



Immanuel Kant

Principios metafísicos de la  
Ciencia de la Naturaleza

@10enFilosofía

Los *Principios metafísicos de la ciencia de la naturaleza* ocupan un puesto clave en la filosofía de Kant, la cual se extiende a dos campos bien diferenciados: el del conocimiento teórico y el de la moralidad. La *Metafísica de las costumbres* aplica a una voluntad defectible los imperativos universales puestos de manifiesto en la *Crítica de la razón práctica*. Los *Principios metafísicos de la ciencia de la naturaleza*, cuya traducción y comentario ofrecemos ahora, constituyen el complemento necesario de la *Crítica de la razón pura*, puesto que al estudio de las condiciones *a priori* que hacen posible el conocimiento del objeto *en general*, había que añadir el estudio de las condiciones *a priori* que posibilitan la matematización del objeto específico de la ciencia de la naturaleza. Se trata aquí, pues, no de una metafísica general del ente sensible implícitamente contenida en la *Crítica de la razón pura*, sino de una metafísica especial que estudia, a la vez que corrige, los fundamentos filosóficos de la física-matemática newtoniana, a la que Kant consideró como la suprema expresión de la ciencia moderna.

Lectulandia

Immanuel Kant

# Principios metafísicos de la ciencia de la naturaleza

ePub r1.0

Titivillus 15.11.17

Título original: *Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft*  
Immanuel Kant, 1786  
Traducción: José Aleu Benítez  
Estudio preliminar: de José Aleu Benítez

Editor digital: Titivillus  
ePub base r1.2

---

**más libros en [lectulandia.com](http://lectulandia.com)**

---

# ABREVIATURAS

<i>Ak:</i>	<i>Kantsgesammelte Schriften.</i> Prensischen Akademie. Se citan a continuación: volumen (en números romanos), página y línea (en arábigos)
Anfangsgründe:	Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft.
Anthropologie:	Anthropologie in pragmatischer Hinsicht.
Bemerkungen:	Bemerkungen zu den Beobachtungen über das Gefühl des Schönen und Erhabenen.
Brief:	Briefwechsel.
Erste Einleitung:	Erste Einleitung in die Kritik der Urteilskraft.
Gemeinspruch:	Über den Gemeinspruch: Das mag in der Theorie richtig sein, taug aber nicht für die Praxis.
Grundlegung:	Grundlegung zur Metaphysik der Sitten.
Idee:	Idee zu einer allgemeinen Geschichte in welt-bürgerlicher Absicht.
KrV:	Kritik der reinen Vernunft.
KpV:	Kritik der praktischen Vernunft.
KU:	Kritik der Urteilskraft.
MdS:	Metaphysik der Sitten.
Rechtslehre:	Metaphysische Anfangsgründe der Rechtslehre.
Tugendlehre:	Metaphysische Anfangsgründe der Tugendlehre.
Religi6n:	Die Religi6n innerhalb der Grenzen der blossen Vernunft.
Streit:	Der Streit der Fakultäten.
ZeF:	Zum ewigen Frieden.
OP:	Opus Postumum.

# ESTUDIO PRELIMINAR

por José Aleu Benítez

La filosofía de la ciencia constituye una de las partes de la Metafísica kantiana, que estaba ya en su propósito al redactar la *Crítica de la razón pura* (B., XLIII). Se trataba de presentar un sistema transcendental en el que quedaban claramente diferenciadas la parte Crítica, a la que pertenecen las tres obras que llevan este nombre, y la parte Metafísica, que comprendía *Los principios metafísicos de la ciencia de la naturaleza*, *Los principios metafísicos de la doctrina del Derecho* y los *Principios metafísicos de las virtudes*<sup>[1]</sup>. Este proyecto no iba a realizarse linealmente. El proceso redaccional de Kant obedecía a un talante investigador en el que los temas aparecen en momentos bien distintos. Por otra parte, las mismas Críticas, a medida que avanza la exposición del sistema transcendental, adquieren el carácter de una Metafísica general teórica y práctica, que requerían un desarrollo ulterior en las metafísicas especiales, que Kant denominó en un principio como *Metafísica de la naturaleza* y *Metafísica de las costumbres*.

Por lo que se refiere a *Los principios metafísicos de la ciencia de la naturaleza*, cuya traducción ofrecemos, fue publicada en Riga en 1786, es decir, dos años después de la primera de las *Críticas*. Hasta qué punto este tratado abarque todo el proyecto que Kant tenía al hablarnos de una *Metafísica de la naturaleza* es cosa que ponen en cuestión muchos comentaristas<sup>[2]</sup>, sobre todo después de darse a la luz pública el *Opus Postumum* del gran filósofo. Sin pretender entrar en su polémica, nos parece que el título de estos últimos escritos, a saber, *Tránsito de los principios fundamentales de la ciencia de la naturaleza a la Física*, no apunta tanto a una rectificación de los primeros, cuanto a una obra que los había de complementar. Bastará leer los ejemplos de la física, que Kant trae a colación en los apéndices y notas de los *Principios metafísicos*, para comprender que quedaba un problema pendiente, a saber, el problema de la «transición» de los *Principios metafísicos* a las leyes de la Física. Hay que añadir a esto que el carácter sistemático de los *Principios metafísicos* responde al esquema analítico categorial usado por Kant en todas las obras que siguieron a la *Crítica de la razón pura*. El lector va a tener ocasión, por otra parte, de comprobar el rigor que alcanza el discurso kantiano, en un momento en que se encuentra en la plenitud de sus facultades. Con esta finalidad, nos hemos propuesto ofrecer unas orientaciones preliminares que ayuden al estudioso a penetrar en la esencia del pensamiento kantiano.

Con el fin de facilitar la lectura, no siempre fácil, del filósofo de Königsberg, hemos preferido desarrollar un comentario que se atiene a los mismos apartados que ofrece el texto original de Kant. Ello facilita, en momentos de dificultad, la comparación de los escritos del mismo maestro, que presentamos en su versión castellana, con el comentario abreviado que del mismo hacemos en este «Estudio

preliminar». No se maraville el lector si en el comentario se encuentra con los mismos apartados que en la traducción. Veamos, pues, en primer lugar la FORONOMÍA, la DINÁMICA, la MECÁNICA y, finalmente, la fenomenología, no sin antes advertir que estos apartados no responden a la división que se hace en la Física de los temas sugeridos con estas expresiones, sino a un sentido transcendental que sitúa nuestra problemática fundamentadora «más allá» de toda sistematización científica, por ser aquella la que la hace *posible*, sin constituirla. Exactamente como el fundamento hace posible lo fundamentado, sin confundirse con él.

## I. EL «PRÓLOGO»

En el «Prólogo», Kant comienza distinguiendo la palabra «naturaleza» en un doble sentido, «formal» y «material». Naturaleza formal es el primer principio que forma parte de la realidad de una cosa. La esencia, a su vez, es el principio interno que forma parte de la *posibilidad* de un objeto. Frente a la naturaleza *formal*, Kant distingue la naturaleza *material*, la cual a su vez se diversifica en dos grandes apartados: según se atienda a los objetos de los sentidos, externos (teoría de los cuerpos), o internos (teoría del alma), o a los principios que pueden dar lugar a un encadenamiento histórico (Teoría histórica de la naturaleza) o a un encadenamiento racional, en cuyo caso nos encontramos ante la ciencia de la naturaleza que puede fundarse en principios *a priori* (ciencia propiamente dicha) o en las meras leyes empíricas (ciencias impropriadamente dichas)<sup>[3]</sup>. La calificación de la Ciencia propiamente dicha decide ya el sentido que para Kant tiene la Ciencia dentro del campo del mundo físico o fenoménico. Ella deberá gozar de una certeza apodíctica. En consecuencia, una teoría de la naturaleza empírica sólo puede alcanzar la categoría de Ciencia si las leyes naturales sobre las que ella se constituye pueden ser conocidas *a priori*. Tratándose, como es el caso aquí, de la *naturaleza material*, habrá que buscar no ya las condiciones *a priori* que hacen posible el objeto en general, cosa supuesta ya en la *Crítica de la razón pura*, sino las que hacen posible el concepto de materia en general<sup>[4]</sup>. A los *conceptos* necesarios que de las cosas materiales nos podemos formar, deberá acompañar la *intuición*, también necesaria, correspondiente al concepto. Tales conceptos deberán poder ser construidos, es decir, determinados matemáticamente. Si, como en nuestro caso, la investigación se limita a la materia como tal, entonces hay que decir que el concepto debe ser determinado *a priori*, pero también deberá poder ser construido matemáticamente. Puesto que el concepto remite a la intuición para que pueda darse una experiencia objetiva.

Aquí no se trata sólo de un objeto (*Gegenstand*) que afecta al sujeto bajo las formas del espacio y el tiempo y que es determinado por las categorías, lo cual evidentemente se debe presuponer; aquí se trata de un fenómeno objetivo cual es la materia, que exige una ulterior determinación, tanto conceptual como intuitiva<sup>[5]</sup>. El

concepto, pues, de materia, que puede excluir cualquier otro que sea empírico, deberá ser *determinado a priori*, pero también como objeto de intuición *construido* matemáticamente. No nos podemos maravillar de que Kant en este «Prólogo» nos diga que «en toda teoría particular de la naturaleza, sólo hay ciencia propiamente dicha, en la medida en que en ella se encuentren las matemáticas» (*Ak.*, IV, 470, 13-15).

Destaquemos la distinción que hace Kant de «ciencias propiamente dichas», *a priori*, y ciencias meramente empíricas, que tienen como fundamento solamente el principio heurístico de la «inducción». Kant a éstas no las considera propiamente dichas, en tanto sus leyes no puedan ser matemáticamente construidas. En todo caso Kant considera a la Física como una ciencia estricta, porque sus leyes, que sin duda tienen su origen en la inducción, pueden ser formuladas matemáticamente. Por el contrario, Kant niega el estatuto de ciencia estricta a la «Química» de su tiempo, y más aún a la «Psicología». Cabría preguntarse hasta qué punto prevalece el criterio de la matematización sobre el de la inducción. No cabe duda de que en 1768, fecha en que redactó estos *Principios metafísicos*, Kant se inclinó decididamente por lo primero. En realidad el filósofo de Königsberg no profundizaría en el importantísimo carácter regulador del principio de la «inducción» hasta que comenzó la redacción de su *Crítica del juicio*, editada en 1790. Para la comprensión de ésta es de fundamental importancia la primera «Introducción» a la misma. De todas formas, los nuevos problemas que surgen en el pensar evolutivo de Kant no afectaron, en nuestro caso, al planteamiento fundamental de los *Principios metafísicos*.

Ahora bien, a Kant le preocupaba que los logros físico-matemáticos conseguidos por el genio de Newton, al que Kant estudió asiduamente desde su juventud, pudieran introducir subrepticamente dogmatismos filosóficos como podían serlo el «atomismo» u otros que veremos, a los que Kant se opone enérgicamente. Es cierto que el mismo Newton nunca apostó por el «atomismo», pero no lo es menos que en sus planteamientos matemáticos tuvo que suponer conceptos como el de «espacio vacío», «elementos últimos impenetrables», «fuerza inercial», etc., que no resultaban, ni mucho menos, evidentes de por sí. Kant fue el primer pensador que penetró en la relación que existe entre matematización de la Física y «supuestos conceptuales» en ella implicados. Y, por supuesto, el primero en apelar a la «construcción» de los conceptos físico-matemáticos, como medio único que hace posible la ciencia más estricta<sup>[6]</sup>.

[...] con el fin de hacer posible la aplicación de las matemáticas a la teoría de los cuerpos [...] se deben presentar [...] los principios de la construcción de conceptos que se relacionen, de manera general, con la posibilidad de la materia [*Ak.*, IV, 472, 1-4].

Aquí se trata de justificar una «transición» de los conceptos puros matemáticos a los propios de lo empírico, para poder así determinar matemáticamente leyes fundadas en comportamientos empíricos. Ahora bien, el espacio matemático se muestra como un espacio único, homogéneo, indivisible, inmóvil y vacío; en tanto

que los espacios empíricos se muestran múltiples, heterogéneos, divisibles, móviles y, por supuesto, compactos en cuanto corpóreos. Esto supuesto, parece como si el «continente» fuera de naturaleza opuesta al «contenido». Por esta razón se intentó construir un concepto intermedio, que determinaría las propiedades que debería tener el espacio *real*: éste debería ser absolutamente vacío, único e infinito. Mientras que los cuerpos, contenidos en él, deberían ser, en sus últimos elementos, absolutamente impenetrables; su multiplicidad debería ser (matemáticamente) homogénea; sus átomos, con formas geométricas diferentes y diversos movimientos, darían cuenta de la diferenciación y de la heterogeneidad, observada en los cuerpos. Estos últimos elementos de los cuerpos serían compactos e impenetrables y se moverían en el seno de una substancia sutil y penetrable, el «éter».

Newton, con sus logros físico-matemáticos que asombran aún hoy al mundo, parecía confirmar la concepción atomista a la que acabamos de referimos. En ésta, los supuestos parecían indicar que la ciencia era solamente el desvelamiento de lo ya existente en el Universo. No se trataba de un proceso o construcción de la ciencia, sino de algo que ya estaba hecho gracias a una sabiduría divina e infinita<sup>[7]</sup>, o a la fatalidad irracional desencadenante del proceso creador. De todas formas, el mismo Newton no quiso comprometerse con tales presupuestos, que, por otra parte, parecían confirmar sus propios descubrimientos. Kant, que acepta desde su juventud la Física de Newton, no duda en cuestionar los supuestos atomistas que aquélla parece implicar. Sobre todo, criticará el recurso a Dios para explicar la última causa del movimiento, la misma noción de «espacio vacío», el «movimiento absoluto», la «ultimidad de los elementos» y su «densidad absoluta», la noción de «inercia absoluta», etc. Kant no deja en pie ni uno solo de los conceptos atomistas. Lo mismo hará con la teoría de las «mónadas» de Leibniz. Pero aquí no vamos a adelantar cuestiones que se tratarán en su momento. Lo que sí es importante observar es que Kant reconoce que la construcción científico-matemática de la Física comporta, quíerose o no, unos supuestos filosóficos, que es preciso aclarar.

La razón antedicha exigía que *Los principios matemáticos de la filosofía natural* de Newton tuvieran su complemento con *Los principios metafísicos de la ciencia de la naturaleza* de Kant. Éste va a sintetizar, como veremos, el atomismo renacentista con el energeticismo leibniziano. En lugar de los átomos, nuestro filósofo va a *suponer* «cantidades de movimiento» (¿energía?) que, siendo cuantificables, van a dar cuenta de la diversidad específica de los cuerpos; en lugar de espacios absolutamente «vacíos» va a *suponer* espacios más o menos llenos de una materia tan tenue como se quiera, para poder hacer posible el movimiento de los cuerpos sin que los dificulte la materia espacial; en lugar de cuerpos dotados de elementos impenetrables y de intersticios vacíos, *supondrá* una materia esencialmente elástica, dotada de unos coeficientes de densidad tan pequeños como se quiera, haciendo así posible la *consideración* no sólo de «intersticios vacíos» en los cuerpos, sino también de «elementos últimos e impenetrables» como, a distintos niveles, podrían ser las

moléculas, los átomos, los protones, etc.

La composición de un cuerpo por elementos es *concebible*, como lo es también la composición de un elemento por subelementos, etc., con tal que sean observables. Sólo que esos elementos o subelementos han sido conceptualmente contruidos por nosotros en unos espacios relativamente vacíos y con distintas densidades relativas y distintas propiedades. Así pues, no se puede olvidar que el grado de observación decide que nuestra experiencia se limite a las moléculas, o a los átomos, o a los protones, etc. Igual sucederá con los otros conceptos. Si el espacio nos parece vacío es porque no *percibimos* su influjo.

El grado de experiencia depende, pues, del grado de observación que alcancemos en un momento determinado en la historia de la ciencia... Y el grado del saber teórico depende del grado de experiencia... Finalicemos esta exposición diciendo que no hay experiencia sin observación, pero tampoco sin que esta observación sea situada en su auténtico contexto gnoseológico. A la observación que el «dato» empírico nos proporciona debe concurrir la construcción racional del concepto que permita explicar a aquél tanto en su ser, como en su obrar. Determinar los conceptos *a priori* que hacen posible esa construcción, es lo que pretende Kant en sus *Principios metafísicos*<sup>[8]</sup>. Para ello nada mejor que servirse de la «tabla de las cuatro categorías» que caracterizarán la investigación de cada uno de los cuatro capítulos siguientes. A ellos nos atenemos en el presente comentario.

## II. LA «FORONOMÍA»

El propósito de Kant, en este primer capítulo titulado «Foronomía», consiste en determinar con precisión las condiciones *a priori* que harán posible la aplicación de las matemáticas al concepto de materia móvil. Kant comienza por establecer una distinción que nosotros consideramos de capital importancia. Se trata ahora, no de la determinación objetiva del fenómeno en general, cosa que ya se abordó en la primera de las *Críticas*, sino de aquello (*Gegenstand*) que se contiene en la intuición, así como del medio, o espacios empíricos, en los que tal intuición del objeto (*Gegenstand*, insistimos) pueda darse<sup>[9]</sup>. Pues bien, como la intuición empírica de estas realidades empíricas se da siempre en un espacio también empírico, el cual, a su vez, debe representarse dentro de otro más amplio, pero igualmente empírico..., resulta que, en última instancia, nos estamos remitiendo a un proceso *in infinitum* que obliga a presuponer un espacio último envolvente que comprende a todo el Universo. Este espacio, sin embargo, no excluye que pueda ser objeto de experiencia aunque para ello deba presuponer otro espacio que, a su vez, lo envuelva...<sup>[10]</sup>. Por esta razón, el espacio omnicomprendivo no debe ser adecuadamente identificado con la forma *a priori* de nuestra sensibilidad externa. El primero, hemos dicho, es siempre susceptible de una posible experiencia, en tanto que el espacio *a priori* «no es nada

en sí», ni es un objeto (*Objekt*), sino que significa «aquel que es presupuesto por cualquier otro espacio relativo que yo puedo pensar como exterior al espacio que me es dado y que retrotraigo indefinidamente más allá de todo espacio que nos sea dado y al que comprende» (*Ak.*, IV, 481, 23-37). El espacio envolvente puede, gracias a la forma de un espacio *a priori* matemático que no es nada real, ser representado como estando en reposo y los demás, contenidos en él, en movimiento. Pero, también, gracias al espacio *a priori* cualquier espacio envolvente puede ser representado en movimiento, en cuyo caso nos remitirá a un nuevo espacio envolvente absoluto... Naturalmente la representación de las cosas (*Gegenstande*) en el espacio empírico, y la de éste en otros envolventes y a su vez envueltos, es una representación subjetiva y contingente. La objetividad sólo puede lograrse si, bajo la *idea* de un espacio envolvente absoluto, las representaciones de los móviles son matemáticamente construibles. En pocas palabras, el espacio absoluto *a priori* no debe ser confundido con la generalización física de un cerco real que el científico tiene que considerar absoluto tan pronto como pretenda hacer posible la *experiencia* objetiva de las realidades móviles. La experiencia, pues, se constituye en virtud de las exigencias *a priori* de la intuición empírica y del dato móvil que nos proporciona la percepción.

Alguien podría pensar que el espacio empírico es algo «en sí». Nada más alejado del pensamiento de Kant. Aquello (*Gegenstand*) que es captado por la intuición pura puede ser y, de hecho, es un fenómeno empírico captado también por nuestra intuición empírica. Que esta intuición remita a la intuición, también empírica, de otro espacio envolvente, responde a la dinámica de la misma. Ahora bien, si advertimos que para Kant la materia y el espacio o espacios envolventes, también materiales, son móviles, no sería posible establecer leyes científicas estrictamente tales sin tener un punto de referencia inmóvil. En efecto, ¿cómo sería posible establecer que un cuerpo se mueve en un espacio determinado si este espacio puede dar cuenta de la *impresión* que nos produce un cuerpo, que percibimos como móvil, simplemente moviéndose tal espacio en sentido contrario al cuerpo que suponemos en reposo? Y lo mismo se puede decir de los espacios envolventes que a su vez son envueltos. La cuestión sólo puede ser resuelta si suponemos que o el cuerpo, o alguno de los espacios envolventes, está en reposo. Los cuerpos, como materiales, son para Kant siempre móviles, como sucede con los espacios empíricos. Sólo si unos y otros son captados siempre bajo la forma *a priori* de la sensibilidad externa, el espacio inmóvil, podrán los cuerpos y los espacios empíricos ser *considerados* como estando con presencia permanente en un mismo lugar, es decir, en reposo, o bien en movimiento de unos con respecto a otros.

