diferencias de configuración o movimiento de estas unidades básicas o de sus agregados. [Las unidades básicas son los átomos].

“3. Todos los cambios aparentemente cualitativos son meros efectos superficiales del desplazamiento de las unidades elementales o de sus agregados.

“4. Toda acción recíproca entre los corpúsculos básicos se debe exclusivamente a su impacto directo. La acción a distancia es una simple figura de dicción.

“5. La variedad cualitativa, así como la transformación cualitativa, son *adiciones psíquicas* de la mente humana perceptora; no pertenecen a la naturaleza de las cosas”.¹

Este esquema es, desde luego, una simplificación, puesto que dentro del mecanicismo hay numerosas variaciones y matices; al respecto, no son las mismas las ideas de Hobbes que las de Leibniz. Su vigencia, que corre desde el siglo XVII hasta principios del XX, está sustentada en el atomismo grecolatino de Demócrito, Leucipo y Lucrecio. En fin, no hay que creer que en el período de estos tres siglos su aceptación fuera total; por el contrario, hubo importantes filósofos y científicos que, con relación al concepto de materia, exploraron otras posibilidades. Más adelante las men-

¹ Capek, M.: *El impacto filosófico de la física contemporánea*, Madrid, Tecnos, 1965, p. 94. Respecto del mecanicismo, conviene consultar la siguiente bibliografía: Meyerson, E.: *Identité et réalité*, París, 1908 y *De l'explication dans les sciences*, París, 1921; Koyré, A.: *Études galiléennes*, París, 1939 y *Del mundo cerrado al universo infinito*, México-España-Argentina, Siglo XXI, 8ª Ed., 1992; Hainard, R.: *Naturaleza y mecanicismo*, Bs. As., Espasa-Calpe, 1948.

cionaremos y trataremos de destacar su importancia histórica.

La conexión entre la concepción atómica de la materia y el mecanicismo es evidente. Ella implica que toda relación corpuscular debe ser la del contacto directo entre dos cuerpos y que, por consiguiente, no es posible afirmar la acción a distancia. Pero lo cierto es que, en la astronomía newtoniana, el sol ejerce de hecho una acción atractiva sobre los distintos planetas y demás cuerpos del sistema solar, de modo que la teoría cinético-corpuscular estaba obligada a mantener, de un modo muy general, la idea cartesiana del *plenum*, esto es, la de una sustancia intermedia entre los cuerpos, y que de ninguna manera podía ser el vacío absoluto y total. Esta sustancia intermedia, de difícil representación mental, debía ser lo suficientemente elástica y sutil como para permitir el movimiento y la trayectoria de los cuerpos sólidos y, además, su atracción. La idea del *plenum* llevaría, con el correr de los años, a la adopción de la hipótesis del medio etéreo y, finalmente, a la fecunda noción de campo electromagnético, en Maxwell, con su sólido fundamento matemático: las ecuaciones del campo. Ahora bien, Maxwell, a pesar de ciertas vacilaciones, siguió pensando, en un todo de acuerdo con la teoría mecanicista, que el campo tenía una naturaleza física y que no era, en consecuencia, un mero *factum* matemático: quedaba así, nuevamente confirmada, la imposibilidad de la acción a distancia, que era uno de los axiomas de la doctrina cinético-corpuscular.

Pero, dentro de esta doctrina y, como consecuencia lógica de ella y en función de la universal y rígida homogeneidad de la naturaleza, debían aceptarse las famosas leyes de conservación de la masa, del momento, de la energía y de la carga. Si todo movimiento y transformación dentro de la naturaleza consiste sólo en un cambio de posición y configuración espacial, era natural pensar que la materia, el momento, la energía y la carga eran constantes y participaban de lo absoluto propio del espacio y del tiempo. La perduración del modelo mecanicista del universo se explica por su gran consistencia lógica y por su amplia confirmación experimental. Quizás su resultado más sorprendente fue el descubrimiento de Neptuno en 1846, por la aplicación del formalismo mecanicista, llevado a cabo por Leverrier y Adams y por la convalidación observacional de Halle.