Atengámonos ahora a los conceptos de reposo y de movimiento. Pues bien, de la misma manera que Kant rechaza la afirmación de un «espacio vacío» como cosa «en sí», tal podría ser el *sensorim divinum* de Newton o el vacío de los atomistas, de igual modo rechaza el concepto de un cuerpo empírico inmóvil que hubiera de ser puesto en movimiento por una fuerza, en última instancia, primordial, como sería la causa

divina cartesiana que daría cuenta del movimiento de la materia. No, la materia es esencialmente móvil, como lo mostrará Kant en el próximo apartado de la «Dinámica», y sólo posteriormente y sobre este fundamento, podrán ser estudiadas, en su «Mecánica», las leyes que rigen el movimiento material. Ahora bien, ateniéndonos ahora a sólo la «Foronomía», ¿cómo se justifica la representación del reposo por el movimiento? Kant parte del supuesto de que en este apartado no podemos apelar al equilibrio de dos fuerzas iguales y contrapuestas (reposo dinámico), por muy evidente que aparezca a la intuición una tal inmovilidad. Y no podemos apelar a ello porque en «Foronomía» no se trata de cuerpos móviles, los cuales suponen, en la concepción kantiana, la existencia de fuerzas repulsivas y atractivas que serán objeto de estudio posteriormente. Aquí se trata de una representación que sea compatible con los conceptos físico-matemáticos de reposo y movimiento. Por ello Kant apela a la representación pura de un punto en el espacio matemático. Así pues, tampoco se trata aquí de una exposición cinemática del movimiento, sino de los supuestos transcendentales que la hacen posible. Ahora bien, definir el reposo como «la presencia permanente en un lugar» sólo puede lograrse atendiendo a la desaceleración progresiva de un punto móvil en el espacio. Esta desaceleración obliga a pensar que llegaría un momento en el que su movimiento sería tan infinitésimo que se mostraría a nuestra percepción como «permaneciendo presente en un mismo lugar», es decir, como en reposo. Ello permite aplicar la noción matemática de reposo, igual a 0, a la percepción que tenemos del mismo<sup>[11]</sup>. A un discurso semejante apelará Kant, como veremos, para hacer posible la compatibilidad de un espacio matemático que, en cuanto tal, no ofrecería resistencia al movimiento de los cuerpos, con un espacio empírico lleno y enrarecido hasta tal punto que la resistencia que ofrezca a los cuerpos sea tan pequeña como se quiera. Ello permitirá descartar la opinión de aquellos que pretenden definir el reposo como una carencia absoluta de movimiento, igual a «0». Que el reposo perceptible pueda ser concebido como un reposo matemático, no puede querer decir que aquél encuentre su definición *adecuada* en este último.

Salvada ya la posible representación de unos cuerpos móviles que se encuentran en otros espacios móviles que los contienen y que a su vez son contenidos por otros... y que la referencia última a un espacio inmóvil no ofrece dificultad alguna, con tales cosas podemos pasar a la consideración matemático-transcendental que revelarán las condiciones *a priori* que hacen posible la adición, oposición y composición de fuerzas materiales móviles *cuantificables*. Para ello, Kant prescinde aquí de la masa y del volumen de los cuerpos, así como de cualesquiera otras cualidades empíricas que no sean el movimiento puro. Esto supuesto, consideraremos la concurrencia de movimientos a partir de un punto. No se trata de una especie de «mónada» que Kant también rechaza, sino de una representación pura. Ahora bien, si prescindimos, por el momento, de los movimientos circulares, sólo hay tres posibilidades de movimientos que parten de un mismo punto. O bien estos

movimientos, sean cuales fueran sus velocidades, se suman siguiendo la misma dirección del primero, o bien se oponen en dirección totalmente contraria, o bien siguen direcciones angulares distintas.

Atendiendo al primer caso, es decir, cuando los movimientos se suman en la misma dirección, en el caso de que sean iguales, la velocidad será doble. Ahora bien, esto no quiere decir que en doble tiempo se recorra doble espacio, sino que *en un mismo tiempo* se logre recorrer doble espacio. Tal representación sólo se hace posible si consideramos que, mientras el móvil se desplaza, por ejemplo, a la derecha, el espacio que lo circunda lo hace a la izquierda, de suerte que la representación de un doble movimiento concurre en un mismo punto A: el propio del punto A que se desplaza en el espacio absoluto y el movimiento del espacio que lo envuelve, en sentido contrario. La importancia de este artificio que, como se verá en el texto, Kant lo aplica a movimientos contrarios y a la composición de fuerzas (cfr. el Teorema de la Definición 5.<sup>a</sup>), radica en fundamentar la *posibilidad* de la suma de movimientos (velocidad), del reposo y de la composición de movimientos que siguen direcciones angulares distintas. Y todo ello dentro del marco del *espacio* y el *tiempo*, es decir, dentro de un marco en el que el movimiento es matematizable: *espacio* recorrido en la unidad de *tiempo*.

En la «Foronomía», Kant no ha pretendido apelar ni a las fuerzas originarias que dan razón del movimiento, ni a las leyes mecánicas que lo rigen. En cualquiera de los casos, la «Foronomía» constituye el supuesto formal que posibilita la composición y la velocidad de cualquier cuerpo que se mueva en el espacio. Estas determinaciones pertenecen a la esencia de lo móvil en el espacio, determinando precisamente por ello cualquier tipo de movimiento real que pueda darse en un espacio real. En la «Foronomía» no es la experiencia lo que se justifica, sino su *posibilidad* y, obviamente, los condicionamientos *a priori* que la hacen posible. Por esta razón la materia no queda adecuadamente definida aquí. Es preciso proyectar la intuición en el mundo real de la materia móvil para buscar en ella las fuerzas reales que dan razón de su esencial movilidad y de las leyes mecánicas que la regulan.

Para terminar indiquemos que ante un punto móvil en el espacio queda siempre indeterminado si es el punto el que se mueve en una dirección o es el espacio que lo envuelve el que lo hace en sentido contrario y con la misma magnitud, permaneciendo el primero en reposo. Esta relatividad congénita a la «Foronomía» sólo puede despejarse una vez que la *realidad* móvil determine la experiencia según leyes necesarias del movimiento real. Newton, que admite también el movimiento con respecto a espacios relativos, hace de éstos fragmentos de un espacio absoluto envolvente que considera como un espacio inteligible, fijando así el sistema matemático del Universo. Kant, por el contrario, mantiene la distinción entre el espacio omnicomprendido, que acepta como presupuesto, y el espacio *a priori*, que hace posible la consideración de aquél como absoluto sin pretender darle una consistencia «en sí» absoluta. El sujeto transcendental decide así cuáles son las

condiciones que hacen posible la experiencia en la que lo móvil puede, en cuanto percibido, ser subsumido por el principio *a priori* de la magnitud en sus múltiples determinaciones.

### III. LA «DINÁMICA»

Si en «Foronomía» define Kant la materia atendiendo sólo a su movilidad prescindiendo de otra cualidad, como son la corporeidad y las causas que la hacen posible, ahora en la «Dinámica» nuestro filósofo se ocupará del móvil en tanto que ocupa un espacio en virtud de unas fuerzas fundamentales, como son la fuerza expansiva y la fuerza de atracción. Kant dejará para la «Mecánica» la consideración de los cuerpos materiales en cuanto se mueven en el espacio. Antes es preciso tratar de las causas fundamentales de las que aquellos movimientos mecánicos son sus manifestaciones.

Obviamente, Kant parte de la consideración de los cuerpos materiales en cuanto se resisten a otros que pretenden penetrar el espacio que les es propio. En oposición a los atomistas que suponían que los cuerpos materiales se componen de elementos dotados de impenetrabilidad absoluta y separados unos de otros por intersticios vacíos para permitir explicar los fenómenos de la compresión y de la expansividad, cuerpos que además se movían en el espacio igualmente vacío, Kant rechaza tales supuestos y considera, en primer lugar, los cuerpos materiales como efectos de unas fuerzas originarias, las primera de las cuales, la expansividad, daría cuenta de la extensión de los cuerpos y encontraría el principio de su limitación en la fuerza de atracción. Y aunque es cierto que esta última no se precisa, como sucede con la fuerza expansiva, para representarnos a los cuerpos materiales extensos, también es cierto que ésta encuentra en aquélla el principio de su limitación, como veremos.

Aquí aparecen dos concepciones sobre la naturaleza de la materia que responden una al modelo «mecánico-matemático» del atomismo, la otra al «dinámico metafísico» propugnado por Kant. Éste, sin embargo, reconoce que el primero tiene cierta ventaja sobre el segundo:

[...] al obtener, a partir de una materia enteramente homogénea y gracias a la forma variada de sus partes y a los intervalos vacíos interpuestos, una gran variedad específica de materias, tanto en lo que se refiere a la diversidad de sus densidades, como a sus modos de acción (cuando intervienen fuerzas extrañas) [Ak., IV, 524, 40 - 525, 7].

La Física newtoniana parecía encontrar en el modelo atomista su adecuada expresión. Kant, sin embargo, lo niega, porque niega *la realidad* del espacio vacío absoluto, niega el concepto de elemento último e impenetrable, niega la intervención de fuerzas extrañas a la materia para dar cuenta del movimiento, apartando así a los dioses y a las fatalidades irracionales del ámbito de la ciencia. Para el filósofo de Königsberg la materia es un todo continuo y heterogéneo en su densidad. La

expansividad de la materia no es sólo una propiedad esencial a los cuerpos físicos, como son los astros, los sólidos del mundo, etc., sino también al espacio en el que aquéllos se mueven. Y ello porque la materia espacial adquiere una expansividad tan rarificada como se quiera para que los móviles del Universo no encuentren en ella ninguna oposición digna de tenerse en cuenta. Por esta razón, puede ser *considerado* este espacio como «vacío relativo», y los cuerpos que en él se mueven, dado que son divisibles, como dotados de partes últimas, aunque la ultimidad de las mismas nunca pueda establecerse de modo absoluto. Así, por ejemplo, un cuerpo puede ser sometido a una presión cada vez más potente, disminuyendo así más y más su volumen. En el límite de la acción habrá que *presuponer* una impenetrabilidad absoluta como mera idea.

Frente a los dogmas del espacio vacío, la impenetrabilidad absoluta y la ultimidad de los elementos, Kant considera como dato *real* inicial el que nos ofrece la existencia de cuerpos extensos. El hecho de que sean susceptibles de ser divisibles físicamente *in infinitum* no quiere decir que ellos se encuentren formados por átomos indivisibles, como pudieran ser las «mónadas» de Leibniz. Que el todo supone las partes es una proposición matemáticamente evidente. Físicamente, sin embargo, se nos da previamente el todo corpóreo: la materia que llena el espacio empírico o, mejor, lo produce. El hecho de que no sea posible una materia compuesta de un número infinito de partes no excluye que el proceso de división no haya de proseguirse ilimitadamente, hasta donde nos lo permita la experiencia, que obviamente puede irse ampliando a lo largo de la historia. El grado de observación, pues, decide el nivel científico que podemos alcanzar en una época determinada. Por otra parte, los cuerpos materiales resisten a todo otro móvil que se esfuerce en penetrar en su espacio empírico, al que consideramos como lleno en virtud de las fuerzas expansivas que lo constituyen. Por ello la materia es móvil aun cuando no se considere su movimiento en el espacio. Se trata, según Kant, de una fuerza superficial que actúa oponiéndose a otra en un grado tanto mayor, cuanto mayor es la presión que esta última puede ejercer sobre aquélla para penetrarla, sin que pueda darse una «penetración absoluta». Esto es, como dijimos, un concepto límite con respecto al cual la experiencia sólo puede ofrecer grados intensivos de interacción.

Precisamente Kant busca relacionar su modelo «dinámico-metafísico» con el «físico-matemático» de Newton, debido a que el primero hace posible la construcción de conceptos físico-matemáticos sin necesidad de presuponer otros filosóficos que sean contradictorios<sup>[12]</sup>. Así, por ejemplo, las moléculas pudieron ser, en un determinado momento histórico, los datos que suministraba la observación. Las moléculas podían *ser consideradas* como elementos impenetrables e indestructibles que ocupaban un espacio. La unión de unas con otras para la constitución de un sólido podía *pensarse* tan estrecha que los espacios intermoleculares fueran infinitesimales. Con lo cual la cohesión corpórea podía *considerarse* absoluta.

Ahora bien, supuesto que la materia que llena el espacio puede ser *considerada*

tan enrarecida o tenue, que la oposición que ofrece a los cuerpos que se mueven en el espacio debe ser tomada como prácticamente nula, en tal supuesto el espacio empírico viene a equivaler a espacio vacío (matemático). Igual se diga de las causas del movimiento y del reposo, que nosotros percibimos en el Universo. La experiencia de un móvil que al chocar con otro le imprime una velocidad determinada es algo que puede medirse atendiendo al *espacio* que es recorrido en una determinada unidad de *tiempo*. La experiencia nada nos dice de las fuerzas fundamentales, como son la expansión y la atracción; ni siquiera su posibilidad puede ser conocida puramente *a priori*. Si Kant en su modelo «dinámico-metafísico» supone la existencia de las mismas y obviamente su posibilidad, ello se debe a que, de una parte, excluye cualquier causa última del movimiento que no sea intrínseca a la materia misma y, de otra, a que la resistencia de los cuerpos espaciales remite a una fuerza expansiva que la explica. Así, ni hay que recurrir a los dioses como causas del movimiento, ni el espacio es vacío, ni la indivisibilidad e impenetrabilidad son absolutas. Esto no excluye que tales conceptos límite puedan y aun deban ser *presupuestos* como «ideas» que tienen un valor heurístico para la investigación, excluyendo el recurso a los dioses, como es obvio. Queremos decir que los espacios empíricos envolventes y a su vez envueltos remiten en última instancia a la «idea», no a la realidad, de un espacio absoluto; como la diversa densidad de los cuerpos remiten a la «idea» de una impenetrabilidad y de un vacío absolutos. El modelo cerrado y dogmático mecanicista queda desplazado por el modelo «dinámico-metafísico», abierto y crítico, que hará posible la aplicación de las matemáticas a la materia móvil dando cuenta así no sólo de los logros de la Física-matemática newtoniana, sino también de los que aún habrán de venir.

En realidad, el sistema «dinámico-metafísico» parte del concepto de una materia continua y heterogénea que se expande por todo el Universo dentro de un determinado *quantum*, aunque éste nos lo representemos como inagotable. La realidad de la experiencia en general es que la materia se nos ofrece como un continuo, que el vacío absoluto y la absoluta impenetrabilidad constituyen conceptos que no son comprobables, y que, en vez de una materia compuesta de número ilimitado de partes, lo que sí se da es la infinita divisibilidad de la misma. Se trata de establecer las condiciones que hacen posible la construcción de conceptos compatibles con lo que nos ofrece la experiencia.

En efecto, nosotros podemos descomponer la materia en partes hasta el límite que el grado de observación nos lo permita. En este límite nos encontramos con elementos que, aunque no gocen de una impenetrabilidad absoluta, podemos *considerarlos* como elementos últimos que se mueven en el espacio. Por otra parte, la experiencia en general nos ofrece una pluralidad de cuerpos que se mueven unos respecto de otros. Ello parece suponer un espacio empírico vacío, pero no es así. Podemos representarnos ese espacio como lleno de una materia tan sutil como se quiera, es decir, que oponga una resistencia a los cuerpos tan pequeña que pueda ser

despreciada en relación con nuestra percepción. Ello permitiría *considerar* el espacio empírico, aunque lleno, como si fuera vacío. Y no se diga que la resistencia que ofrece el continuo espacial, por mínima que sea, evitaría el libre desplazamiento de los cuerpos en el espacio, porque este último concepto es también relativo. Si el enrarecimiento de la materia espacial puede ser *concebido* siempre en un grado mayor al que tendría cualquier otro que impidiera el libre desplazamiento de los cuerpos observado por nosotros, en tal caso la experiencia que tenemos del movimiento de los cuerpos no contradice principio alguno. Obviamente queda abierta la posibilidad de encontrar, alcanzados mayores grados de observación en la historia de la ciencia, influjos que alteren determinadas trayectorias de los cuerpos en el espacio, en cuyo caso habría que *considerar* la materia espacial con un grado de rarefacción aún mayor. De la misma manera que si las partes que hemos establecido, basados en un proceso científico-técnico, como últimos elementos de la materia, conseguimos dividirlos en otras menores, éstas deberán ser *consideradas* por el físico-matemático como elementos consistentes sobre los cuales se construya la ciencia ulterior. Y el espacio en el que ellos se muevan, tan tenue que pueda ser *considerado* por el científico como vacío.

Obsérvese que la materia móvil que Kant afirma como fundamento de la impenetrabilidad relativa equivale a un compuesto dinámico del que se predicen las partes logradas por nosotros a partir de lo extenso. Existe, como veremos, una relación entre la cantidad de movimiento presupuesto en las fuerzas expansivas y la cantidad de materia manifiesta en esa expansividad. En general, a la cuantificación de lo extenso matemático, y en cierto sentido estático, deberá corresponder una proporcional cuantificación de lo esencialmente móvil. Que podamos predicar del sujeto móvil una pluralidad de partes por nosotros logradas a partir de lo extenso, sólo puede querer decir que a cada parte extensa corresponde una fuerza expansiva que la constituye. Hay que buscar, pues, el fundamento de la cantidad de materia y de su fundamental cuantificabilidad en la cantidad de movimiento de los cuerpos, conmensurable, como veremos, en la «Mecánica».

Ahora podemos comprender cómo Kant consigue una aplicación de las leyes matemáticas de Newton a la física. En efecto, éste en su física suponía el espacio absoluto, la ultimidad de elementos impenetrables, la unión de éstos, que daría razón de la cohesión de los elementos, etc. Kant considera que los supuestos matemáticos no son los mismos que los de los cuerpos físicos. Éstos sólo se pueden acercar: a la idea de un espacio puro, si la heterogeneidad<sup>[13]</sup> de los cuerpos que se mueven lo hace en una materia tan rarificada como se quiera; a elementos constituidos, si nuestra percepción de los elementos materiales puede circunstancialmente considerarlos como tales; a la cohesión de los elementos por contacto, si suponemos su aproximación máxima hasta límites imperceptibles para nosotros. E igual se diga del movimiento absoluto de los cuerpos en el espacio. Nosotros podemos, por ejemplo, representarnos los espacios empíricos envolventes y a su vez envueltos,

hasta llegar a un espacio físico omnicomprendido, que los envuelve a todos. Éste es un espacio homologable con el espacio puro *a priori*, pero diferenciándose de él. Sin embargo, la representación de aquel espacio, como espacio puro, nos permite medir matemáticamente el movimiento de los otros cuerpos y espacios móviles en él comprendidos, como tuvimos ocasión de ver en la «Foronomía». Notemos finalmente que Kant, al poner en estrecha relación la cantidad de materia con la cantidad de movimiento, como tendremos ocasión de ver, explica la diversidad cualitativa de los cuerpos por el grado diverso de movimiento, nosotros diríamos energía, que hay en cada uno de ellos. Pero de esto trataremos más adelante.

Para lograr la aplicación de los conceptos newtonianos de espacio vacío a otro lleno, de elementos últimos impenetrables a otros penetrables, de una composición de elementos que está constituida a otra que está por constituir, etc., para lograr esta aplicación Kant se vale del concepto de «infinitesimal», es decir, de algo cuyo grado puede siempre ser considerado inferior a cualquier otro que nos brinde la experiencia en un determinado momento. Así, en una época determinada puede parecer, a nuestra experiencia física, que un cuerpo está en reposo porque, dados los medios de observación de que disponemos, no podemos apreciar el movimiento. En cualquier caso, el concepto de una materia móvil queda a salvo incluso cuando nos aparecen realidades estáticas, porque siempre podemos recurrir a lo limitado de nuestra percepción, con respecto a la cual siempre hay una magnitud menor que nosotros no podemos experimentar. La visión físico-matemática de Newton encuentra, según Kant, su expresión no en la teoría atomista, como aquél parecía suponer, sino en el modelo dinámico-metafísico que hace posible que las ideas supuestas en el modelo matemático newtoniano, tales como el espacio vacío, una materia de por sí inmóvil e indivisible en sus últimos elementos, puedan aplicarse a una materia esencialmente móvil e ilimitadamente divisible, que se desliza en un ámbito, también material, rarificado en un grado tan ínfimo como se quiera. Y esto sin tener que aceptar principios tan contradictorios como lo son un principio del movimiento distinto de la materia misma, un espacio vacío real, la impenetrabilidad absoluta de los últimos elementos y los vacíos reales intermoleculares, que darían razón de la mayor o menor densidad de los cuerpos. Si, pues, la construcción de los conceptos depende del grado de experimentación que hayamos alcanzado en un momento determinado, no es de maravillar que la ciencia se construya tanto sobre el fundamento de lo que percibimos, que no de lo que es «en sí», como de lo que, a partir de esa percepción, podamos establecer. De esta síntesis brota la única experiencia fisicomatemática que deja la puerta abierta a nuevas investigaciones<sup>[14]</sup>. Es muy importante observar, como ya lo hiciera Cassirer, que Kant tiene una concepción genética de la ciencia, como la tenía de la historia, la naturaleza y la moral jurídica. Por eso sería una mala interpretación considerar los *Principios metafísicos* como un mero intento de fundamentación de la Física de su tiempo. No, Kant deja siempre la puerta abierta a nuevos progresos y a nuevas investigaciones<sup>[15]</sup>.