Detengámonos un momento en el principio de conservación de la materia. La suma de la masa de los átomos, que son indestructibles para el mecanicismo, nos da

como resultado la cantidad total de materia que existe en el universo; de la constancia de las masas atómicas se deduce, pues, la constancia de la masa del universo. Kant, en la “Primera analogía de la experiencia”, expuesta en la *Crítica de la razón pura*, asevera sin dudar este axioma del mecanicismo y recurre para ello al antiguo lema del atomismo: *Gigni de nihilo nihil, in nihilum nil posse reverti*, es decir, “nada proviene de la nada y ningún ente puede convertirse en nada”. Casi por la misma época, Lavoisier comprobó experimentalmente la veracidad de este lema, mediante el análisis de numerosos fenómenos de combustión de sistemas aislados, aunque, ahora lo sabemos perfectamente, su comprobación no implicaba la necesidad lógica del principio de conservación de la materia, pues ya no podemos asentir –sin enormes cautelas– a la falacia del *modus ponens*. Todavía hacia mediados del siglo XX, los famosos astrofísicos angloamericanos: Fred Hoyle, Herman Bondi y Thomas Gold, con su “teoría del estado estacionario”, afirmaban que hay un equilibrio entre la masa total del universo y el espacio que se expande de modo continuo y acelerado.

Es interesante señalar que todos los principios de conservación se desprenden analíticamente de un principio todavía más básico: el de la *pasividad causal* del espacio y del tiempo, que es un punto metafísico de partida central en el pensamiento de Newton. El espacio y el tiempo son homogéneos, esto es, “para todo cambio físico, todo cambio observable en los cuerpos físicos, ya sean simples o compuestos, se debe buscar una causa en los propios cuerpos y en sus acciones físicas; no debemos considerar nunca ningún cambio como efecto de particulares regiones del espacio, como creía Aristóteles, o de un particular momento del tiempo, como jamás creyó nadie probablemente. Pero entonces es patentemente absurdo creer que una última unidad material cambiaría sus propiedades moviéndose simplemente en el espacio. Sería igualmente absurdo suponer que la unidad elemental cambiará sus características (masa, volumen, forma) simplemente *persistiendo a través del tiempo*, hallándose a la vez en estado de reposo; entonces parecería que el tiempo es la única entidad a la que se podría atribuir el cambio, y ya sabemos que esto conduciría a la conclusión de que sus momentos son heterogéneos”.²

² Id. pp. 77-8.

2. Dentro del espíritu de la mecánica racional de Newton se intentaron varias definiciones filosóficas del concepto básico “punto material” o “punto másico”. Una primera, de sesgo notoriamente psicológico, fue la de Locke, para quien la materia era *ese no se qué* capaz de producir sensaciones. Salta a la vista que, con esta concepción, grandes porciones del ente corpóreo quedarían noéticamente excluidas, porque ni los sucesos microfísicos ni la mayor parte de las entidades y transformaciones siderales se intuyen empíricamente. En la discusión con Galileo, varios aristotélicos decadentes, como Cesare Cremonini, se negaban a mirar a través del telescopio argumentando que si Dios nos había provisto de los sentidos exteriores, como el de la vista, mal haríamos en recurrir a artefactos cuya eficacia a priori, en orden a la evidencia, no podía garantizarse. Estos ingenuos sabios habrían apoyado sin reservas la definición de Locke sobre la materia.³

Para Spencer, a fines del siglo XIX, el “punto material” era el centro de emisión de las fuerzas naturales. Su definición es interesante, aunque para definir la materia se recurra a una noción, la de “fuerza”, cuya conceptualización a lo largo de toda la historia de la física resultó y resulta sumamente ardua. Por otra parte, hoy sabemos que el punto material, sea el átomo o los quarks u otras entidades-sucesos aún más elementales, no son sólo generadores de fuerzas, sino que también ellos mismos existen sólo gracias a fuerzas intrínsecas. Las interacciones débiles y fuertes, por ejemplo, gobiernan la estructura interna de los átomos.

También a fines del siglo XIX aparece una tendencia reduccionista que intenta, con relación a varios conceptos de la mecánica newtoniana: “espacio absoluto”, “masa”, “fuerza”, “átomo”, “éter”, etc., transformarlos en nociones cinemáticas susceptibles de ser observadas. Tal tendencia estuvo propiciada por científicos importantes condicionados por fuertes presiones positivistas, tales como Ernst Mach, Heinrich Hertz y Gustav Kirchoff, para quienes en Newton perduraban ideas emparentadas con la metafísica, y que era necesario eliminarlas o traducirlas cinemáticamente para salvar la pureza de la ciencia. Muy pronto se constató que es imposible reducir toda la mecánica a cinemática, pues de lo contrario importantes sectores de la física carecerían de una explicación adecuada. De hecho, salvo los

³ Boido, G.: *Noticias del planeta tierra. Galileo Galilei*, Bs. As., A-Z, s/f, cap. 4.

conceptos de “espacio absoluto o matemático” y, posiblemente el de “éter”, todos los demás subsisten en las recientes teorías físicas, al menos nominalmente.

Una cuarta descripción de la materia es la que proviene de los atomistas griegos: la materia es algo que persiste en el tiempo a pesar del cambio de posición; y que, con relación a un lugar del espacio lo llena por completo y, además, es algo impenetrable. Materia es, pues, espacio lleno. Esto supone la aceptación de que hay partes del espacio que no están llenas, el vacío, pues de lo contrario se haría imposible explicar el movimiento y el cambio, y se caería irremisiblemente en las trampas amenazadoras de las paradojas de Zenón de Elea. Como hemos visto, la concepción cinético-corpúscular de la materia aceptó esta descripción, pero negó la existencia del vacío absoluto y consideró también al espacio no-lleno como un éter sutil pero de estricta naturaleza física. La relación entre la materia y el espacio trae, como consecuencia, que sólo se acepten como modalidades esenciales de aquélla las denominadas “cualidades primarias”, en especial la extensión, la indestructibilidad, la rigidez, la homogeneidad, la indivisibilidad del punto material, la impenetrabilidad y la forma geométrica de los cuerpos. Las “cualidades secundarias” o sensibles propios, ya conocidos por los filósofos de la naturaleza greco-escolásticos, eran, para el paradigma cinético-corpúscular de la física clásica, meras modificaciones acaecidas en el psiquismo.

Conviene precisar aquí las relaciones entre la materia y la masa, a la luz de los *Principia* de Newton, pues tales relaciones están bastante de acuerdo con la tradición general del atomismo. En su primera definición, Newton establece que la masa (o cuerpo) es la cantidad de materia y que ella se determina por el producto entre densidad y volumen; pero, como más adelante define la densidad como el cociente entre la inercia y el volumen y la inercia es siempre proporcional a la masa, tenemos –como lo viera Mach bastante más tarde– que hay entre todos estos conceptos un notorio dilema. Esto no es sorprendente, pues si hemos considerado al “punto material” o “punto másico” como un concepto primitivo de la mecánica, está justificado que él aparezca implícito o explícito en todas las definiciones posteriores de la física. Teniendo siempre presente la precaución de considerar el punto másico como un indefinible de la mecánica y que sólo puede ser susceptible de descripciones y, sobre todo, de diferenciaciones –no es lo mismo, por ejemplo, *masa* y *peso*–, estamos ahora en

condiciones de ilustrarnos acerca de las tentativas que se hicieron para relacionar este concepto con el de “fuerza”, que aparece en la definición 3 de *Principia*.

3. Hemos aludido más arriba a la existencia, durante el largo período de la vigencia del paradigma cinético-corpúscular, de ciertas concepciones que entraban de algún modo en colisión con dicho paradigma. Esto prueba, de paso, que la pretendida aceptación universal de un conjunto de conceptos e hipótesis, por lo menos en física, no es históricamente viable; en consecuencia habría que depurar la noción fuerte de “paradigma” que propone Kuhn y abandonar la peregrina tesis filosófica de que el consenso de las comunidades científicas es el signo de la verdad. En rigor, el consenso es un caso límite de naturaleza totalmente ahistórica. Algunas de las concepciones alternativas del concepto de “materia”, que veremos someramente, son las siguientes: el dinamismo, el energetismo y la teoría de la fluidez.