Ahora cabe preguntarse por el concepto de materia que de Kant presupone en su filosofía de la naturaleza. Para Kant la aptitud de la materia para ocupar (crear) un espacio radica fundamentalmente, como vimos, en una fuerza originaria expansiva que actúa ampliando de continuo el espacio propio de la misma. En este supuesto es imprescindible que exista otra fuerza motriz que la limite. No podemos concebir que el espacio, como pura forma de la sensibilidad externa, pueda limitar la expansión de la materia, que devendría cada vez más tenue y consiguientemente menos activa hasta hacerse imperceptible. Consiguientemente, si no se dieran más que diversas fuerzas expansivas en la materia, el espacio empírico quedaría como vacío, cosa que contradice la experiencia. Es, pues, preciso admitir una fuerza primitiva en la materia y en cada una de sus partes, que se oponga a la fuerza expansiva. Tal es la fuerza de atracción que, a diferencia de la fuerza expansiva que actúa por contacto, se ejerce en todo el Universo de modo inmediato sin que sea preciso contacto corporal alguno. Dado que la fuerza de atracción, en su unión con la fuerza expansiva, constituye la limitación de esta última y que ambas son distintas, no nos puede maravillar que ambas den lugar a un grado de magnitud intensiva que el científico deberá determinar en cada caso. No sería acertado confundir estas fuerzas fundamentales con otras pertenecientes a la Física. A propósito de la Ley newtoniana de la atracción universal<sup>[16]</sup>, Kant se esfuerza reiteradamente en separarla de los supuestos filosóficos que aquélla implica y que, sin duda, no son los que propiamente Newton creía. Así nos dice Kant:

A pesar de que en el «Prefacio» de la segunda edición de su *Óptica Newton* nos dice: «*ne quis gravitatem inter essentielles corporum proprietates me habere existimet, cuestionen unam de eius causam investigandam subbiecti*», se advierte claramente el escándalo que proporcionaba a sus contemporáneos y quizás a él mismo le ponía en desacuerdo consigo mismo, puesto que él no podía decir en absoluto que las fuerzas atractivas de los planetas [...] se comportan como (en función de) la magnitud de la materia de estos cuerpos celestes, a no ser que se admita que ellos, como pura materia y, por tanto, como pura propiedad general de la misma, atraen a los otros cuerpos materiales [Ak., IV, 515, 27-37].

Aunque en las «Observaciones», por lo general, Kant intenta aclarar su pensamiento con alusiones a la Física de su tiempo, es lo cierto que tales ejemplificaciones no afectan al fundamento filosófico de su concepción. Así lo indica el mismo Kant en el Corolario I.º, por ejemplo, del Teorema 8.º (cfr. Ak., IV, 517,18, 518, 2). Y es que una cosa es que, establecidas unas unidades convencionales obtenidas y condicionadas por el grado de observación alcanzado, apliquemos la matemática a los fenómenos materiales que nos proporciona la experiencia, y otra muy distinta buscar las condiciones *a priori* que han de darse en la materia concreta para que tal aplicación sea posible. Lo primero concierne a los científicos; lo segundo, al filósofo de la naturaleza.

Ahora bien, ateniéndonos al aspecto filosófico, la condición *a priori* que hace posible que una materia, en cuanto extensa, oponga una resistencia a otra que pretenda penetrarla, sólo puede representarse como una fuerza expansiva creadora de su corporeidad. Con ello se enlazan la cualidad de resistir a la magnitud de la

extensión, haciendo posible así la cuantificación de la primera por la segunda. Por otra parte, hemos indicado la necesidad de que la fuerza expansiva encuentre el principio de su limitación en la fuerza de atracción que, a diferencia de la primera, que debe actuar por contacto, ejerza su actividad «a distancia» de unos cuerpos con respecto a otros y de todas y cada una de sus partes entre sí. Esto supuesto, la materia a la que Kant se refiere no sólo es continua, sino también heterogénea, configurándose de modos distintos por todo el espacio y dando lugar así a la pluralidad de los cuerpos diseminados por el Universo. Por ello precisamente las magnitudes de ambas fuerzas fundamentales deben ser distintas si no se quiere representar a la materia como pura homogeneidad. Kant se atiene a la Ley de Newton que determina la atracción en razón inversa al cuadrado de sus distancias, mientras que para la expansión establece una razón inversa al cubo de sus distancias. Estas leyes cuantificadoras, sin embargo, son, a nuestro entender, una mera sugerencia del supuesto filosófico anterior, es decir, de la existencia de una diferencia de magnitud de las fuerzas fundamentales que constituyen la materia.

Es cierto que Newton parece atribuir la configuración dinámica del Universo al solo principio de la gravitación universal. Ello, sin embargo, supone que los cuerpos son, en última instancia, realidades últimas «en sí» subsistentes, cosa que, como vimos, Kant rechaza. Por el contrario, Leibniz atribuye a las «mónadas», inextensas e inmóviles, la fuerza expansiva que llena el espacio permaneciendo ellas ajenas al mismo. En este supuesto se podría probar la ilimitada divisibilidad y movilidad del espacio, sin que ello afectara a la substancia que, en nuestro caso, sería la «mónada». Kant, frente a esta posición, sostiene que «la substancia material se da en todas y cada una de las partes del espacio, es decir, que hay partes móviles de por sí, que son susceptibles de ser encontradas» (*Ak.*, IV, 504,11-13). El fundamento de la argumentación de Kant estriba en que entre la «mónada» y las distintas partes de sus manifestaciones materiales tiene que darse una fuerza repulsiva de la primera si no se quiere que la materia extensa, que en la «mónada» tiene su fundamento, se identifique con ésta (cfr. *Ak.*, IV, 504, 21 - 505, 6).

Finalmente terminaremos este apartado recordando que si las cosas —y no sólo los cuerpos, sino también los espacios empíricos que las contienen y que son contenidos por otros espacios de la misma naturaleza— deben su movimiento a su esencia material y no a un impulso extraño de los dioses o de la fatalidad, entonces habrá que representarse el Universo como un equilibrio dinámico de los cuerpos en los espacios empíricos, con respecto a los cuales las fuerzas y los comportamientos de los cuerpos naturales (*movimiento, sentido, dirección...*) no son más que la resultante de las infinitas composiciones de las fuerzas contenidas en aquél, incluidas las propias de cada cuerpo. Para llegar a esta conclusión tenemos ya que referirnos no a las solas fuerzas fundamentales, sino a ellas en cuanto actúan en los cuerpos extensos que se desplazan y son desplazados por otros según leyes necesarias. Con ello entramos en el campo de la metafísica mecánica que Kant nos propone a

continuación. Si, pues, Kant en su «Foronomía» nos propuso la definición de una *posible* cuantificación del movimiento según las leyes de su composición *a priori*, si posteriormente en su «Dinámica» nos propuso la posible cuantificación de la materia fundada en principios *reales*, ahora en su «Mecánica» aborda el estudio del movimiento según leyes *necesarias*. Veámoslo.

#### IV. LA «MECÁNICA»

Kant comienza estableciendo el concepto mecánico de materia como *elemento móvil que, en tanto que móvil, dispone de fuerza motriz* (Ak., IV, 536, 5-7). En el caso del movimiento dinámico la materia era considerada como si estuviera en reposo, dado que la fuerza que entonces se consideraba concernía únicamente al lleno de unos espacios determinados. La materia que llenaba tales espacios permitía la representación de cuerpos materiales sin necesidad de atender a que unos se mueven con respecto a otro. En «Mecánica», sin embargo, se considera la materia como fuerza motriz que se pone o es puesta en movimiento con objeto de mover a otros cuerpos materiales. Aquí pues, no se trata de indagar sobre la causa radical del movimiento, puesto que ello quedó decidido en la «Dinámica» en favor de la naturaleza móvil de la materia, sino que de lo que se trata es del modo como unos cuerpos materiales, que en última instancia se mueven por sí mismos, comunican el movimiento a otros distintos, dotados también de fuerzas dinámicas.

Sobre la base de la definición dada, Kant pasará a determinar los conceptos que se suponen en la misma con objeto de hacer posible la cuantificación de la materia en cuanto móvil. Ahora bien, el desplazamiento de un cuerpo implica el desplazamiento de todos los elementos que lo constituyen y, por consiguiente, será igual al producto de la velocidad por la cantidad de materia. La velocidad es determinable matemáticamente, según principio foronómico. No resta, pues, deducir el otro factor componente: la cantidad de materia.

Kant define la cantidad de materia o masa como el número de móviles que se dan en un espacio determinado actuando todos ellos al mismo tiempo (cfr. Ak., IV, 536, 5 ss.). Esta definición responde al concepto kantiano de materia continua y heterogénea. Ella, como los elementos que la componen y los subelementos..., está dotada de fuerzas diversas que constituyen la raíz de sus cualidades específicas. Ahora bien, como se trata de una construcción o, si se quiere, de un proceso en el que la determinación de la materia móvil remite a la de sus elementos, y éstos a la de otros que la componen, y así sucesivamente, por esta razón, parece imposible poder definir la cantidad de materia móvil. Aquí nos encontraríamos con un discurso semejante al que usa Kant en contra de los atomistas que pretenden establecer la cantidad de materia atendiendo al número de partes de que está compuesta. Si la materia es divisible *in infinitum*, es obvio que la materia no pueda ser cuantificada

por el número de sus partes, sean éstas átomos o unidades de movimiento. Se podría pensar, para la primera hipótesis, que la cuantificación podría hacerse atendiendo al volumen, mayor o menor en cada cuerpo. Kant considera que tal intento es imposible.

En efecto, si todos los cuerpos fuesen específicamente idénticos, la cantidad de materia podría definirse atendiendo a la magnitud de su volumen<sup>[17]</sup>. Pero ello no es así. La materia es específicamente diversa, y ello obliga a la búsqueda de una magnitud que sea válida para todos los cuerpos aunque sean específicamente distintos. Tal es, según nuestro filósofo, la cantidad de movimiento. En este caso, no podemos apelar al número de unidades móviles que lo componen, pero sí a la «integral» de los móviles componentes, en la medida en que aquélla se puede mostrar en sus manifestaciones externas, es decir, mecánicamente.

Ciertamente, nos dice Kant, la construcción de la cantidad no es más que la construcción de muchos movimientos equivalentes. Ahora bien, según los teoremas foronómicos, importa poco que atribuya a un móvil cierto grado de velocidad o a muchos móviles todos los grados menores de velocidad que se obtendrían dividiendo la velocidad dada por el número de móviles. De ello resulta, en primer lugar, un concepto en apariencia foronómico de la cantidad de un movimiento que estaría compuesto de muchos puntos móviles, exteriores los unos a los otros, reunidos no obstante en un todo corpóreo. Entonces, si estos puntos son considerados como una cosa que tiene una fuerza motriz gracias a su propio movimiento, resulta de ello el concepto mecánico de cantidad de movimiento. *Entre esta cantidad de movimiento y la cantidad de materia, existe en todos los cuerpos dotados de una misma velocidad una relación de proporcionalidad*<sup>[18]</sup>. Esto se puede poner de manifiesto si atendemos a las relaciones mecánicas y a las leyes transcendentales que las rigen.

En efecto, el primer principio de la «Mecánica» nos dice que la cantidad de substancia material es «todo cuanto se mueve en el espacio como sujeto último de los accidentes inherentes a la materia, así como el número de móviles, exteriores los unos respecto a los otros, que la constituyen» (Ak., IV, 541,35 - 542,1). *Tal substancia permanece invariable en el Universo. De ello se sigue que, permaneciendo invariable la integral de todas las velocidades del mismo, la cantidad de materia será proporcional a la cantidad de movimiento.* Ahora bien, si tratándose de los cuerpos concretos conseguimos igualar sus velocidades, la relación entre cantidad de materia y cantidad de movimiento deberá también ser proporcional. Ello es físicamente posible. En efecto, en virtud de la tercera ley de la «Mecánica», que Kant fundamentará transcendentamente, si hacemos que dos móviles se encuentren en una misma línea de dirección y en sentido contrario, logrando un equilibrio dinámico; en tal caso, decimos, a velocidades iguales, la cantidad de materia ( $m$ ) de cada uno de ellos será proporcional a sus respectivas cantidades de movimiento ( $\vec{P}$ ). Es decir:

$$\left. \begin{array}{l} \vec{P} = m \cdot v \\ \vec{P}' = m' \cdot v' \end{array} \right\} v = v' \left\{ \begin{array}{l} \frac{\vec{P}}{m} = \frac{\vec{P}'}{m'} \end{array} \right.$$

Al establecer la proporcionalidad entre cantidad de movimiento, fundamento de las diversas cualidades de los cuerpos, con la cantidad de materia externa, el estudio de aquéllas remitirá a la materia misma y no a una variedad fundada en mónadas inextensas, ni al juego de átomos meramente extensos que debieran ser puestos en movimiento por un *Deus ex machina* o por la irracional fatalidad. El fundamento de las cualidades de los cuerpos hay que buscarlo en las fuerzas internas, cantidad de movimiento, que las constituyen. La cantidad de movimiento no puede obtenerse ni por la suma de las partes meramente extensas, ya que la materia es ilimitadamente divisible, ni por un simple coeficiente intensivo de una mónada inextensa y dotada de un dinamismo metafísico, que nunca podría justificarse a partir de la corporeidad de la materia que afecta a todas y cada una de las partes en que puede ser dividida. Era, pues, necesario reunir en una sola «teoría» concepciones tan opuestas. Al admitir Kant la *magnitud móvil* como fundamento de las diferencias específicas de la materia, remite al científico a la materia misma y, obviamente, a su cuantificación. Así, los movimientos mecánicos de los cuerpos en el Universo no son más que los efectos de las fuerzas materiales, intrínsecas a los cuerpos mismos y susceptibles de cuantificación. Es decir, tanto de las fuerzas atractivas como repulsivas, que no suponen, como alguno pudiera creer, contacto *físico absoluto*, sino aproximación de sólidos cuyas distancias pueden ser consideradas tan pequeñas como quiera y, consiguientemente, despreciables para un observador que no las pueda percibir<sup>[19]</sup>. En Kant, ni la expansión ni la atracción implican comunicación de movimiento de unos cuerpos a otros, sino que ellos establecen entre sí una relación de equilibrios y alteraciones dinámicas causadas por las fuerzas fundamentales de los mismos. Por esta razón la consideración matemática de las fuerzas de repulsión, que actúan por contacto, puede aplicarse a lo percibido para así construir la experiencia física. Descubrir tales leyes físicas es incumbencia del físico, pero al filósofo le corresponde determinar las leyes *a priori* que fundan la posible matematización de éstas. Tales leyes son la ley de la permanencia, de la causalidad, y de la igualdad de la acción y la reacción.

## 1. LEY DE LA PERMANENCIA DE LA SUBSTANCIA MATERIAL

En la *Crítica de la razón pura* Kant mostró que la *substancia permanece inalterable en cuanto a su cantidad*, sin aumentar ni disminuir en la naturaleza. Se llama substancia en filosofía trascendental a aquello que existe independientemente

de cualquier otra relación con un objeto. Pues bien, tratándose de la substancia material extensa, aquello que la distingue de su extensión, constituye su propio concepto. Y esto porque las cualidades materiales no pueden predicarse del espacio vacío en el que no hay existente alguno, es decir, no pueden referirse a la nada ni encontrar en ésta ningún soporte. Kant rechazó así el concepto cartesiano de substancia, para determinar mejor su naturaleza.

En toda materia, nos dice nuestro filósofo, el *elemento móvil* en el espacio es el último sujeto de todos los accidentes inherentes a la materia, y la cantidad de estos móviles, exteriores los unos a los otros es la cantidad de la substancia [Ak., IV, 541, 35 - 542, 1].

Kant, pues, enlaza el concepto de substancia móvil, con sus fuerzas expansivas y atractivas, con el concepto de extensión, que es el efecto de las primeras. Así, la magnitud de la materia no es otra cosa que la cantidad de substancias de las que se compone. Aplicando ahora el principio general de que en los cambios la substancia permanece cuantitativamente invariable, habrá que reconocer que, en todas las transformaciones de la materia, la substancia ni se crea ni se destruye.

Ateniéndonos al modelo «dinámico-metafísico», si las partes deben ser pensadas como divisibles *in infinitum* y si cada una de ellas debe pensarse también como dotada de un coeficiente de densidad que tiene su fundamento en el grado de su movimiento, entonces la substancia material dada en un espacio determinado equivaldrá a la suma de sus innumerables partes, dotadas de densidades desiguales. La *integral*, pues, de todas estas densidades en el espacio constituye la cantidad de materia existente. Decir que la cantidad de materia persiste a través de todos los cambios, equivale a afirmar que esta integral tiene un valor constante para un volumen determinado, sean cuales fueran los desplazamientos que en el mismo tengan lugar<sup>[20]</sup>.

Kant, que concibe la materia como una realidad esencialmente móvil, activa de por sí, distingue su actividad interna de la pura actividad mecánica que en aquélla tiene su fundamento. La cantidad de materia, pues, persiste sean cuales sean los desplazamientos a que tal cantidad diera lugar. No hay comunicación de movimiento ni, en un sentido metafísico, cambio de la materia en energía. La cantidad de materia permanece como cantidad móvil, sin que los movimientos externos, mecánicos, sean causados por aquélla, sino por sus fuerzas atractivas y repulsivas. El universo entero, y no sólo el macrocosmos, sino también el microcosmos, está sometido al influjo de tales fuerzas que pueden ser encontradas actuando entre los elementos, por pequeños que éstos sean, y entre los cuerpos siderales, por grandes que sean sus magnitudes. De aquí que, si *la cantidad de materia, masa, permanece constante, también permanecerá invariable la cantidad de movimiento* en todo el Universo.

## 2. LEY DE LA CAUSALIDAD

La primera de las *Críticas* puso de manifiesto que «*todos los cambios tienen lugar de acuerdo con la ley que enlaza necesariamente la causa con el efecto*», lo cual equivale a decir que todo cambio tiene un efecto. Ahora, tratándose de la materia, se añade que a todo cambio material antecede una causa, material también, que es externa al cambio.

La materia, como simple objeto de los sentidos externos, no tiene más determinaciones que las relaciones exteriores en el espacio, y el movimiento sólo le hace sufrir modificaciones. Para éstas, pues, cuando se trata de un cambio de un movimiento en otro, o de un movimiento en reposo a la inversa, se puede encontrar una causa, según los principios de la metafísica general. Ahora bien, esta causa no puede ser interna ya que la materia carece de fundamentos internos de determinación, como sucede en los seres vivos. Por tanto cualquier determinación de la materia se fundamenta en una causa externa. Es decir, que un cuerpo perseverará... [Ak., IV, 543, 25-33].

Terminando la frase kantiana, «un cuerpo perseverará en su estado de reposo (dinámico, se entiende) o en un movimiento rectilíneo y uniforme, si sobre él no actúa una causa externa que lo modifique». La ley de la inercia, a la que parece referirse Kant, no constituye el fundamento de la prueba anterior, sino su mera aplicación a la Física. En efecto, Kant no admite un concepto metafísico de inercia que importe carencia total de movimiento<sup>[21]</sup>. No, la materia es esencialmente móvil, y la inmovilidad debe encontrar su fundamento en la oposición de fuerzas contrarias e iguales. De la misma manera, si la cantidad de movimiento de un cuerpo viene dada por la resultante de todos los elementos móviles que lo componen, es obvio que, de no ejercerse ninguna fuerza externa sobre el mismo, su movimiento será constante por razón del fundamento, y su trayectoria seguiría la dirección de la resultante de su composición de fuerzas, es decir, sería rectilínea.

La causa que modifique estos estados de reposo o de movimiento uniforme y rectilíneo sólo puede ser una causa externa ejercida en virtud de las fuerzas atractivas y expansivas que son inmanentes a la materia misma de todo el Universo. En ningún caso el reposo absoluto puede ser una cualidad inherente a la materia, ni el movimiento una realidad que le adviene a aquélla por una causa ajena, en última instancia, a la materia misma. Esto no obsta a que la materia puede estar dotada de un reposo relativo, o de un movimiento uniforme y rectilíneo, que pueden ser alterados por la atracción o repulsión que otras materias pueden ejercer sobre aquélla. Finalmente hay que subrayar que la materia, sometida al principio de su plena determinación, no tiene otros fundamentos en virtud de los cuales pudiese ella autodeterminarse en un sentido distinto del que le impone su naturaleza fenoménica. Sólo en los seres vivos podemos encontrar tales principios de autodeterminación. Kant, pues, llama inercia al estado de la materia, no porque ésta pueda encontrarse en estado de reposo absoluto, sino porque ella carece de un principio interno que le permita modificar por sí misma su estado o actividad.