El *dinamismo* es una doctrina filosófica y física muy ligada a Boscovich, Kant, Comte, Stallo, Mach y otros. Para éstos, la afirmación mecanicista de la imposibilidad de la acción a distancia entre dos o más cuerpos es un prejuicio psicológico, fundado en que la percepción no garantiza dicha acción. Para el dinamismo es mucho más importante, como concepto universalmente explicativo en física, el de “fuerza” que el de “punto material”. Esta hipótesis, a la luz del conocimiento actual, es probablemente acertada. Por otra parte, la acción instantánea podría proponerse como una conjetura *ad hoc*, a pesar de no estar garantizada por la percepción, en razón de que “protege”, como diría Lakatos, la concepción de un universo donde coexistirían armónicamente la materia y el vacío. Pero tal conjetura *ad hoc* choca con insalvables comprobaciones empíricas que muy pronto mencionaremos. La afirmada unidad entre una partícula y su campo de fuerzas es un mérito epistemológico de los dinamistas, pues prepara el surgimiento de una concepción holística del ente corpóreo; como Whitehead lo viera correctamente, la unidad de análisis en física ya no sería la partícula individual y aislada, sino el “suceso”, el “acaecimiento”. Pero el dinamismo no pudo superar la casi contradictoria hipótesis de la acción instantánea, pues el concepto de “acción”, al menos desde el punto de vista semántico, implica *movimiento* y éste, a su vez, implica analíticamente los de *sucesión* y *tiempo*. En efecto, el sonido se propaga con velocidad finita, lo mismo que la luz, los fenómenos electro-

magnéticos y los gravitatorios, de modo que la imposibilidad de la acción a distancia es un postulado con el que hay que contar, pero, posiblemente, interpretar mejor. Se ha señalado con justicia que el dinamismo no pudo escapar totalmente a la influencia imperial del atomismo, ya que su primitiva idea de un punto de fuerzas de radio cero, aunque tuviera legitimidad geométrica, es inconcebible en física, donde toda magnitud tiene un coeficiente expresado por un número real positivo, inclusive en la revolucionaria mecánica de Dirac. Hoy se ha podido comprobar que el mismo electrón en reposo tiene un radio que es aproximadamente de $1,41 \cdot 10^{-13}$ cm.

El *energetismo* es *mutatis mutandis* muy parecido al dinamismo. Si en éste el concepto fundamental de la física es el de “fuerza”, en aquél es el de “energía”, en especial el de “energía electromagnética”. Esto implica, a su vez, que el éter mecánico sea substituido por uno de naturaleza electromagnética en calidad de *plenum* donde acaecen todos los fenómenos del universo. Tal es la opinión de Wilhelm Ostwald, Robert Meyer, Herbert Spencer, entre otros. En estos científicos y filósofos del siglo XIX y principios del XX, la clave de arco de la arquitectura física habrá de ser la ley de conservación de la energía, no la de conservación de la masa como pensaba Lavoisier. La energía, llevada por Ostwald a la máxima jerarquía metafísica, se expresa en el mundo de los fenómenos a través del movimiento, pero como el movimiento es de *algo* que se mueve, debemos recalar nuevamente en la materia y en la masa. He aquí un antecedente importante de uno de los aportes básicos de la relatividad: el de la indistinción entre energía y materia. La fórmula de Ostwald sobre la energía cinética:

$$K = 1 / 2 m v^2$$

muestra con claridad que en la definición de energía aparecen tanto el movimiento como la base material.⁴ La *solidaridad nocional* de los conceptos básicos de cualquier teoría, sobre la que llamara la atención Gaston Bachelard, se revela aquí de forma harto evidente. Pero, ¿constituye el energetismo una revolución física frente a la concepción cinético-corpúscular de la materia? Hay, por lo menos, una razón para pensar que no. En pleno auge del energetismo, J. J. Thomson, al estudiar la naturaleza de