El principio de la Metafísica de la naturaleza añade, a la segunda analogía de la primera de las *Críticas*, que al efecto, es decir, a la modificación del estado de un cuerpo por parte de otro que lo altera, responde una causa *extrínseca*. Por lo demás,

Kant no precisa el sentido físico que este principio tiene en orden a la cuantificación de la cantidad de materia que puede medirse por la reacción que provoca en el cuerpo modificado; sin embargo, deja fuera de toda duda que ello debe ser así, aunque para ello sea preciso tener en cuenta el principio anterior de la «Mecánica» y, sobre todo, el que sigue a continuación<sup>[22]</sup>.

### 3. LEY DE LA ACCIÓN Y DE LA REACCIÓN

Kant, en la *Crítica de la razón pura*, estableció el principio de la reciprocidad de la acción y la reacción, entendiéndola no sólo de un cuerpo respecto a otro, sino también a la relación compleja de cada cuerpo con respecto a todos los demás («Ley de la comunidad»). Si concebimos esta ley según el modelo «mecánico matemático» de Descartes, habría que pensar que, cuando un cuerpo choca con otro que percibimos en «reposo», habría que atribuir la fuerza al primero, que, al contacto con el segundo, le comunicaría la fuerza motriz, o parte de ella, para ponerlo en movimiento. Con Hume habría que decir que, en realidad, sólo se trata de la percepción de un movimiento que termina o se modifica, y de otro que comienza o se aumenta... Descartes supone que los cuerpos consistentes de por sí, estarían dotados de movimiento gracias a la causa creadora del mismo que determinó su magnitud, dejando a las leyes mecánicas el modo de su transmisión de unos cuerpos a otros.

No hace falta recordar que Kant rechaza tanto el concepto de un cuerpo, cuya mera extensión determina su esencia, como el recurso a una causa ajena a la materia misma para dar cuenta de la cantidad de movimiento. A esto hay que añadir que las causas mecánicas no son leyes independientes, en cierto sentido, de la materia, sino leyes que, como materia móvil, se derivan de ésta.

Ahora bien, Newton, con su modelo físico-matemático, se interesa más por la cuantificación de las fuerzas que por la naturaleza de la realidad física que tras ellas se oculta. En efecto. Newton apela a dos clases de fuerzas. La «fuerza inercial» en virtud de la cual los cuerpos materiales permanecerán en su estado de reposo o movimiento rectilíneo y uniforme si no interviene una fuerza que los modifique. Por otra parte, la «fuerza motriz», opuesta a la primera, que actúa modificando el estado de reposo o movimiento de los cuerpos. Esta fuerza se manifiesta por el choque, el arrastre o la presión que ejercen unos cuerpos sobre otros, o por acciones como la pesadez, el magnetismo, la gravitación... Tal fuerza motriz puede medirse atendiendo a su cantidad, que es proporcional al efecto que produce; a la aceleración, que es proporcional a la velocidad que imprime en un tiempo determinado, y a su fuerza motriz, que varía en relación con el movimiento que genera.

Prescindiendo de los presupuestos que el modelo «físico-matemático» pueda sugerir, es lo cierto que el éxito de Newton estuvo en su visión matemática de la realidad física que Kant no sólo respeta, sino que la asume. Sin embargo, éste, en su

Metafísica de la ciencia, expuesta en los *Principios metafísicos*, no pone objeción a la distinción de estas fuerzas en la Física, mientras no se pretenda con ello dar carácter absoluto a los conceptos de «espacio», «reposo», «movimiento», etc.

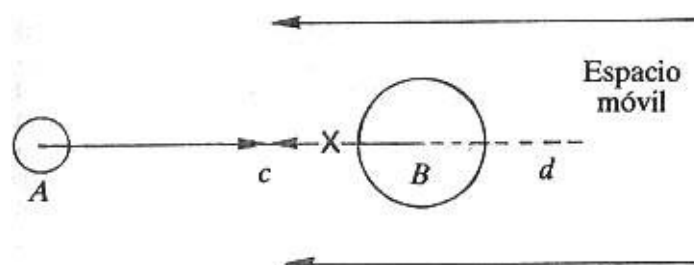
En efecto, el modelo dinámico-metafísico de Kant se centra en la determinación *a priori* de las condiciones que hacen posible el movimiento, considerado aquí mecánicamente. Y, en primer lugar, es desde las fuerzas fundamentales de la materia desde donde hay que determinar, como hemos dicho, el reposo, como un equilibrio dinámico y el movimiento rectilíneo y uniforme, como el efecto resultante de una composición de fuerzas, sean propias o ajenas, que determinan el movimiento de un cuerpo. Por lo que respecta al principio de la acción y la reacción, según el cual «todas las substancias se hallan, en la medida en que sean simultáneas, [...] en acción recíproca» (*KdrV*, A, 231) y que tiene su expresión mecánica en la ley, que nos dice: «en toda comunicación de movimiento, la acción es siempre *igual* a la reacción» (*Ak.*, IV, 544, 32-33); el Universo es concebido como una suma ilimitada en cuerpos materiales, todos interactivos según una cantidad de materia y de movimiento constantes y para los que, a toda acción de un cuerpo sobre otro, corresponde una reacción igual y de sentido contrario. En efecto, supongamos que un cuerpo en movimiento choca con un cuerpo inmóvil en el espacio. La *percepción* atribuye, sin duda, toda la velocidad al cuerpo que se desplaza y el movimiento ulterior al choque a ambos. Sin embargo, la ley de la acción y de la reacción nos obliga, como demostró Newton, a distribuir las cantidades de movimiento, por igual, entre ambos, debiéndose producir, obviamente, un reposo dinámico, que no percibimos. En todo caso Newton formuló la ley matemática, según la cual los cuerpos modifican sus velocidades en razón inversa a sus respectivas cantidades de materia (masas). Tal ley puede comprobarse experimentalmente en los supuestos kantianos, sin necesidad de admitir, como lo hacen los atomistas, ni un espacio vacío que se supone real, ni un reposo que respondería a una materia carente de movimiento, ni una comunicación de movimiento por parte del cuerpo que se desplaza en favor del que se percibe en reposo absoluto, etc. Para comprobar la ley con respecto a la experiencia del móvil que desplaza a otro, que percibimos en reposo, basta con provocar un estado de equilibrio dinámico de dos cuerpos con masas y velocidades diferentes. Dándose, en este supuesto, igual cantidad de movimiento en cada uno de ellos ( $\vec{P} = \vec{P}'$ ), y como quiera que esta cantidad de movimiento, según la ley, es igual al producto de la masa por la velocidad, entonces:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Si:} \\ \vec{P} = m \cdot v \\ \vec{P}' = m' \cdot v' \end{array} \right\} \text{ y: } \vec{P} = \vec{P}' \left\{ \begin{array}{l} \text{entonces:} \\ m \cdot v = m' \cdot v' \\ \frac{m}{m'} = \frac{v'}{v} \end{array} \right.$$

Es decir, que en el ámbito de la experiencia tiene validez la ley, según la cual, los

cuerpos intercambian sus velocidades en razón inversa a sus respectivas cantidades de materia (masas). Antes de Kant, los físicos habían considerado esta ley como resultado de la *experiencia*. Y, en verdad, es así, si no se confunde este concepto con la simple *percepción*, que más bien la contradice; puesto que, en lugar de un equilibrio, lo que se produce es un movimiento ulterior de los dos cuerpos tras el choque. Dos problemas nos salen al paso. Uno es de orden *representativo*, a saber, ¿cómo es posible representarnos al movimiento que sigue al choque en un espacio que, de ser absoluto, los cuerpos deberían, según la ley, permanecer en equilibrio dinámico? El otro es de orden *propriadamente físico* y debe responder a la pregunta de por qué los objetos físicos, tras el choque, se desplazan de lugar en los espacios empíricos.

Por lo que se refiere al problema representativo, Kant simplifica al máximo los términos de la cuestión y propone el ejemplo siguiente. Sean dos cuerpos A y B que se aproximan, con movimiento rectilíneo y uniforme, hacia la línea de choque. Estos dos cuerpos deberán encontrarse en un punto intermedio. Según la *ley* de la interacción de la Física matemática, las velocidades de uno y otro cuerpo están en razón inversa a sus masas respectivas. Esto supone que en un espacio absoluto, matemático, los dos cuerpos deberían permanecer en reposo; obviamente en el supuesto de que la masa, constituida en el momento del choque por ambos, no padeciera la acción de otros cuerpos ni la ejerciera sobre ellos. Nosotros, sin embargo, percibimos cómo si sólo el cuerpo A se moviese, mientras que B está en reposo, comunicando su movimiento al cuerpo B y posteriormente, y siempre en dicho supuesto, desplazándose ambos en el sentido de B. Ahora bien, Kant rechaza que pueda darse una comunicación de movimiento, puesto que éste no es más que una acción mecánica producida por las fuerzas fundamentales, la expansión de la materia y la atracción universal que la limita, que son las que ponen en relación dinámica a los móviles entre sí. La percepción que tenemos del movimiento después del choque de dos cuerpos es un *fenómeno* que, una vez aislado del contexto real de todo el Universo interactivo, puede ser representado foronómicamente como sigue:



Establezcamos que, siguiendo la línea de aproximación en el espacio absoluto, es decir, la que va del centro de la esfera A al centro de la esfera B, ambos cuerpos, dotados de una determinada velocidad, al chocar, se encuentran en el punto c. Ahora bien, Kant supone que el movimiento previo al choque de cada uno de estos cuerpos se realiza en espacios diferentes. El cuerpo A se mueve hacia B en el espacio que él

llama absoluto. El cuerpo *B* permanece en *reposo* en el espacio empírico (relativo) que lo envuelve, pero que se desplaza hacia *A* arrastrando consigo obviamente al cuerpo *B*. Ahora bien, aunque se supone que tanto *A* como *B* tienen la misma velocidad con respecto al espacio absoluto, sin embargo en *A* hay que sumar a su velocidad otra igual y del mismo sentido, puesto a la velocidad de *A* hacia *B* hay que añadir la del espacio empírico (relativo) que se mueve hacia *A*. Igual resultado tendríamos si el cuerpo *A* estuviese dotado de doble velocidad (*A-c*) que el cuerpo *B*, que es desplazado hacia *c*, referidos ambos al espacio absoluto. El artificio kantiano le permite tomar en consideración la relación newtoniana que hay entre velocidades y masas distintas.

Resumiendo, la solución de Kant al problema planteado radica en atribuir a un cuerpo el movimiento *en* el espacio absoluto, en tanto que al otro el movimiento *del* espacio relativo que lo envuelve y lo arrastra y que, tras el choque, continúa moviéndose con la misma velocidad y la misma dirección, provocando así la *apariencia* del desplazamiento de los dos cuerpos conjuntamente, en el sentido opuesto al del espacio móvil.

Dado que aquí se trata sólo de justificar la aplicación de las leyes físico-matemáticas a determinadas observaciones que obviamente deben abstraerse de la totalidad de un Universo infinitamente rico, Kant se limita en este lugar a fundamentar la *posibilidad* de tal aplicación resolviendo, sobre bases foronómicas ya estudiadas, la aparente contradicción que parecía seguirse de dicha aplicación al mundo fenoménico, en el que conserva su validez la tercera ley dinámica a pesar de que se siga no un equilibrio de los cuerpos antedichos, sino un ulterior movimiento de ambos en la dirección del cuerpo que se mueve en el llamado espacio absoluto. Ello deja pendiente la explicación de por qué se produce *realmente* ese movimiento ulterior al choque y bajo qué condiciones la susodicha ley dinámica continúa siempre vigente. En lo referente al movimiento ulterior hay que decir que este problema remite al concepto kantiano de choque, que no es otro que la aproximación máxima de dos cuerpos, de suerte que la distancia mutua pueda despreciarse por ser tan pequeña como se quiera. Esto supuesto, tras el choque ambos cuerpos actúan con respecto a los demás *como uno solo*. El fenómeno, pues, del movimiento ulterior tras el choque, nos remite, de nuevo, a la búsqueda de otro cuerpo distante del móvil, con respecto al cual pueda de nuevo plantearse el mismo problema y bajo la misma ley. Recuérdese que la razón última del movimiento se encuentra en las fuerzas expansivas de la materia y atractivas del Universo, que determinan la esencia de la materia. Estas fuerzas reales explican la racionalidad y, por consiguiente, la necesidad de los procesos materiales cuyas leyes deberán determinar las ciencias físicas en general.

Kant, pues, no pretendió descubrir leyes físicas propiamente tales. En los *Principios metafísicos de la ciencia de la naturaleza* sólo pretendió distinguir entre apariencia y condiciones transcendentales *a priori* que posibilitan la experiencia.

Kant sabía que no se puede hacer una ciencia de la naturaleza en su totalidad, aunque haya que presuponer su plena inteligibilidad. Sabía también que el estudio particularizado de determinados comportamientos de los objetos fenoménicos debía ser sometido a una abstracción o, si se quiere, a una limitación, que afecta a la investigación misma. Por ello consideró necesaria la «Foronomía», que, fundada en una intuición pura *a priori*, permitía comprender relaciones concretas como *posibles*. La realidad se expone en la dinámica, y la necesidad, sometida a los principios transcendentales, se estudia en la mecánica. Sin embargo, no se trata de establecer un tratado físico de dinámica, sino de estudiar las condiciones *a priori* que la hacen necesaria. La oposición entre fenómeno y realidad física se resuelve en la legalidad, que da lugar a la experiencia. Newton fue, sin duda, el primero en ofrecer al mundo leyes físico-matemáticas precisas, aunque parecía suponer el concepto de espacio absoluto como real, e igual se diga del vacío, del reposo, la impenetrabilidad, etc. Conceptos todos ellos que le permitieron construir un sistema consistente, pero cerrado a nuevas investigaciones por exigencia de observaciones nuevas.

## V. LA «FENOMENOLOGÍA»

La «Fenomenología» de los *Principios metafísicos* viene a determinar los *modos de existencia* del movimiento. Ahora bien, en la «Foronomía» se estudiaron las condiciones formales del pensamiento lógico e intuitivo del movimiento a partir de la captación, en el espacio puro y en el tiempo, de un punto *móvil*. La adición, la oposición y, sobre todo, la composición de movimientos hacían posible la representación de los conceptos matemáticos bajo los cuales podía cuantificarse la actividad móvil de los cuerpos. Obviamente, atendiendo a la sola representación foronómica del movimiento, no era posible distinguir si un móvil se desplazaba en el espacio que lo circunda, o si, por el contrario, era el espacio el que se movía con igual velocidad y en sentido contrario. Y lo mismo hay que decir cuando se trata de movimientos circulares en cuanto se refieren unos a otros *a priori*. Así, la representación de la Tierra girando en derredor de su eje, en relación con las estrellas celestes, es un fenómeno en cuyo lugar es posible poner como enteramente equivalente a él, el movimiento del cielo en sentido contrario al de la Tierra. En cualquier caso, queda al arbitrio de cada cual elegir una u otra alternativa, pues a este nivel meramente fenoménico la teoría que pueda ser construida resulta únicamente *posible*, no *real*. Lo primero es condición necesaria de lo segundo, pero no lo incluye necesariamente. El dogmatismo idealista de Descartes confundió estos dos conceptos. Por ello el filósofo francés transfirió a la naturaleza misma de las cosas conceptos *a priori* que por sí solos únicamente eran válidos para el espíritu. Así se llegó a la identificación del espacio absoluto con el perceptivo. ¿Qué condición se precisa para fundamentar una posibilidad *real*?

En su «Dinámica» Kant resuelve el tránsito de lo posible a lo real. Para ello comienza por establecer que *el movimiento circular de una materia, en contraposición al movimiento del espacio en sentido contrario, es un predicado real* (Ak, IV, 556, 30-32). Kant no habla aquí de una mera representación *a priori* del movimiento circular de un fenómeno con respecto a otro. Tal fue el caso de la rotación de la Tierra con respecto a las estrellas, antes citado. Kant trata aquí de la percepción del movimiento circular que supone la modificación continua del movimiento rectilíneo al que el cuerpo en rotación tiende por su propia naturaleza. En efecto, si, como vimos, la cantidad de movimiento de un cuerpo viene dada por la suma de todos sus componentes, su resultante gozará de una magnitud constante dando lugar a un movimiento uniforme, y su dirección será la de dicha resultante, es decir, rectilínea. Esto, obviamente, siempre que no intervengan otras fuerzas que modifique su estado. En el caso del movimiento circular de un cuerpo percibido, la modificación de su trayectoria remite necesariamente tanto a una fuerza centrípeta, como centrífuga, que, como causas modificadoras del movimiento, sólo pueden ser tales si son *reales*. El hecho de que un movimiento no pueda tener lugar sin el influjo de una fuerza motriz exterior que actúa de modo continuo, demuestra de modo mediato la existencia de fuerzas primordiales en la materia. Si a nivel foronómico quedaba indeterminado si era el cuerpo el que se movía o el espacio que lo envolvía desplazándose a igual velocidad y en sentido contrario; ahora, en la «Dinámica», se decide la alternativa en favor del cuerpo o del espacio que sea movido por su fuerza motriz, en la medida en que modifique el estado de equilibrio dinámico, o la trayectoria rectilínea, o la velocidad constante de un cuerpo. Obviamente a partir de estas modificaciones se puede establecer el carácter *real* del movimiento.

Ateniéndonos ahora a la «Mecánica», que, de algún modo, sintetiza los dos apartados anteriores, observaremos lo siguiente. Definir lo *necesario* como la coincidencia de lo *posible* con lo *real* significa sintetizar aquello que el espíritu concibe o construye con aquello que él percibe. ¿Qué condiciones hacen posible esta síntesis? Ya vimos cómo en la «Foronomía» el movimiento se concibe matemáticamente, es decir, en función de un espacio que se supone vacío, de unos cuerpos que se suponen compuestos de elementos últimos, de una cohesión de los mismos que supone el contacto material de las partes, etcétera. El atomismo idealista cartesiano pretende transferir este esquema, que responde a un modelo atómico-matemático, a la realidad percibida. Kant, por el contrario, subraya la distinta naturaleza de esta última, salvando no obstante la aplicación del modelo fisicomatemático al modelo dinámico-metafísico; al cual pertenecen los conceptos de espacio relativamente vacío, ultimidad heurística o funcional de las partes que constituyen un cuerpo, cohesión relativa que supone intersticios infinitesimales entre las partes en cuestión, etc. Con ello sólo se ha salvado la posibilidad de la aplicación de la matemática a la física, que para Kant es esencialmente dinámica. Esto, sin embargo, no garantiza el carácter necesario de las leyes físicas. Para esto es preciso

que el Universo perceptible, al que se aplican las matemáticas, esté constituido por un *quantum* de materia permanente e invariable, así como que a la acción cuantificable de unas materias sobre otras responda la reacción de estas últimas cuantificable también según la magnitud de las primeras. Estas leyes de la «Mecánica» kantiana, que constituyen una concreción de las más generales «Analogías de la experiencia» de la *Crítica de la razón pura* (A, 182-218; B, 224-265), son leyes *a priori*, y consiguientemente, aunque puedan sacarse de la *experiencia*, y no de lo meramente percibido, su origen hay que buscarlo en la razón. Precisamente por ello, critica Kant al dogmatismo realista newtoniano, que confunde lo *real* con lo *necesario* al pretender obtener las leyes antedichas de la mera observación física. Observación ésta que no puede fundamentar principios universales sin presuponer las leyes *a priori* que determinan aquélla; es decir, sin presuponer una experiencia. Experiencia que, según Kant, consiste en la síntesis de los datos percibidos, fenómenos, bajo las leyes *a priori*, en nuestro caso, tanto de la *Crítica de la razón pura*, como de los *Principios metafísicos de la ciencia de la naturaleza*.

# BIBLIOGRAFÍA

## LIBROS

- ADICKES, Erich: *Kant contra Haeckel. Erkenntnistheorie gegen naturwissenschaftlichen Dogmatismus*, Reuther-Reichard, Berlín, 1901.
- ANDLER, Ch., y CHAVANNES, E.: *La Philosophie de la Nature dans Kant*, Alcan, París, 1891.
- ARAÑA CAÑEDO, J.: *Ciencia y Metafísica en el Kant precrítico*, Secret. Publicac. Universidad, Sevilla, 1982.
- BÖHME, Gemet: *Zeit und Zahl. Studien zur Zeittheorie bei Platón, Aristóteles, Leibniz und Kant*, Klostermann, Frankfurt a. M., 1974.
- «Ist die Protophysik eine Reinterpretation der kantischen Apriori?», en *Theorie und Diskussion: Protophysik*, Gemot Böhme, Frankfurt, 1976.
- GEBELIN, J.: *Premiers principes métaphysiques de la Science de la nature*, J. Vrin, París, 1952.
- GLOY, Karen: *Die kantische Theorie der Naturwissenschaft. Eine Strukturanalyse ihrer Möglichkeit, ihres Umfangs und ihrer Grenzen*, de Gruyter, Berlin/N. York, 1976.
- GORDON, G. Brittan: *Kant's Theory of Science*, Princeton University Press, Princeton, 1978.
- HOPPE, Hansgeorg: *Kants Theorie der Physik. Eine Untersuchung über das 'Opus postumum' von Kant*, Klostermann, Frankfurt a. M., 1969.
- KRAUSSER, Peter: *Kants Theorie der Erfahrung und Erfahrungswissenschaft. Eine rationale Rekonstruktion*, Vottorino Klostermann, Frankfurt, 1981.
- KWANG-SAE, Lee: «Kant and Wittgenstein on Empirical Concepts», en *Sprache, Logik und Philosophie*, Rudolf Haller u. Wolfgang Grassel, Wien, 1980.
- LOTHER, Schäfter: *Kants Metaphysik der Natur*, Berlín, 1966.
- MARCUCCI, Silves: *Kant e le scienze*, Padova, 1978.
- MARTIN, Gottfried: *Kant's Metaphysics and Theory of Science*, Manchester University Press, Manchester, 1955.
- NARTORP, P.: *Die logischen Grundlagen der exakten Wissenschaften*, Taubner, Berlin/Leipzig, 1910.
- PALUMBO, Margherita: *Immaginazione e matemática in Kant*, Roma/Barí, 1985.
- PAP, Arthur: *The A Priori in Physical Theory*, Columbia University Press, New York, 1946.
- PLAAS, Peter: *Kants Theorie der Naturwissenschaft*, Vandenhoeck-Rupprecht, Göttingen, 1965.

- SCHEFFEL, Dieter: «200 Gedenkjahr I. Kants' Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft», en *Ostdeutsche Gedenktage*, Bonn, 1985.
- STEGMÜLLER, W.: *Aufsätze zu Kant und Wittgenstein*, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt, 1974.
- STROMEYER, Ing.: *Transzendentalphilosophie und physikalische Raum-Zeit-Lehre. Eine Untersuchung zu Kants Begründung der Erfahrungswissens mit Berücksichtigung der speziellen Relativitätstheorie*, Mannheim/Wien/Zürich, 1980.
- VUILLEMIN, Jules: *Physique et métaphysique kantienne*, Presses Universitaires, París, 1955

## ARTÍCULOS

- ANZENBACHER, Amo: «Die Naturwissenschaften zwischen ontologischer und transzendentaler Reflexión», *Theol. u. Phil.*, Freiburg, 60 (1985), 43-59.
- BÖHME, Gemot: «Über Kants Unterscheidung von extensiven und intensiven Größen», *Kants Stud.*, 65 (1974), 239-258.
- BUTTS, Robert E.: «Rules, Examples and Constructions. Kant's Theory of Mathematics», *Synthese*, Dordrecht, 47 (1981), 257-288.
- CAPOZZI, M.: «Kant on Mathematical Definition», en M. Luisa Dalla Chiara, (ed.), *Italian Studies in the Philosophy of Science*, Dordrecht, 1981, pp. 423-452.
- DEMPE, Alois: «Die Metaphysik Immanuel Kants», *Philosoph. Jahrbuch*, 83 (1976), 120-132.
- DUQUE PAJUELO, Félix: «El problema del éter en la filosofía del siglo XVIII y en el *Opuspostumum* de Kant», *Rev. de Filosofía*, Madrid, 1 (1975), 29-45.
- ENDERLEIN/SUISKI: «Die Vorstellungen Kants über die Struktur der Materie im Lichte der gegenwärtigen Festkörperphysik», *Wissenschaftliche Zeitschrift der Humboldt Universität zu Berlin*, 24 (1975), 181-184.
- GERNOT BÖHME, D.: «Ks. Theorie der Gegenstandskonstitution», *Ks. Stud.*, 73 (1982), 130-156.
- «Towards a Reconstruction of Kant's Epistemology and Theory of Science», *The Philosophical Forum*, XIII (1981), 75-102.
- GLOY, Karen: «Das Verhältnis der *KdrV* zu den Metaphysischen Anfangsgründen der Naturwissenschaft wird am Substanzkonzept demonstriert», *Phil. Naturalis*, Meisenheim, 21 (1984), 32-63.
- HAHN, Rainald: «Die Theorie der Erfahrung bei Popper und Kant. Zur Kritik der kritischen Rationalismus aus transzendentalen Apriori», *Kants Stud.*, 75 (1984), 245-247.
- HOYER, Ulrich: «Kant - Mach - Einstein», *Perspektiven der Philosophie*, 4 (1978), 103-114.

- KAULBACH, Friedrich: «Kants Metaphysik der Natur. Weltidee und Prinzip der Handlung bei Kant», *Zeitschrift für Phil. Forschung*, 30 (1976), 329-340.
- KITCHER, Philip: «Kant's Philosophy of Science», *Midwest Studies in Phil.*, Minneapolis, MN, n.º 8 (1983), 387-407.
- KORCH, Helmut: «Kant und die Naturwissenschaften», *Wissenschaft. Zeitschrift*, Jena, 24 (1975), 159-166.
- MAINZER, Klaus: «Der Raum im Anschluss an Kant», *Perspektiven der Philosophie*, 4 (1978), 161-175.
- MAJER, Ulrich, y otros: «Das Verhältnis von Mathematik und Metaphysik in Kants Theorie der Naturwissenschaft», *Gracer philosophische Studien*, Amsterdam, n.º 1 (1975), 165-188.
- MEURERS, J.: «Kant und die Kosmologie heute», *Kants Stud.*, 77 (1986), 517 ss.
- PENCO, Cario: «Matemática e regule. Wittgenstein interpret. di Kant», *Epistemología*, Genova, 2 (1979), 123-154.
- PÉREZ DE LABORDA, Alfonso: «La ciencia de Newton en la Crítica de Kant», *Estudios Filosóficos*, Valladolid, 30 (1981), 97-121.
- RADERMACHER, Hans: «Der Begriff der Theorie in der kantischen und analitischen Philosophie», *Zeitschrift für allgemeine Wissenschaftstheorie*, VIII (1977), 63-76.
- ROHS, Peter: «In welchem Sinn ist das Kausalprinzip eine Bedingung der Möglichkeit von Erfahrung?», *Kants Stud.*, 76 (1985), 436-450.
- STEGMAIER, Werner: «Kants Theorie der Naturwissenschaft», *Philosoph. Jahrbuch*, München, 87 (1980), 363-377.
- VOLKER, Gerhard von: «Kants kopernikanische Wende», *Kants Stud.*, 78 (1987), 133-152.
- WARTENBERG, Thomas E.: «Kant's Transcendental Justification of Science», *Kants Stud.*, 70 (1979), 409-424.
- WERKMEISTER, W. H.: «Kant's Philosophy and Modera Science», *Kants Stud.*, 66 (1975), 25-57.
- WETTSTEIN, Ronald H.: «Kant et le paradigme newtonien», *Rev. International de Phil.*, Bruxelles, 34 (1980), 575-598.

**PRINCIPIOS METAFÍSICOS  
DE LA CIENCIA  
DE LA NATURALEZA**

# PREFACIO

Cuando se toma la palabra naturaleza únicamente en sentido *formal*, en cuanto que significa el primer principio de todo aquello que forma parte de una cosa<sup>[1]</sup>, pueden haber tantas ciencias de la naturaleza como cosas específicamente diferentes en las que cada una debe contener el principio interior particular de las determinaciones que forman parte de su ser. Se toma también la naturaleza en el sentido *material*, no como una manera de ser, sino como el conjunto de todas las cosas en tanto que pueden ser *objetos de nuestros sentidos* y, por tanto, también objetos de experiencia; queda comprendida así, bajo esta palabra, la totalidad de todos los fenómenos, es decir, el mundo de los sentidos, excluyéndose *todos los* objetos no sensibles. La naturaleza así entendida comprende, según la diferencia capital de nuestros sentidos, dos divisiones principales, donde una contiene los objetos de los sentidos externos y la otra el objeto del sentido interno; en consecuencia es posible una doble teoría de la naturaleza: *LA TEORÍA DE LOS CUERPOS* y *LA TEORÍA DEL ALMA*; la una considera la naturaleza *extensa* y la otra la naturaleza *pensante*.

Toda doctrina cuando debe formar un *sistema*, es decir, una totalidad del conocimiento ordenado según principios, se llama ciencia; y como estos principios pueden ser los fundamentos de un enlace empírico o racional de los conocimientos en un todo, la ciencia de la naturaleza, sea como teoría de los cuerpos, sea como teoría del alma deberá también ser dividida en ciencia histórica y en ciencia racional de la naturaleza; si, no obstante, el concepto de *naturaleza* (ya que esta palabra significa que la diversidad requerida por la existencia de las cosas deriva de su principio interno) no hiciese necesario un conocimiento racional de su encadenamiento, este conocimiento no puede, por lo demás, merecer el nombre de ciencia de la naturaleza; por ello es mejor dividir la teoría de la naturaleza en *teoría histórica* de la naturaleza, no conteniendo más que hechos sistemáticamente ordenados de cosas de la naturaleza (tal teoría comprendería a su vez una descripción de la naturaleza en tanto que clasificación de estos hechos según las analogías y una historia de la naturaleza en tanto que exposición sistemática de aquéllos en los diferentes tiempos y lugares), y en *Ciencia de la naturaleza*. Por su parte, la *Ciencia de la naturaleza* sería denominada *propia* o *impropiamente* *Ciencia de la naturaleza*; la primera trata su objeto enteramente según principios *a priori*, y la otra según leyes de la experiencia.

*Propiamente hablando*, sólo se puede llamar ciencia a aquella cuya certeza es apodíctica; un conocimiento que sólo ofrece una certeza empírica es denominado *saber*, sólo *impropiamente*. La totalidad del conocimiento que es sistemático puede, por esta razón, ser ya denominado *ciencia* e igualmente ciencia racional si la ligazón del conocimiento en este sistema constituye un encadenamiento de razones y de consecuencias. Pero si finalmente estas razones o estos principios son, como por

ejemplo en la Química, simplemente empíricos y si las leyes, en virtud de las cuales se explican mediante la razón los hechos dados, son únicamente leyes de experiencia, en tal caso no conllevan la conciencia de su *necesidad* (y no son ciertas apodóticamente) ni, en sentido estricto, la totalidad merece el nombre de ciencia; por ello la Química debería denominarse arte sistemático mejor que ciencia.

Una teoría racional de la naturaleza sólo merece, pues, el nombre de *Ciencia de la naturaleza* si las leyes naturales sobre las que se funda son conocidas *a priori* y no son simples leyes de experiencia. Un conocimiento de la naturaleza de la primera especie se dice puro: el de la segunda especie, conocimiento racional aplicado. Como la palabra «naturaleza» comporta ya el concepto de leyes y éstas, por su parte, el concepto de *necesidad* de todas las determinaciones de una cosa que implica la existencia de esa cosa, se aprecia fácilmente por qué la *Ciencia de la naturaleza* debe derivar la legitimidad de esta denominación únicamente de su parte pura, aquella que contiene los principios *a priori* de todas las demás explicaciones de la naturaleza, y por qué ella sólo es ciencia propiamente hablando en virtud de esta parte; se ve, también, por qué toda teoría de la naturaleza debe, según las exigencias de la razón, conducir finalmente a la *Ciencia de la naturaleza* y concluir ahí; esta necesidad de las leyes es, en efecto, inseparable del concepto de naturaleza y quiere, por esta razón, ser reconocida absolutamente; es por esto por lo que la explicación más completa de ciertos fenómenos según los principios de la Química no nos ofrece absoluta satisfacción: se puede, en efecto, dar razones *a priori* de estas leyes en tanto que contingentes y que la sola experiencia ha enseñado.

Toda *Ciencia de la naturaleza, propiamente dicha*, debe tener, pues, una parte *pura* sobre la cual se debe fundar la certeza apodóctica que la razón busca en ella; ahora bien, como esta parte difiere totalmente por sus principios de aquellos que sólo son empíricos, es de la mayor utilidad e, igualmente, como consecuencia de la naturaleza de la cosa, un deber que no se debería descuidar con relación al método, exponer esta parte por separado y, en la medida de lo posible, en su entera totalidad, sin mezclarla con otra, con el fin de poder determinar exactamente lo que la razón puede alcanzar por sí misma y el punto donde su poder comienza a tener necesidad de la ayuda de los principios de la experiencia. El puro conocimiento racional por simples *conceptos* es denominado *filosofía pura* o *metafísica*: pero aquel que sólo funda su conocimiento sobre la *construcción* de conceptos, presentando el objeto de una intuición *a priori*, se denomina *matemático*.

Una *Ciencia de la naturaleza* que propiamente hablando, se denomine así, presupone una metafísica de la naturaleza, ya que las leyes, es decir, los principios de la necesidad de aquello que pertenece a la *existencia* de una cosa, se relacionan con un concepto que no se puede construir, porque la existencia no se puede representar en ninguna intuición *a priori*. Por tal razón la ciencia de la naturaleza propiamente dicha presupone la metafísica de la naturaleza. Ciertamente ella debe contener siempre principios que no son empíricos (precisamente por ello lleva el nombre de

metafísica); sin embargo, también puede o bien no tener ninguna relación con un objeto de experiencia determinado y, por tanto, sin preocuparse de forma determinada de la naturaleza de cualquier cosa del mundo sensible, tratar de las leyes que, de una manera general, hacen posible el concepto de una naturaleza, tal es la *parte transcendental de la metafísica de la naturaleza*, o bien se ocupa de la naturaleza particular de tal o cual especie de cosas de las que es dado un concepto empírico, pero de no utilizar, salvo lo que contiene este concepto, ningún otro principio empírico para el conocimiento de estas cosas (por ejemplo, se toma como fundamento el concepto empírico de una materia o de un ser pensante y se busca la extensión del conocimiento de la que es capaz la razón *a priori* en lo que concierne a estos objetos); así una ciencia de este género siempre debe denominarse *metafísica de la naturaleza*, a saber, de la naturaleza corporal o de la naturaleza pensante; sin embargo, en este caso se trata no de una ciencia metafísica de la naturaleza general, sino, por el contrario, particular (física y psicología), ciencia que aplica estos principios transcendentales a los dos géneros de objetos de nuestros sentidos.

Pues bien, yo sostengo que en toda teoría particular de la naturaleza sólo hay ciencia *propriadamente dicha* en tanto que se encuentren en ella *matemáticas*; por tanto, según lo que precede, una ciencia propriadamente dicha de la naturaleza en concreto, exige una parte pura sobre la que se funda la parte empírica y que descansa sobre el conocimiento *a priori* de las cosas de la naturaleza. Ahora bien, conocer una cosa *a priori* significa conocerla según su simple posibilidad. Sin embargo, la posibilidad de objetos naturales determinados no puede ser conocida en virtud de sus simples conceptos; ya que éstos pueden, ciertamente, hacer conocer la posibilidad del pensamiento (a saber, que no ofrece contradicción), pero no la del objeto como cosa de la naturaleza que puede, en efecto, ser dado (como existente) fuera del pensamiento. Así, conocer la posibilidad de cosas naturales determinadas, y, por tanto, *a priori*, exige además que la *intuición* correspondiente al concepto sea dada *a priori*, es decir, que el concepto sea construido. Ahora bien, el conocimiento racional mediante la construcción de conceptos es matemático. En consecuencia, una pura filosofía de la naturaleza en general, es decir, aquella que sólo considera lo que constituye el concepto de una naturaleza de una manera general, es posible, en rigor, sin la matemática; pero una pura teoría de la naturaleza acerca de las cosas determinadas de la naturaleza (teoría de los cuerpos y teoría del alma) únicamente es posible por medio de la matemática; y, como en toda teoría de la naturaleza sólo se encuentra ciencia propriadamente dicha en tanto que contenga conocimiento *a priori*, la teoría de la naturaleza sólo contiene verdadera ciencia en la medida en que la matemática se *pueda aplicar* en ella.

En consecuencia, mientras no se haya encontrado un concepto que relacione las acciones químicas de unas materias sobre otras, que pueda ser construido, es decir, en tanto que una ley de aproximación o de alejamiento entre las partes no pueda ser dada, según la cual, por ejemplo, en proporción de sus densidades o de propiedades

análogas, sus movimientos y las consecuencias de éstos podrían devenir en el espacio objetos de intuición y de representación *a priori* (exigencia que será difícil de realizar nunca), la Química nunca llegará a ser más que un arte sistemático o una teoría experimental, pero nunca una ciencia propiamente dicha, porque sus principios, puramente empíricos, no admiten representación *a priori* en la intuición y no hacen en modo alguno inteligibles los principios de los fenómenos en lo concerniente a su posibilidad ya que no permiten el empleo de las matemáticas.

La Psicología empírica está todavía más alejada que la Química del rango de una ciencia natural propiamente dicha, principalmente porque las matemáticas no pueden aplicarse a los fenómenos del sentido interno y a sus leyes, ya que entonces debería tomarse en cuenta la *ley de la continuidad* en el flujo de sus modificaciones internas; pero esto sería una extensión del conocimiento que se comportaría de modo semejante a como lo hacen las matemáticas con respecto a la teoría en los cuerpos; aproximadamente como la teoría de las propiedades de la línea recta se relacionan con la totalidad de la Geometría. En efecto, la pura intuición interior donde deben construirse los fenómenos del alma es el tiempo, que sólo tiene una dimensión. Tampoco podrá nunca compararse con la Química como arte sistemático de análisis o teoría experimental, porque lo diverso de la observación interna sólo se deja separar mediante una simple división en ideas, pero no pueden (las partes) conservarse en estado separado, ni combinarse de nuevo a voluntad; además, no es posible someter a otro sujeto pensante a experiencias convenientes a nuestros fines ya que la observación misma altera y desfigura en sí el estado del objeto observado. Esta Psicología, pues, jamás podrá ser otra cosa que una teoría natural histórica del sentido interno y, como tal, tan sistemática como sea posible, es decir, una descripción natural del alma, pero no una ciencia del alma, ni tampoco una teoría psicológica experimental; también es ésta la razón por la cual hemos dado a esta obra, que contiene de hecho los principios de la teoría de los cuerpos, siguiendo la costumbre, el título general de *Ciencia de la naturaleza*, porque en sentido propio sólo le conviene a ella esta denominación y no puede dar lugar, por tanto, a ambigüedad alguna.

Ahora bien, con el fin de hacer posible la aplicación de las matemáticas a la teoría de los cuerpos, que sólo así puede devenir teoría de la naturaleza, se deben presentar, en primer lugar, los principios de la *construcción* de conceptos que se relacionen, de manera general, con la posibilidad de la materia: en consecuencia, habrá que tomar como fundamento un análisis completo del concepto de materia en general; es ésta una tarea de la filosofía pura que no utiliza para este fin ninguna experiencia particular, sino únicamente lo que se encuentra en el concepto tomado aisladamente (aunque sea empírico), con relación a las intuiciones puras en el tiempo y en el espacio (según las leyes que, de una manera general, ya están ligadas, esencialmente, al concepto de naturaleza); se trata, pues, de una verdadera *metafísica de la naturaleza corpórea*.

Todos los filósofos de la naturaleza que en sus trabajos han querido proceder matemáticamente, siempre se han servido (aunque inconscientemente) de principios metafísicos, y han tenido que ayudarse de ellos, aunque advirtiendo solemnemente contra toda pretensión de la Metafísica sobre su ciencia. Sin duda alguna consideraron esta Metafísica como una quimera consistente en imaginar a su gusto posibilidades y a jugar con conceptos que posiblemente se puedan representar en absoluto en la intuición, no poseyendo más confirmación de su realidad que la de no contradecirse en ningún punto. Mas toda verdadera Metafísica es extraída de la esencia misma de la facultad de pensar y no es, en absoluto, inventada en todas sus partes bajo el pretexto de no recibir nada de la experiencia, sino que contiene las *puras acciones* del pensamiento, por tanto, los conceptos y los principios *a priori* que unifican legítimamente la diversidad de las representaciones empíricas, y, de esta forma, esta diversidad puede devenir *CONOCIMIENTO empírico*, en otras palabras, experiencia. Así estos físicos matemáticos no podían en absoluto abstenerse de los principios metafísicos ni, por medio de éstos, de los principios que hacen al concepto de su objeto propio, la materia, susceptible de aplicación *a priori* a la experiencia exterior, como son los conceptos del movimiento, del espacio lleno, de la inercia, etc. Sin embargo, estimaban con razón, pero en modo alguno conforme con la certeza apodíctica que querían dar a sus leyes naturales, el no admitir más que principios puramente empíricos; así preferían postularlos sin investigar las fuentes *a priori*.