⁴ La relatividad ha mejorado notablemente la fórmula de Ostwald. Hoy por hoy, la energía se comprende a la luz de la siguiente ecuación: $E = mc^2 / \sqrt{1 - v^2 / c^2}$, donde ‘m’ es la masa, ‘c’ la velocidad de la luz y ‘v’ la velocidad del cuerpo estudiado.

los rayos catódicos en 1897, ratifica la existencia del electrón negativo y no duda en llamarlo un *corpúsculo* o *partícula elemental* que tiene las mismas propiedades básicas del antiguo átomo, es decir, ocupa un lugar en el espacio, es indivisible, su masa y su carga son constantes, está sometido a las leyes de la inercia y tiene un radio finito distinto de cero. Y, lo que es muy importante desde el punto de vista epistemológico, el electrón es un inobservable, lo cual acentúa el alejamiento progresivo de la física – en realidad, de cualquier ciencia– del realismo naturalista de los peripatéticos y de los empiristas.

La *teoría de la fluidez* considera que los últimos constituyentes de la materia, los átomos o corpúsculos elementales, no tienen la solidez que le atribuye la doctrina cinético-corpúscular. Tal es lo que piensan Descartes y William Thomson, más conocido como Lord Kelvin. Según ellos, el universo es un *plenum* elástico y, metafóricamente hablando, acuoso; los átomos no son sino condensaciones giratorias dentro de este *plenum*, núcleos-vórtices en el fluido universal que, según Helmholtz, tienen la propiedad de la indestructibilidad, de la constancia de volumen, de la impenetrabilidad, de la variabilidad de forma geométrica y de la capacidad de movimiento giratorio interno. Los cuerpos son, en definitiva, una especie de torbellino o vórtice dentro de un medio fluido y elástico. En la teoría de la fluidez, el éter ya no es mecánico, ni de naturaleza electromagnética; es propiamente un fluido donde aparecen condensaciones constantes que, para nuestra organización sensorial, tienen el atributo de la solidez, pero que en realidad poseen más bien una elasticidad esencial. “En Lodge, lo mismo que en Maxwell y William Thomson, podemos seguir el rastro de la antigua idea cartesiana del medio sutil que penetra en todo, homogéneo y semejante a un fluido, del cual la materia ordinaria es solamente una particular modificación estructural o cinética”.⁵ En definitiva, la teoría de la fluidez no acepta la hipótesis de la discontinuidad de la materia como tampoco la de su solidez y, en consecuencia, pone en tela de juicio la afirmación de Newton en *Optica*, lib. III, tema 31: “Todos los cuerpos parecen estar compuestos de partículas duras; de lo contrario, los fluidos no se congelarían”.

Quisiéramos señalar, con relación a la teoría de la fluidez, el problema ya cla-

⁵ Capek: Ob. cit. p. 123.

ramente planteado desde Parménides: en un universo considerado como continuo y homogéneo ¿cómo se explica el movimiento? ¿No es acaso más clara la respuesta de la teoría cinético-corpúscular con la admisión de la discontinuidad y del vacío, aunque más no fuera de un vacío parcial y no absoluto? Si las concepciones de la plenitud que expresan el tradicional *horror vacui*, puedan tener una explicación matemática, como alguna vez pensara Russell, ¿tienen una explicación física? De todos modos, y este es el saldo de las consideraciones anteriores, parece que no puede resolverse el problema de la materia si a la vez no se resuelve el problema del espacio y del movimiento, que acaece en un *tiempo finito irreversible*, lo que muestra nuevamente la solidaridad nocional de los conceptos básicos de la física, tal como se puede fácilmente comprobar en las elementales transformaciones aritméticas:

$$f = m \cdot a; \text{ entonces } m = f / a; \text{ entonces } a = f / m$$

La investigación de un concepto relacional primitivo, en el ámbito de cualquier sistema hipotético deductivo, abre la puerta para la entrada de todos los demás conceptos asociados. Lo mismo acontece en los cálculos de la lógica-matemática e, inclusive, en las ciencias humanas.