Ahora bien, es de la mayor importancia para el interés de la ciencia separar los principios heterogéneos unos de otros, de incluirlos, según su género, en un sistema particular con el fin de que cada género forme su propia ciencia; se evitará así la incertidumbre que provenía de la confusión; ya que no se puede distinguir muy bien a cuál de los dos géneros se habrían de atribuir tanto los límites, como también los errores que podrían producirse en su uso. Por eso es por lo que juzgo necesario en lo referente a la parte pura de la Ciencia natural (*Physica generalis*), en donde las construcciones metafísicas y matemáticas acostumbran a entremezclarse, el presentar en un sistema las primeras y simultáneamente los principios de la construcción de los conceptos de las mismas, es decir, de los principios que (justifican) la posibilidad misma de una teoría matemática de la naturaleza. Esta separación ofrece, además de la utilidad ya señalada, el encanto particular que comporta la unidad del conocimiento, lo que tiene lugar cuando se tiene cuidado de que los límites de las ciencias no se confundan, sino que ocupen su dominio determinado como conviene.

Se puede elogiar este procedimiento por una segunda razón, a saber, que de todo lo que se llame metafísico se puede esperar tener ciencias *absolutamente completas*, lo que no puede prometerse en ningún otro género de conocimientos; por tanto, al igual que para la metafísica de la naturaleza en general, puede esperarse en este caso, con confianza, una metafísica completa de la naturaleza corporal; la razón está en que en la metafísica el objeto (*Gegenstand*) es únicamente considerado según las leyes generales del pensamiento, pero en las demás ciencias debe presentarse de acuerdo

con los datos de la intuición (tanto pura, como empírica). La metafísica, en efecto, donde el objeto debe en todo momento concordar con *todas* las leyes necesarias del pensamiento, debe ofrecer, por ello, un número determinado de conocimientos que puedan agotarse enteramente; mientras que las demás ciencias, que presentan una diversidad infinita de intuiciones (puras o empíricas) y, consecuentemente, de objetos para el pensamiento, nunca llegan a ser absolutamente completas, sino que pueden desarrollarse hasta el infinito; es el caso de la matemática pura y de la teoría empírica de la naturaleza. Creo haber expuesto plenamente, en toda su extensión, esta teoría metafísica de los cuerpos, sin imaginarme no obstante, haber realizado con ello una gran obra.

El esquema necesario para un sistema metafísico completo, que trate de la naturaleza en general o de la naturaleza corporal en particular, es la tabla de las categorías<sup>[2]</sup>, ya que no existen otros conceptos puros del entendimiento que se puedan aplicar a la naturaleza de las cosas. Bajo las cuatro clases de aquellas, las de *cantidad*, *cualidad*, *relación* y, en fin, de *modalidad*, deben poder obtenerse todas las determinaciones del concepto universal de una materia en general, por tanto, todo lo que se pueda pensar *a priori*, todo lo que pueda ser representado en la construcción matemática o que pueda ser dado en la experiencia como objeto determinado. Aquí no puede hacerse nada, ni descubrirse o añadirse nada, sino, en todo caso, mejorar (el conocimiento) donde la claridad o la solidez fueran defectuosos.

El concepto de materia debe, pues, ser sometido a las cuatro funciones enumeradas de los conceptos del entendimiento (en cuatro capítulos) a cada uno de los cuales adviene una determinación nueva. La determinación fundamental de cualquier cosa que debe ser un objeto de los sentidos externos, debería ser el movimiento ya que únicamente éste puede afectar a esos sentidos. Es también al movimiento al que el entendimiento atribuye todos los demás predicados de la materia que pertenecen a su naturaleza; y es así que la *Ciencia de la naturaleza* es, en su totalidad, una teoría pura o aplicada del movimiento. Los *Primeros principios metafísicos de la ciencia de la naturaleza* deben, pues, ser agrupados en cuatro capítulos, de los cuales el primero, que considera el movimiento como puro *quantum* dejando de lado, según su composición, toda cualidad del móvil, se puede denominar FORONOMÍA; el segundo, que toma en consideración, como perteneciente a la cualidad de la materia, una llamada fuerza motriz primordial, y por ello se denomina DINÁMICA; el tercero considera la materia provista de esta cualidad en relación recíproca en virtud de su propio movimiento, y viene tratada bajo el nombre de MECÁNICA; el cuarto sólo determina el movimiento o el reposo con relación al modo de representación o a la modalidad, o sea, como fenómeno del sentido externo, y es denominado FENOMENOLOGÍA.

Además de esta necesidad interna que obliga a separar los primeros principios metafísicos de la teoría de los cuerpos, no solamente de la física que emplea principios empíricos, sino también de premisas racionales que se aplican en el uso

que ella hace de las matemáticas, hay incluso una razón externa, contingente ciertamente pero no menos importante, para separar el sistema general de la metafísica de una elaboración más específica, presentada sistemáticamente como un conjunto particular. Ya que si se está autorizado para trazar los límites de una ciencia, no solamente según la naturaleza del objeto y del modo específico como se le conoce, sino también según del fin que se propone atender, a saber, la ciencia en su ulterior desarrollo; y si, por otra parte, se remarca que la metafísica no se ha ocupado hasta ahora y no se ocupará en el futuro tanto de extender de esta forma los conocimientos que se tienen de la naturaleza (resultado que se alcanza fácilmente y con seguridad mediante la observación, la experiencia y la aplicación de las matemáticas a los fenómenos exteriores), sino más bien para advertir al conocimiento de aquello que se encuentra más allá de todos los límites de la experiencia, es decir, de Dios, la libertad y la inmortalidad; este fin se refuerza si se libera la metafísica de un vástago (la metafísica de la naturaleza) nacido, a decir verdad, de su raíz, pero que sólo puede generarlo con su crecimiento regular plantándolos aparte, aunque sin desconocer el origen que lo genera y sin dejarlo de lado en el sistema de la metafísica general cuando haya alcanzado su crecimiento total. No se menoscaba la integridad de la metafísica, haciéndose incluso más fácil su camino hacia su propio fin, si en todos los casos en los cuales se tienen que servir de la teoría general de los cuerpos, sólo se tiene cuidado de recurrir a este peculiar sistema sin ampliar aquel otro más extenso de la metafísica. Es, en efecto, muy destacable (lo que aquí no se puede exponer con detalle) que la metafísica general, cada vez que le faltan los ejemplos (las intuiciones) para ofrecer una significación a los puros conceptos del entendimiento, deba siempre tomarlos de la teoría general de los cuerpos, por consiguiente según la forma y los principios de la intuición exterior; y, cuando aquéllos no se encuentran ultimados, ella camina a tientas, inestable y vacilante, entre una multitud de conceptos desprovistos de sentido. Aquí está el origen de las bien conocidas controversias, al menos de la oscuridad que reina en las cuestiones concernientes a la posibilidad de un conflicto de realidades como aquella de la magnitud intensiva, etc., cuestiones donde sólo los ejemplos sacados de la naturaleza de los cuerpos pueden ilustrar al entendimiento; aquí están las condiciones gracias a las cuales solamente es posible a estos conceptos adquirir una realidad objetiva, es decir, significación y verdad. Es así como una *metafísica particular* de la naturaleza de los cuerpos ofrece a la *metafísica general* servicios excelentes e indispensables, dotando de los ejemplos (casos *en concreto*) para realizar los conceptos y teoremas (de hecho, los de la filosofía transcendental), es decir, para dar un sentido y una significación a una simple forma de pensamiento.

En este tratado he imitado el método matemático, si bien no de forma rigurosa (ya que me hubiera sido necesario consagrar más tiempo del que yo podía disponer), ni para hacer más aceptable esta obra haciendo ostentaciones de profundidad, sino porque pienso que un tal sistema es muy factible y a él, con el tiempo, una mano más hábil bien podrá darle esa perfección si, determinados por este esbozo, los

naturalistas matemáticos no consideraran de poca importancia tratar en su física general, como una parte específica fundamental, el lado metafísico del que, por otra parte, no se pueden dispensar, y de ofrecerlo en la teoría matemática del movimiento.

NEWTON dice en el Prefacio de los *Principios matemáticos de la filosofía natural* (tras haber indicado que la geometría sólo ha de cuidarse de dos de los procesos mecánicos que postula, a saber, de trazar una línea recta y un círculo): «La geometría se enorgullece de alcanzar tan grandes resultados, recibiendo tan poco de fuera»<sup>[3]</sup>. De la Metafísica se podría decir, por el contrario, que está *desconcertada de poder hacer tan poco con tantos materiales como le ofrece la matemática pura*. Este poco, no obstante, es algo del que la matemática necesita en sus aplicaciones a la ciencia natural; y, puesto que ésta tiene necesidad de recibir préstamos de la Metafísica, no debe tener vergüenza de mostrarse en su compañía.

## CAPÍTULO PRIMERO

# PRINCIPIOS METAFÍSICOS DE LA FORONOMÍA

### 1.<sup>a</sup> DEFINICIÓN (*Ak.*, IV, 480, 5 ss.)

La materia es aquello que es móvil en el espacio. El espacio, que por sí mismo es móvil, se llama espacio material o también espacio relativo. Finalmente, aquel espacio en el cual debe pensarse todo movimiento (y, en consecuencia, es absolutamente inmóvil) se denomina espacio puro e, incluso, espacio absoluto.

### 1.<sup>a</sup> OBSERVACIÓN (*Ak.*, IV, 480, 11 ss.)

Como en Foronomía sólo se consideran las cuestiones relativas al movimiento, no se le atribuirá al sujeto de la misma, a saber, la materia, ninguna otra cualidad que la movilidad. Ésta podrá, por consiguiente, ser considerada en adelante como un punto, ya que en Foronomía se hace abstracción de toda consideración interna y, por consiguiente, del tamaño del móvil. No hay, pues, otra cosa en que ocuparse que con el movimiento y con las consideraciones de sus magnitudes (velocidad y dirección). No obstante, si empleo alguna vez la expresión *cuero*, ello sólo será para anticipar, de algún modo, la aplicación de los principios de la Foronomía a los consiguientes conceptos mejor definidos de la materia, con objeto de que la expresión resulte menos abstracta y más fácil de comprender.

### 2.<sup>a</sup> OBSERVACIÓN (*Ak.*, IV, 481 ss.)

Si *no debo* definir el concepto de materia en función de un predicado que se refiera a ella como objeto (*Objekt*), sino sólo por su referencia a la facultad de conocer, en la cual la representación pueda previamente serme dada (*a priori*), entonces la materia es una cierta cosa (*Gegenstand*) de los sentidos externos y tal será la pura definición metafísica. En tal caso el espacio no sería más que la forma de toda intuición sensible externa. Aquí no se trata de saber si esta forma conviene también al objeto (*Objekt*) exterior en sí, que llamamos materia, o si ella no se encuentra más que en la constitución de nuestra sensibilidad. La materia, en oposición a la forma, sería lo que en la intuición exterior es un objeto (*Gegenstand*) de la sensación; por consiguiente, será lo propiamente empírico y externo de la intuición sensible también externa, pues la materia no puede sernos dada enteramente *a priori*. En toda experiencia algo debe ser percibido (*empfunden*), y aquello que hay de real en la intuición sensible, el espacio en el cual debemos ubicar la experiencia de los

movimientos, debe ser sensible, es decir, debe estar designado por aquello que puede ser experimentado. Este espacio, en tanto que comprende todas las cosas de la experiencia y es él mismo un objeto (*objekt*), se llama espacio empírico. Consiguientemente este espacio, como material, es también móvil. Pero un espacio móvil, si su movimiento debe poder ser percibido, supone en su contorno otro espacio material más amplio donde el primero es móvil..., pero este segundo precisa otro y así hasta el infinito.

De este modo todo movimiento objeto de experiencia es puramente relativo; el espacio donde es percibido es también un espacio relativo que, al mismo tiempo, se mueve en un espacio mayor e incluso, posiblemente, en dirección opuesta. En consecuencia, la materia, que es móvil, en el primer espacio puede estar en reposo con respecto al segundo. Estas modificaciones del concepto de movimiento en correspondencia a las variaciones del espacio relativo, prosiguen indefinidamente. Admitir un espacio absoluto, a saber, un espacio que, puesto que no es material, no puede ser objeto de experiencia, sino que es dado en sí, significa admitir algo que, ni en sí, ni en sus consecuencias (el movimiento en el espacio absoluto), puede ser percibido con relación a una posible experiencia, la cual debe siempre ser establecida sin él (es decir, sin el espacio *en sí*). El espacio absoluto no es, por consiguiente, nada «en sí», ni es un objeto (*Objekt*), sino que significa únicamente a aquel que es presupuesto por cualquier otro espacio relativo que yo puedo pensar como exterior al (espacio) que me es dado y que retrotraigo indefinidamente más allá de todo espacio que nos sea dado y al que comprende. Espacio dado que puedo concebir moviéndose en un espacio mayor (que lo comprende). Ahora bien, como sólo puedo pensar el espacio siempre aun como material sin que ciertamente sepa de la materia nada que lo caracterice, *hago abstracción*, por ello, de esta última y será representado como espacio puro y absoluto y, en modo alguno, como empírico. En este (espacio absoluto) puedo comparar los espacios empíricos y representármelos en él en movimiento, considerándolo a él como inmóvil. Convertir dicho espacio absoluto en algo real es confundir la *generalización* lógica de un espacio cualquiera, al que puedo comparar con otro espacio empírico encerrado en él, con la generalización física de un cerco real y no comprender la razón en su misma idea.

En último lugar quiero destacar que la movilidad de un objeto en el espacio no puede ser conocida *a priori*, ni sin el aprendizaje de la experiencia. La movilidad no ha podido ser incluida en la *Crítica de la razón pura* por mediación de los conceptos puros del entendimiento; además, este concepto empírico no podía encontrar lugar más que en una ciencia de la naturaleza, la cual, en tanto que *metafísica aplicada*, se ocupa ciertamente a menudo de los principios *a priori* de un concepto producido por la experiencia.

2.<sup>a</sup> DEFINICIÓN (*Ak.*, IV, 482, 14 ss.)

El movimiento de un objeto es la modificación de sus relaciones exteriores con referencia a un espacio dado.

### 1.<sup>a</sup> OBSERVACIÓN (*Ak.*, IV, 482, 17 ss.)

Anteriormente ya he establecido, como base del concepto de materia, el de movimiento. Pues, como quería definirla independientemente del concepto de extensión, para poder considerar la materia *en un punto*, era lícito acordar que se utilice la definición ordinaria de movimiento, en cuanto cambio de lugar. Mas, ahora que el concepto de materia debe ser explicado de una forma general y de suerte que convenga también a los cuerpos en movimiento, esta definición no basta. En efecto, el lugar de todo cuerpo es un punto. Cuando se quiere determinar la distancia de la Luna a la Tierra y se desea conocer la distancia de sus lugares respectivos, con este fin no se mide la distancia de un punto cualquiera de la superficie del interior de la Tierra a un punto cualquiera de la Luna, sino que se toma la línea (recta) más corta desde el centro de una hasta el centro de la otra; en consecuencia, de aquéllos sólo un punto de estos cuerpos constituye su lugar. Pero un cuerpo puede moverse sin cambiar de lugar, como la Tierra girando en torno a su eje. Sin embargo, su relación con el espacio exterior se modifica al mismo tiempo, como, por ejemplo, la Tierra gira en veinticuatro horas y, desde la Luna, se perciben sus diversas fases; de donde resultan sobre la Tierra efectos variables de todo género. Empero, sólo de un punto móvil, es decir, físico, se puede decir: el movimiento es siempre cambio de lugar. Se podría objetar a esta definición que no comprende el movimiento interior, por ejemplo, en una fermentación; pero aquello que se llama móvil debe también ser considerado como una unidad. Que la materia *de un tonel de cerveza* es móvil, indica cosa distinta de que *la cerveza en el tonel está en movimiento*. El movimiento de alguna cosa, pues, no es idéntico al movimiento interior de la cosa. Ahora sólo nos interesa el primer movimiento. La aplicación de este concepto al segundo caso es, en consecuencia, aproximada.

### 2.<sup>a</sup> OBSERVACIÓN (*Ak.*, IV, 483, 7 ss.)

Los movimientos pueden ser rotatorios (sin cambio de lugar) o progresivos; estos últimos pueden ampliar el espacio o bien estar limitados a un espacio dado. A la primera clase pertenecen los movimientos en línea recta o en línea curva, en cuanto que no regresen a sí mismos. A la segunda, los movimientos que vuelven sobre sí mismos; estos últimos son circulares o también oscilatorios, es decir, los movimientos en círculo o balanceantes (*Schwankend*). Los primeros recorren siempre el mismo espacio en la misma dirección y los segundos siempre alternativamente en sentido contrario como los péndulos oscilatorios. A estos dos movimientos se refiere

también la vibración (*Bebung*) —*motus tremulus*—, que no es el movimiento progresivo de un cuerpo, sino un movimiento alternativo de una materia que, en conjunto, no modifica su lugar, como, por ejemplo, las trepidaciones de una campana golpeada o los temblores del aire en movimiento por el sonido. Menciono estas diferentes formas de movimiento en Foronomía simplemente porque todos los movimientos que no son progresivos y a los que se aplica comúnmente la palabra *velocidad*, se hacen en sentido distinto del de los movimientos progresivos, como lo demuestra la siguiente observación.

### 3.<sup>a</sup> OBSERVACIÓN (*Ak.*, IV, 483, 25)

La *dirección* y la *velocidad* son los dos elementos que se utilizan para el examen de todo movimiento si se hace abstracción de todas las otras propiedades del móvil. Supongo, para ambas, la definición habitual; sólo que la dirección exige aún otras restricciones. Un cuerpo que se mueve en círculo modifica constantemente su dirección de tal modo que, hasta su vuelta al origen, ha tomado todas las direcciones posibles en el plano; se dice, sin embargo, que está siempre siguiendo *el mismo sentido*, por ejemplo, que el planeta se mueve de poniente a levante.

Pero ¿cuál es el sentido que sigue el movimiento como tal?; cuestión emparentada con esta otra: ¿cuál es la razón de la diferencia interna de los tomillos de Arquímedes, que son semejantes o incluso iguales y, no obstante, unos giran en espiral *hacia la derecha* y los otros *hacia la izquierda*: o la del enrollamiento de la judía lunada y del lúpulo, del cual la primera circunda su rodrigón como un tirabuzón o, como dirían los marineros, en dirección contraria a la del Sol, y el otro en su misma dirección? Éste es un concepto que se puede construir, mas no como concepto de sí, pues no se puede aprehender inteligiblemente según los indicios generales siguiendo el conocimiento discursivo; aún más, en las cosas mismas (por ejemplo, en el interior de ciertos hombres *extraños* a los que, al hacerles la autopsia, se encuentran todas sus partes fisiológicamente conformadas como en cualquier hombre, salvo que todos sus intestinos se encuentran a izquierda o derecha inversamente al orden ordinario) no se puede establecer una diferencia pensable según las consecuencias internas; y, sin embargo, existe una diferencia interna verdaderamente matemática que se adapta, sin ser absolutamente igual, al concepto de la diferencia de dos movimientos circulares, iguales según todos los aspectos pero distintos según la dirección. He mostrado en otra parte que esta diferencia ciertamente aparece en la intuición, pero no puede reducirse totalmente a conceptos claros ni, en consecuencia, definirse de forma comprensible (*dari, non intelligi*), suministrando una buena prueba para confirmar este principio: que de una manera general el espacio no forma parte de las propiedades o de las referencias de las cosas en-sí, las cuales precisarían necesariamente reducirse a conceptos objetivos, sino únicamente de la forma subjetiva de nuestra intuición sensible de las cosas o de sus referencias; luego aquello

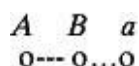
que ellas puedan ser en-sí es, para nosotros, completamente incognoscible. Ciertamente, ésta es una digresión, en cuanto a nuestra tarea actual, sobre las cosas en sí, porque debemos tratar aquí el espacio obligatoriamente como una propiedad de las cosas que consideramos, es decir, como seres corporales que no son más que fenómenos de los sentidos externos, que sólo deben ser explicados aquí como tales. En lo concerniente al concepto de velocidad, es preciso decir que el uso de esta expresión tiene a veces un sentido diferente. Decimos: La Tierra gira más rápidamente en torno a su eje que el Sol, ya que ella lo hace en menos tiempo, a pesar de que el movimiento del Sol sea más rápido. La circulación de la sangre es más veloz en un pequeño pájaro que en el hombre, aunque el movimiento de la corriente sea seguramente menos rápido en el pajarillo; cosa semejante sucede en las trepidaciones de las materias elásticas. La brevedad del tiempo empleado en el retomo al punto de partida que ejecuta el movimiento circular u oscilatorio, es el motivo del empleo de este concepto que no ha lugar a censurar a condición de evitar toda interpretación equívoca; porque este simple crecimiento de la velocidad en el retorno, sin incremento de la velocidad espacial, produce en la naturaleza sus efectos propios muy importantes; tal vez no se ha tenido suficientemente en cuenta en lo que concierne a la circulación de los líquidos en el interior de los animales. En Foronomía sólo empleamos el concepto velocidad en su significación propia:  $V = e/t$ .

### 3.<sup>a</sup> DEFINICIÓN (Ak., IV, 485, 7 ss.)

El reposo es la presencia permanente (*praesentia perdurabilis*) en un mismo lugar; pero lo permanente es aquello que existe un cierto tiempo, es decir, que dura.

### OBSERVACIÓN (Ak., IV, 485, 5 ss.)

Un cuerpo en movimiento encuentra un instante en cada punto de la línea que recorre. La cuestión consiste en saber si está en reposo o en movimiento. En movimiento, se dirá, sin ninguna duda, porque no está presente en este punto en tanto que se mueve. Pero supóngase el movimiento de aquél, del modo siguiente:



de modo que el cuerpo recorra con una velocidad uniforme la línea  $AB$  y en sentido inverso  $BA$  y que, como el momento donde el cuerpo está en  $B$  es común a los dos movimientos, los movimientos de  $A$  a  $B$  y de  $B$  a  $A$  se efectúan, cada uno, en medio segundo y los dos movimientos en un segundo completo, no habiendo sido empleado el más mínimo espacio de tiempo durante la presencia del cuerpo en el punto  $B$ . Así, sin aumento de estos movimientos, el que se efectuaba en la dirección  $BA$  podrá

transformarse en un movimiento  $Ba$  situado en el prolongamiento de  $AB$ , y, entonces, el cuerpo que está en  $B$  no puede ser considerado como si estuviera en reposo, sino en movimiento. Seguidamente, el cuerpo deberá ser considerado en el punto  $B$  alcanzado en el primer movimiento pero también retrocediendo del mismo (en sentido contrario), lo cual es imposible; puesto que, siguiendo la hipótesis, el cuerpo, durante un solo instante, pertenecería al movimiento  $AB$  y, al mismo tiempo, al movimiento  $BA$ , el cual, siendo opuesto al movimiento precedente y unido a él en un único e idéntico instante, debería probar una ausencia completa de movimiento (en el instante  $B$ ). Ahora bien, si ésta (ausencia de movimiento) estableciese el concepto de reposo, se debería probar también que, para el movimiento uniforme  $Aa$ , el reposo del cuerpo se daría en cada punto, por ejemplo, en el punto  $B$ ; lo que contradice la afirmación anterior.

Cuando se representa en otro sentido la línea  $AB$  dirigiéndose hacia arriba por encima del punto  $A$ , de manera que un cuerpo se eleve de  $A$  a  $B$  y después, tras haber perdido su movimiento en el punto  $B$ , por efecto de su gravedad, cae de  $B$  a  $A$ ; en estos supuestos, pongo aquí la cuestión de saber si el cuerpo en  $B$  puede ser considerado en movimiento o en reposo. Seguramente se dirá que está en reposo, puesto que todo su movimiento anterior le ha sido anulado cuando ha alcanzado ese punto  $B$ , y que un movimiento igual y en sentido contrario ha debido producirse inmediatamente, aunque no se haya producido aún. Así se concluirá que la ausencia de movimiento es el reposo. No obstante, en el caso anterior a éste de un movimiento uniforme, el movimiento  $BA$  no podía lograrse más que cuando previamente el movimiento  $AB$  *había cesado y aún no existía el movimiento de  $B$  a  $A$* . Se precisaba, pues, admitir en  $B$  una ausencia de todo movimiento para conseguir la explicación ordinaria del reposo. Esto, sin embargo, no puede ser admitido porque ningún cuerpo, dada una velocidad uniforme, puede ser concebido en reposo en punto alguno. ¿Sobre qué se funda, pues, en el segundo caso, esta pretensión de reposo, ya que la ascensión y la caída sólo están separadas por un instante? La razón de ello estriba en que el último movimiento no se concibe como el movimiento de un cuerpo con velocidad uniforme, sino más bien como un movimiento uniformemente desacelerado y, después, como uniformemente acelerado; de tal modo que (al ascender) la velocidad en  $B$  no ha cesado, sino que se ha ido desacelerando hasta un mínimo menor a cualquier velocidad que pueda darse. Si, con esta velocidad, el cuerpo en lugar de caer siguiendo la línea de la gravedad  $BA$  tomara la dirección  $AB$ , considerada como ascendente, suponiendo que, en este caso, se atiende sólo a la velocidad (progresivamente desacelerada) y se prescinde de la resistencia gravitatoria, el cuerpo continuará recorriendo, en un tiempo tan largo como se quiera, espacios cada vez menores que cualesquiera otros que puedan darse. En consecuencia, para una experiencia posible, el cuerpo nunca podría cambiar de sitio, siendo su estado, por tanto, el de una presencia perdurable en el mismo lugar; es decir, que estaría en reposo. Reposo, por otra parte, inmediatamente anulado por la acción persistente de

la gravedad, modificadora de ese estado. El cuerpo, en este caso, se encuentra de modo permanente en el mismo lugar, es decir, en reposo, siempre que ninguna otra causa venga a desplazarlo. Encontrarse en una *situación estable y perseverar en ella* (si ninguna otra causa viene a desplazar al cuerpo) son dos conceptos diferentes sin que uno influya en el otro. El reposo no puede construirse mediante una carencia de movimiento, es decir, como 0; sino que debe concebirse como una *presencia persistente* en el mismo lugar, pues este concepto puede, en tal caso, ser construido gracias a la representación de un movimiento con una velocidad infinitamente pequeña y en un tiempo finito; y puede, en consecuencia, servir para una aplicación ulterior de las matemáticas a las ciencias de la naturaleza.

#### 4.<sup>a</sup> DEFINICIÓN (Ak., IV, 486, 30 ss.)

Construir el concepto de un movimiento compuesto es representar *a priori* en la intuición un movimiento en tanto que resulta de la reunión en un móvil de dos o más movimientos dados.

#### OBSERVACIÓN (Ak., IV, 486, 35 ss.)

Se exige, para la construcción de los conceptos, que la condición de su representación no sea tomada de la experiencia y, en consecuencia, tampoco puede presuponerse determinadas fuerzas cuya existencia sólo puede ser extraída de la experiencia o, en general, que la condición de la construcción no deba ser ella misma un concepto que no pueda, en absoluto, ser dado a la intuición, *a priori*; como, por ejemplo, el de la causa y el efecto, de acción y resistencia, etc. Aquello que es preciso, sobre todo, destacar aquí es que la Foronómia debe, ante todo, determinar *a priori* la construcción de los movimientos en general como magnitudes y, puesto que tiene por objeto la materia solamente como móvil, es decir, como aquello donde no se toma en cuenta el volumen, debe *a priori* determinar estos movimientos solamente como magnitudes, por tanto, también su *velocidad*, luego su *dirección* y después su composición. Todo ello, en efecto, debe ser establecido totalmente *a priori* en la intuición en orden a la aplicación de las matemáticas. Puesto que las reglas del enlace de los movimientos en virtud de causas físicas, es decir, de fuerzas, no se dejan exponer en sus fundamentos si anteriormente no se han expuesto, de modo general, los principios de su composición de una forma puramente matemática.

#### AXIOMA (Ak., IV, 487, 15 ss.)

Todo movimiento, objeto (*Gegenstand*) de una experiencia posible, puede ser considerado a voluntad como movimiento de un cuerpo en un espacio en reposo, o

bien el cuerpo estando en reposo y el espacio en movimiento (que se deslaza) en sentido opuesto y con la misma velocidad.

#### OBSERVACIÓN (Ak., IV, 487, 21 ss.)

Para hacer la experiencia del movimiento de un cuerpo es preciso que no solamente el cuerpo sino también el espacio donde se mueve sean objetos de experiencia externa y, en consecuencia, que sean materiales. A la vez, un movimiento absoluto, es decir, en referencia a un espacio no material, no puede ser objeto de experiencia y es, para nosotros, inexistente (incluso si se acuerda que el espacio absoluto es, en sí mismo, alguna cosa). No obstante, en todo movimiento relativo, el espacio mismo, considerado como material, puede ser representado en reposo o bien en movimiento. El primer caso se presenta cuando el espacio donde veo un cuerpo en movimiento me es dado sin otro espacio más amplio que lo envuelve (como en el camarote de un barco cuando apercibo una bola de billar moviéndose sobre la mesa); y el segundo caso, cuando fuera de este espacio me es dado otro que lo envuelve (como, en el ejemplo anterior, la orilla del río), porque en referencia a este último espacio puedo considerar el espacio próximo (el camarote) en movimiento y, el cuerpo mismo, si viene al caso, como inmóvil. Ahora bien, como es absolutamente imposible decidir a propósito de un espacio dado empíricamente, por muy grande que sea, si a su alrededor él se mueve o no, en referencia a un espacio, más extenso todavía, que lo contendría, debe ser considerado completamente indiferente para la experiencia y para todas sus consecuencias si quiero considerar en un espacio inmóvil un cuerpo en movimiento, o si lo quiero considerar en reposo y el espacio moviéndose en sentido contrario y a la misma velocidad. Además, como el espacio absoluto es *la nada* para cualquier experiencia posible, son conceptos semejantes si digo: un cuerpo se mueve en referencia a este espacio dado en tal dirección, con tal velocidad, o si quiero pensarlo en reposo y atribuir el movimiento al espacio, pero en la dirección opuesta; ya que todo concepto es absolutamente parejo a aquél, cuya diferencia con el otro no se puede establecer por ningún ejemplo; sólo se distingue por la ligazón que nosotros queremos darle en nuestro entendimiento.

No estamos tampoco en condiciones de indicar, en una experiencia cualquiera, un punto fijo, referente al cual se determinaría aquello que debería llamarse movimiento y reposo absolutos. En efecto, todo lo que de esta materia se nos da es material, en consecuencia móvil y, puesto que no podemos conocer en el espacio los límites extremos de una posible experiencia, posiblemente también se mueva realmente sin que podamos, de ninguna manera, percibir este movimiento. En tal movimiento de un cuerpo en el espacio empírico, puedo atribuir al cuerpo una parte de la velocidad dada y otra al espacio, pero en sentido opuesto, y toda experiencia posible, en cuanto a las consecuencias de estos dos movimientos combinados, es totalmente semejante a aquella en la que pienso sólo el cuerpo en movimiento con la velocidad total, o bien

el mismo en reposo y el espacio moviéndose a la misma velocidad en el sentido opuesto. Empero, yo supongo aquí todos los movimientos rectilíneos, porque en lo concerniente al movimiento curvilíneo no sucede exactamente igual en todo punto si considero el cuerpo (por ejemplo, la Tierra en su revolución diurna) estando en movimiento y el espacio que lo envuelve (el cielo estrellado) en reposo, o exactamente al contrario, este último en movimiento y el cuerpo en reposo. Se tratará posteriormente esta cuestión en particular. En Foronomía, donde no considero el movimiento de un cuerpo más que con relación al espacio (cuyo reposo o movimiento en modo alguno es influido por este cuerpo), queda a la indeterminación y a la propia voluntad si deseo atribuir la velocidad del movimiento dado al cuerpo o al espacio y en qué cantidad. Más tarde, en la mecánica, será preciso considerar la *acción* de un cuerpo en movimiento sobre otros cuerpos en el espacio donde su movimiento se despliega, lo cual no será exactamente igual (a lo indicado en la Foronomía), como se mostrará más adelante.

#### 5.<sup>a</sup> DEFINICIÓN (Ak., IV, 489, 1 ss.)

La *composición del movimiento* es la representación del movimiento de un punto como idéntico a dos, o a varios, movimientos del mismo punto combinados conjuntamente.

#### OBSERVACIÓN (Ak., IV, 489, 5 ss.)

En Foronomía no conozco la materia por ninguna otra propiedad que la movilidad y puedo, por consiguiente, considerarla, en sí misma, sólo como un punto, así, el movimiento sólo puede considerarse como la *acción de describir* un espacio; sin embargo, de tal forma que oriento mi atención no sólo como en Geometría respecto al espacio, que es descrito, sino también respecto al tiempo empleado por el punto en recorrer dicho espacio, es decir, sobre la velocidad. La Foronomía es entonces la pura teoría (*MATHESIS*) de la cantidad de movimiento. El concepto determinado de una cantidad es el concepto de la producción de la representación de un objeto, gracias a la combinación de elementos homogéneos. Ahora bien, como nada es similar al movimiento más que el movimiento mismo, la Foronomía es la teoría de la composición de los movimientos a partir de un mismo punto siguiendo su dirección y velocidad, es decir, la representación de un solo movimiento que resulta de dos o más movimientos o, también, la representación de dos movimientos simultáneos que inciden sobre el mismo punto, en cuanto que juntos forman uno solo, es decir, en tanto que ellos son equivalentes (al movimiento resultante), pero no en tanto que lo producen, como, por ejemplo, las causas predicen sus efectos. Para descubrir el movimiento que resulta de un número de movimientos, tantos como se quiera, es

suficiente, como para toda producción de magnitudes, buscar el resultado de aquel que, bajo ciertas condiciones dadas, es formado por dos movimientos que se unen, después un tercero, etcétera. En consecuencia, la teoría de la composición de todos los movimientos se retrotrae a la de dos movimientos. Dos movimientos a partir de un solo e idéntico punto, en el que se encuentran simultáneamente, pueden diferir de dos maneras y aplicarse a este punto de tres formas. En primer lugar, se producen en una sola y misma línea o en líneas diversas; estos últimos movimientos forman un ángulo. Aquellos movimientos que se producen sobre una sola e idéntica línea son, atendiendo a su dirección, o bien opuestos los unos a los otros, o bien tienen la misma dirección. Comoquiera que estos movimientos son considerados como produciéndose en el mismo tiempo, el movimiento resultante procede de las relaciones de las líneas, es decir, de los espacios descritos por el movimiento en tiempos iguales y, de igual modo e inmediatamente también, de las relaciones de velocidad. Se presentan, pues, tres casos distintos: 1) Dos movimientos (que tengan la misma o distinta velocidad, no importa) combinados en un cuerpo con la misma dirección forman un movimiento por (la adicional) composición de ambos. 2) Dos movimientos (a partir) del mismo punto (con la misma o distinta velocidad), unidos en sentido contrario, forman en su composición un tercer movimiento que sigue el sentido de la misma línea. 3) Dos movimientos (que parten) de un punto, con velocidades idénticas o distintas, pero que siguen líneas diferentes formando un ángulo, son considerados como movimientos combinados.

TEOREMA (Ak., IV, 490, 7 ss.)

La composición de dos movimientos (a partir) de un solo y mismo punto no se puede concebir más que si uno de los dos es representado en el espacio absoluto y si el lugar (o emplazamiento) del otro es representado como siendo idéntico a un movimiento del espacio-relativo con la misma velocidad pero con dirección contraria.

DEMOSTRACIÓN (Ak., IV, 490, 14 ss.)

*Primer caso.* Dos movimientos siguiendo la misma línea y una misma dirección se aplican (*zukommen*) simultáneamente a un único y mismo punto.

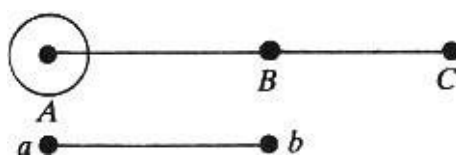


Figura 1.

Sean dos velocidades  $AB$  y  $ab$  representadas como contenidas en una sola velocidad de movimiento; supongamos que  $AB = ab$ , digo que en el mismo espacio

(absoluto o relativo) ambas velocidades no pueden ser representadas en el mismo punto *simultáneamente*. En efecto, las líneas  $AB$ ,  $ab$ , que designan las velocidades, siendo, ciertamente, los espacios que recorren en tiempos iguales, la composición de estos espacios  $AB$  y  $ab = BC$ , entonces la línea  $AC$  debería experimentar tanto que suma de los espacios, *la suma* de las dos velocidades. Pero las partes  $AB$ ,  $BC$ , cada una tomada en sí, no representan la velocidad  $ab$ , porque ellas no son recorridas *en el mismo tiempo* que  $ab$ . Así, la doble línea  $AC$ , recorrida en el mismo tiempo que  $ab$ , no representa la velocidad doble de ésta, lo que, no obstante, debería ser. Por tanto, la composición de dos velocidades con la misma dirección *en el mismo espacio* no puede ser representada intuitivamente, como se afirmaba en *el prime, caso*.

Por el contrario, si se representa el cuerpo  $A$  en movimiento, con una velocidad  $AB$  en el espacio absoluto y se doy además *al espacio relativo* una velocidad  $ab = AB$ , en la dirección opuesta  $ba = CB$ , resulta absolutamente como si yo hubiera atribuido al cuerpo esta última velocidad en la dirección  $AB$  (cf. axioma). Empero, el cuerpo recorre entonces la suma de las líneas  $AB$  y  $BC = 2ab$  en el mismo tiempo que habría utilizado para recorrer la línea  $ab = AB$  solamente, y su velocidad es representada, en cambio, como la suma de las dos velocidades iguales  $AS$  y  $ah$ ; que es exactamente lo que se había exigido.

*Segundo caso.* Dos movimientos con direcciones opuestas deben combinarse en un solo y mismo punto.

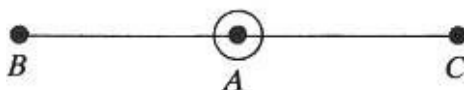


Figura 2.

Sea  $AB$  uno de estos movimientos y  $AC$  el otro, en sentido contrario, en el cual supondremos la misma velocidad que la del primer movimiento  $AB$ ; la idea misma de representar *en un solo y mismo espacio y en el mismo punto simultáneamente* dos movimientos semejantes, resulta imposible y, en consecuencia, también el caso de tal combinación de movimientos, lo que contradice la hipótesis, como se afirmaba en el *segundo caso*.

Imaginemos, por el contrario, el movimiento  $AB$  en el espacio absoluto; pero, en lugar del movimiento  $AC$  en el mismo espacio absoluto, el movimiento opuesto  $CA$  del espacio relativo, dotado de la misma velocidad que (siguiendo el axioma) es totalmente equivalente al movimiento  $AC$  y puede, por consiguiente, sustituirlo perfectamente; de tal modo dos movimientos idénticos y opuestos en el mismo punto pueden muy bien representarse simultáneamente. Ahora bien, como el espacio relativo se mueve con la misma velocidad  $CA = CB$  en la misma dirección con el punto  $A$ , *este punto donde está el cuerpo* no cambia de lugar respecto al espacio relativo, es decir, un cuerpo que se mueve con la misma velocidad en dos direcciones

opuestas está en reposo, expresado de una manera general: su movimiento es igual a la diferencia de las velocidades establecidas siguiendo la dirección de la mayor de ellas (consecuencia fácilmente deducible de lo que ya ha sido demostrado).

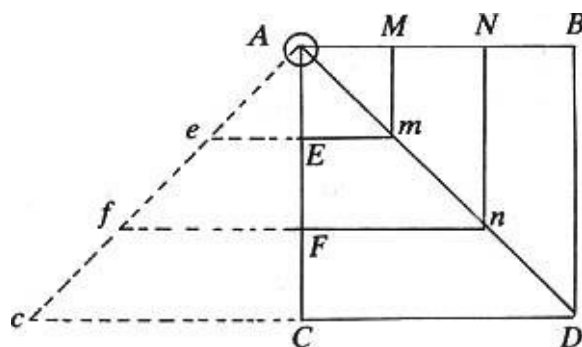


Figura 3.

*Tercer caso.* Dos movimientos, a partir del mismo punto en direcciones que conforman un ángulo son representadas conjuntamente.

Los dos movimientos dados son  $AB$  y  $AC$ , cuya velocidad y sus direcciones son reproducidas por estas líneas que comprenden el ángulo  $BAC$  (puede ser, como en este caso, un ángulo recto; no obstante, puede ser también cualquier otro tipo de ángulo, agudo u obtuso). Luego, si estos dos movimientos deben producirse en las direcciones  $AB$ ,  $AC$ , y en un solo y mismo espacio, en el mismo tiempo, no podrían, sin embargo, producirse simultáneamente siguiendo las dos líneas  $AB$ ,  $AC$ , sino, únicamente, siguiendo líneas paralelas a éstas. Se precisaría, en tal caso, suponer que uno de estos movimientos opera en el otro una modificación (desviándolo de la dirección dada) aunque por ambos lados las direcciones restan idénticas. Pero esto es lo contrario a la hipótesis del teorema que, usando el término *composición*, significa que los dos movimientos dados *son comprendidos en un tercero*, que ambos se unifican en éste y no que, si uno modifica al *otro*, *producen* entonces un tercero, cual es el *tercer caso*.

Supóngase, por el contrario, que el movimiento  $AC$  se produce en el espacio absoluto pero que, en lugar del movimiento  $AB$ , tiene lugar el movimiento del espacio relativo en la dirección opuesta (en sentido  $BA$ ). Sea la línea  $AC$  dividida en tres partes iguales  $AE$ ,  $EF$  y  $FC$ . Mientras que el cuerpo  $A$  recorre, en el espacio absoluto, la línea  $AE$ , el espacio relativo y, con él, el punto  $E$  recorren el espacio  $Ee = MA$ ; mientras el cuerpo  $A$  recorre en el espacio absoluto  $AF$ , el espacio relativo, y con él, el punto  $F$  describen la línea  $Ff = NA$ ; y, por último, mientras que el cuerpo recorre la totalidad de la línea  $AC$ , el espacio relativo y, con él, el punto  $C$  describen la línea  $Ce = BA$ ; y todo ello como si el cuerpo  $A$ , a pesar de estas tres porciones de tiempo, hubiera recorrido las líneas  $Em$ ,  $Fn$  y  $CD = AM$ ,  $AN$ ,  $AB$  y como si hubiese recorrido la línea  $CD = AB$  durante todo el tiempo que ha utilizado para recorrer  $AC$ . El cuerpo está, en el momento último, en  $AD$ , que reproduce, por consiguiente, la dirección y la velocidad del movimiento compuesto.

## 1.ª OBSERVACIÓN (Ak., IV, 493, 10 ss.)

La construcción geométrica exige que una magnitud compuesta con otra o que dos magnitudes compuestas conjuntamente sean idénticas a una tercera. No se trata, por otra parte, de que produzcan la tercera como causa, lo que sería una construcción mecánica. La semejanza y la igualdad perfectas, en tanto que cognoscibles en la intuición, es la *congruencia*. Toda construcción geométrica de una identidad completa tiene como fundamento la *congruencia*. La *congruencia* de dos movimientos unidos a un tercero (como el mismo *motu composito*) nunca puede tener lugar cuando estos dos movimientos son representados en un único y mismo espacio, por ejemplo, en el mismo espacio relativo. Por ello todas las tentativas para demostrar el teorema anterior, en los tres casos precedentes, tenían siempre (en la física clásica), únicamente, soluciones mecánicas; se admitía, en efecto, causas motrices gracias a las cuales un movimiento dado, unido a otro, producía un tercero, pero no se demostraba que estos dos movimientos eran idénticos al tercero y que, como tales, podían ser representados *a priori* en la intuición pura.

## 2.ª OBSERVACIÓN (Ak., IV, 493, 25 ss.)

Cuando, por ejemplo, a una velocidad AC se la denomina doble, sólo puede entenderse que está compuesta de dos velocidades simples e iguales AB y BC (cf. fig. 1). Sin embargo, si se explica una velocidad doble diciendo que es un movimiento que recorre *en el mismo tiempo un espacio doble*, se admite en este caso algo que, por sí mismo, no es evidente; a saber: que dos *velocidades* iguales pueden componerse (siguiendo una analogía) como dos espacios idénticos; y no es tampoco claro, en sí, que una velocidad dada consista en (la suma) de velocidades menores y un movimiento rápido en (la suma de) movimientos lentos, de modo similar a como un espacio se compone de espacios más pequeños. Y ello porque las partes de la velocidad no son exteriores las unas a las otras, como sucede con las partes del espacio. Y, si esta velocidad debe ser considerada como una magnitud, el concepto de su dimensión, que es intensivo, debe construirse de modo diferente del de la extensión del espacio. Esta construcción sólo es posible por la composición mediata de dos movimientos iguales de los cuales uno es el (movimiento) del cuerpo, y el otro el del espacio relativo en dirección opuesta. En todo caso, por esta razón su movimiento es enteramente conforme al *propio de los cuerpos* (que se mueven) en el sentido de lo dicho anteriormente. Puesto que, en efecto, no se dejan componer, siguiendo una misma dirección, en un cuerpo dos velocidades iguales, a no ser por medio de *causas motrices* exteriores, por ejemplo, un barco que transporta un cuerpo (que se mueve en él) con una de estas velocidades, mientras que otra fuerza motriz, ligada al barco de forma estable, imprime al cuerpo una segunda velocidad igual a la precedente. En este caso, incluso, es preciso suponer siempre que el cuerpo conserva

la primera velocidad como un movimiento independiente, mientras que la segunda velocidad se le añade. Esto supone una ley natural de las *fuerzas motrices* de la que, en modo alguno, se puede hablar cuando el problema consiste simplemente (en saber) cómo puede ser construido el concepto de velocidad como pura magnitud.

Esto basta por lo que se refiere a la adición de las velocidades de una a la otra. Si ahora planteamos la cuestión de sustraer una velocidad de otra, la sustracción puede fácilmente concebirse, si se ha acordado la posibilidad de obtener una velocidad como magnitud por adición, aunque este concepto no se deja construir tan fácilmente. Pues, a fin de cuentas, dos movimientos opuestos deben estar unidos en un cuerpo. Pero ¿cómo puede suceder esto? De forma inmediata, es decir, por referencia al mismo espacio, en cuanto permanece en reposo, es imposible concebir dos movimientos iguales de sentido opuesto en un mismo cuerpo; sin embargo, la representación de la imposibilidad de estos dos movimientos *en un mismo cuerpo* no es, en ningún caso, el concepto de reposo del mismo cuerpo, sino el de la imposibilidad de construir esta composición de movimientos opuestos; composición que fue probada como posible en el teorema (según el cual) esta construcción no es posible más que si se relacionan el movimiento del cuerpo con el del espacio, del modo como se ha probado.

En fin, en lo que concierne a la composición de dos movimientos, de los cuales la dirección comprende un ángulo, no se la puede concebir tampoco en un cuerpo que sea referido a un solo y mismo espacio, sino únicamente si se supone que es producido por *una fuerza exterior* que actúa sin cesar (como, por ejemplo, un vehículo que transporta un cuerpo), mientras que los otros movimientos se mantienen sin cambios; o si, en general, se toma como fundamento de las *fuerzas motrices* la producción de un tercer movimiento por dos fuerzas conjuntadas; lo que es la realización mecánica de lo que contiene un concepto, pero ésta no es la construcción matemática ya que ésta debe presentar a la intuición aquello que es el objeto (como *quantum*) y no como un objeto tal que pueda llegar a ser realizado por causa de la naturaleza o de la técnica que se vale de instrumentos y fuerzas determinadas. La composición de los movimientos para determinar cuantitativamente su referencia a otros debe hacerse siguiendo las reglas de la congruencia, lo que en los tres casos es posible sólo gracias al movimiento del espacio que concuerde con uno de los dos movimientos dados y por ello coinciden con el movimiento compuesto.

### 3.<sup>a</sup> OBSERVACIÓN (Ak., IV, 495, 4 ss.)

La Foronomía, considerada no como pura teoría del movimiento, sino como la pura teoría cuantitativa (*Größenlehre*) del movimiento, en la cual la materia no es concebida más que como pura relación con la movilidad como propiedad, no contiene más que este último teorema de la composición del movimiento, en los tres casos que han sido indicados y en los que sólo se trata de la *posibilidad* del movimiento

rectilíneo y de ningún modo del curvilíneo. Puesto que, en este último caso, el movimiento se modifica continuamente (en cuanto a la dirección) y, por ello, se hace necesario apelar a una causa de esta modificación que no puede ser el puro espacio. Ahora bien, como de ordinario no se comprendía bajo este término de movimiento compuesto más que el caso en el que las direcciones constituyen un ángulo, no se hacía, en consecuencia, daño alguno a la Física, pero tal vez sí al principio de la división de una ciencia pura filosófica en general. Pues, por lo que se refiere a la primera, los tres casos que han sido estudiados en el teorema mencionado, pueden representarse de una manera suficiente, atendiendo sólo al tercero. Pues, si el ángulo comprendido en los dos movimientos dados es concebido como infinitamente pequeño, entonces este tercer caso contiene el primero; si el ángulo se presenta como (infinitamente grande) cada vez más mínimamente diferenciado de una línea recta, entonces contiene al segundo caso. De tal manera que, en el teorema conocido del movimiento compuesto, todos los casos que hemos indicado pueden enunciarse en una fórmula general. Sin embargo, no se podía de esta forma unitaria aprender *a priori* la teoría cuantitativa del movimiento en sus diversas modalidades. Lo que, no obstante, con las debidas precauciones, es bien útil.

Si a alguien le interesa referir las tres partes indicadas del teorema general de la Foronomía al esquema de la división de todos los conceptos puros del entendimiento y aquí, en particular, a la división del concepto de cantidad, se advertirá que, como el concepto de una cantidad comprende siempre el de la composición de lo homogéneo, la teoría de la composición de los movimientos es, al mismo tiempo, la pura teoría cuantitativa, siguiendo los tres momentos que el espacio suministra: el de la *unidad* de la línea y de la dirección, el de la *pluralidad* de direcciones en una sola e idéntica línea y, por último, el de la *totalidad* de las direcciones como líneas que resultan de los movimientos producidos. Tenemos, por tanto, la determinación de todo movimiento posible como *quantum*, aunque la cantidad de estos movimientos (en un punto móvil) no consiste más que en velocidad. Esta observación sólo tiene utilidad en Filosofía Transcendental.

## CAPÍTULO II

# PRIMEROS PRINCIPIOS METAFÍSICOS DE LA DINÁMICA

*DEFINICIÓN PRIMERA (Ak., IV, 496, 5 ss.)*

La materia es el móvil en tanto que llena un espacio. Llenar un espacio es resistir a todo móvil que se esfuerce por penetrar en tal espacio, debido a su movimiento. Un espacio que no está lleno es un espacio vacío.

*OBSERVACIÓN (Ak., IV, 496, 10 ss.)*

Ésta es la definición dinámica del concepto de materia. Presupone la definición de materia propia de la Foronomía, pero añade una propiedad que la relaciona como causa a un efecto, a saber, el poder resistir a un movimiento en el interior de un determinado espacio, de lo cual no se trata en la ciencia precedente (Foronomía), ni siquiera cuando se ocupaba de los movimientos de un mismo e idéntico punto que seguía direcciones opuestas. Esta ocupación del espacio excluye de un determinado lugar la penetración de cualquier otro móvil, si el movimiento del mismo se dirige sobre un punto cualquiera de aquél. ¿Sobre qué descansa esta resistencia de la materia dirigida en todos los sentidos y en qué consiste aquella resistencia?; esto es sobre lo que se deberá investigar. No obstante, la definición expuesta más arriba mostró que la materia no es aquí considerada en cuanto al modo como ella resiste cuando es expulsada de su lugar y debe ser puesta en movimiento (este caso se examinará posteriormente por cuanto se trata de una resistencia *mecánica*), sino solamente (de la materia) cuando el espacio propio de su expansión debe ser disminuido.

Se usa esta expresión: ocupar un espacio, es decir, estar presente en todos los puntos de ese espacio, con objeto de indicar *la extensión de una cosa* en ese espacio, y ello es así porque en este concepto no está determinado qué causa, o si, en general, alguna causa surge de tal presencia cuando se trata de la resistencia que se opone a otros cuerpos que se esfuerzan en penetrar. Ocupar un espacio puede decirse bien de un espacio sin materia en la medida en que contenga diversos espacios, como se puede decir de todas las figuras geométricas que ocupan un espacio (en el que están extendidas), o también puede decirse que hay allí, en el espacio, algo que obliga a otro móvil a penetrarlo más profundamente (al atraer hacia sí a otros cuerpos). Ahora bien, puesto que el concepto de *ocupar* un espacio no queda suficientemente determinado por tales consideraciones, por ello yo afirmo que *llenar* un espacio

expresa más exactamente lo que significa el concepto *ocupar* un espacio.

#### TEOREMA 1 (Ak., IV, 497, 14 ss.)

La materia ocupa un espacio, no por su sola existencia, sino en virtud de *una fuerza motriz particular*.

#### DEMOSTRACIÓN (Ak., IV, 497, 17 ss.)

La penetración en un espacio (el instante en que comienza se denomina tendencia a penetrar) es un movimiento. La resistencia a un movimiento es la causa de su disminución al igual que de su transformación en reposo. Ahora bien, uno no puede unir a un movimiento cualquier cosa que lo disminuya o lo suprima, si no es otro movimiento de algún móvil en una dirección contraria (Foronomía, Teorema). Así, la resistencia que una materia, en el espacio que ella ocupa, opone a la invasión de otras materias es una causa del movimiento de estas últimas en una dirección opuesta. Ahora bien, la causa de un movimiento se denomina fuerza motriz. Así, la materia ocupa su espacio en virtud de una fuerza motriz, y no por su simple existencia.

#### OBSERVACIÓN (Ak., IV, 497, 30 ss.)

Lambert y otros han llamado también a esta propiedad, que tiene la materia de ocupar un espacio, la *solidez* (una expresión de un sentido bastante ambiguo) y exigen que sea admitida en toda cosa existente (substancia), al menos en el mundo sensible del exterior. Según sus opiniones, la presencia de cualquier cosa real en el espacio debería implicar esta resistencia en virtud del mismo concepto (de solidez) y, como consecuencia del principio de no contradicción, haciendo de modo que ninguna cosa pueda coexistir en el espacio (sin solidez). Sin embargo, el principio de no contradicción no rechaza ninguna materia que se adelante para penetrar en un espacio en el que se encuentre otra. Solamente en el caso en que atribuyo a aquello que ocupa un espacio una fuerza para rechazar todo móvil exterior que se aproxime, permite comprender que pueda darse contradicción en que el espacio ocupado por una cosa pueda ser penetrado por otra del mismo género. El matemático tiene algo como inicialmente *dado* para la construcción del concepto de la materia, sin que a su vez ese algo tenga que ser construido. Puede entonces, estando en lo cierto, comenzar su construcción del concepto partiendo de un supuesto cualquiera, sin necesidad de tenerlo que aclarar de nuevo; pero no por eso está autorizado a declarar que aquel supuesto no es susceptible, en absoluto, de una construcción matemática, para impedir así el tener que remontarse a los primeros principios de la Ciencia de la naturaleza.

## *DEFINICIÓN 2 (Ak., IV, 498, 16 ss.)*

La fuerza de atracción es la fuerza motriz por la cual una materia puede ser causa de que otras se aproximen a ella (dicho de otra forma, por la cual ella se opone a que otras materias se le alejen).

La fuerza de repulsión (expansiva) es aquella por la cual una materia puede provocar el alejamiento de otras (dicho de otra manera, por la que se resiste a la aproximación de otras materias). Denominaremos a veces a esta última fuerza de propulsión, y a la primera, fuerza de atracción.

## *COROLARIO (Ak., IV, 498, 26 ss.)*

No se pueden concebir más que estas dos fuerzas motrices de la materia; pues todo movimiento que una materia puede imprimir a otra —en esta consideración cada una de ellas está considerada como un punto— debe ser siempre pensado como transmitido, siguiendo la línea recta entre dos puntos. Ahora bien, esta recta no permite más que dos especies en movimiento: por el primero, estos puntos se alejan uno del otro; por el segundo, se aproximan. Pero la fuerza que es la causa del primer movimiento se denomina fuerza de repulsión (originaria), y la que es la causa del segundo, fuerza de atracción (originaria). Así, no se pueden concebir más que estas dos especies de fuerzas a las cuales se deben reducir todas las demás fuerzas motrices de la naturaleza material.

## *TEOREMA 2 (Ak., IV, 499, 5 ss.)*

La materia ocupa sus espacios gracias a las fuerzas expansivas (repulsivas) de todas sus partes, es decir, gracias a una fuerza de expansión que le es propia; esta fuerza tiene un grado determinado, más allá del cual se puede concebir un número infinito de grados (intensivos) menores o mayores.

## *DEMOSTRACIÓN (Ak., IV, 499, 10 ss.)*

La materia llena el espacio mediante una fuerza motriz (Teorema 1), esto es, una fuerza que se opone a la invasión de otras materias o, lo que es lo mismo, a su aproximación; es, por tanto, una fuerza repulsiva (Definición 2). Así, la materia llena, solamente por medio de fuerzas repulsivas, su espacio y, por tanto, en todas sus partes; porque de lo contrario, en tal supuesto, alguna parte de ese espacio no estaría ocupado, sino solamente incluido en él. Ahora bien, la fuerza de un cuerpo con la capacidad expansiva de todas y cada una de sus partes es una fuerza de ocupación expansiva. Así, la materia llena su espacio únicamente gracias a la antedicha fuerza

expansiva que le es propia; esto por lo que se refiere al primer punto.

Más allá de toda fuerza dada, puede concebirse siempre una mayor; puesto que aquella fuerza, por encima de la cual ninguna puede ser mayor, será de tal naturaleza que, en un tiempo finito, podría recorrer (o expansionarse en) un espacio infinito, lo cual es imposible. Además, podría concebirse una fuerza inferior a toda fuerza dada; ya que la menor sería la que, disminuyéndose indefinidamente a sí misma en un tiempo dado, no podría producir ninguna velocidad, por ínfima que fuese; lo que significaría la ausencia de toda fuerza motriz. Así, por debajo de cualquier grado de una fuerza motriz, debemos pensar que se da uno menor; y esto se refiere al segundo punto. En consecuencia, la fuerza de expansión, que permite a toda materia llenar su espacio, posee su grado propio, que nunca es el mayor ni el menor, sino que se pueden encontrar infinitos superiores e inferiores.

#### COROLARIO 1 (Ak., IV, 500, 1 ss.)

La fuerza expansiva de una materia es también denominada expansividad. Como esta fuerza es el fundamento sobre el que descansa la aptitud para ocupar el espacio, que es una propiedad esencial de la materia, esta expansión debe llamarse primigenia, porque no se la puede derivar de ninguna otra propiedad de la materia. Toda materia es, por consiguiente, originariamente expansiva.

#### COROLARIO 2 (Ak., IV, 500, 7 ss.)

Como por encima de toda fuerza expansiva puede encontrarse una fuerza motriz superior, la cual puede oponerse a la primera limitando así el espacio que aquélla pretende ocupar —en cuyo caso se llamaría fuerza comprensiva—, es preciso que, para cada materia, encontremos una fuerza comprensora capaz de constreñirla en el espacio que ocupa (reduciéndola) a un espacio menor.

#### DEFINICIÓN 3 (Ak., IV, 500, 15 ss.)

Una materia en su movimiento penetra otra cuando suprime, por compresión, el espacio de su expansión.

#### OBSERVACIÓN (Ak., IV, 500, 19 ss.)

Cuando en el cuerpo lleno de aire de una máquina neumática el pistón es empujado hacia el fondo, la materia, es decir, el aire, se encuentra comprimida. Ahora bien, si se pudiera llevar tal compresión hasta el punto en que el pistón tocara

enteramente el fondo (sin que la menor cantidad de aire se perdiera), la materia, el aire, sería penetrada; ya que las materias entre las que se encuentra no dejan ningún lugar en el espacio; en este caso la materia se encontraría entre el pistón y el fondo, sin ocupar espacio. Esta penetrabilidad de la materia por fuerzas compresivas exteriores, si alguien quiere admitirla o simplemente pensarla, podría llamarse penetrabilidad mecánica. Tengo razones para distinguir, mediante la antedicha precisión, esta penetrabilidad de la materia de otra, cuyo concepto es quizás tan imposible como el anterior. Tendremos ocasión, más tarde, de presentar una crítica a este respecto.

### TEOREMA 3 (*Ak.*, IV, 501, 1 ss.)

La materia puede ser comprimida hasta el infinito, pero nunca puede ser penetrada por otra materia, cualquiera que sea la fuerza de compresión de esta última.

### DEMOSTRACIÓN (*Ak.*, IV, 501, 5 ss.)

La fuerza originaria por la que una materia se esfuerza en extenderse a su alrededor, más allá del espacio dado que ella ocupa, debe ser mayor si se halla encerrada en un espacio más pequeño, y ser considerada como infinita si se encuentra confinada en un espacio también infinitamente pequeño. Ahora bien, para cualquier fuerza expansiva de la materia, puede encontrarse una fuerza compresiva mayor que comprime a la primera en un espacio más estrecho aún, y así hasta el infinito. Esto corresponde a la primera parte del Teorema.

Empero, para la penetración de la materia debería comprimirse en un espacio infinitamente pequeño y disponer, en consecuencia, de una fuerza compresiva infinita, que es irrealizable. Así, una materia no puede ser penetrada totalmente por compresión de otra. Y esto corresponde a la segunda parte del citado Teorema.

### OBSERVACIÓN (*Ak.*, IV, 501, 17 ss.)

En esta demostración he comenzado por admitir inmediatamente que, cuanto más comprimida ha sido una fuerza expansiva, más fuerte debe ser su reacción. Esto no sería válido, por cierto, para toda clase de fuerzas elásticas, que son sólo *derivadas*. Pero en lo que concierne a la materia, en la medida en que ella dispone de una elasticidad esencial (expansividad) como materia en general que ocupa un espacio, esto debe postularse, puesto que una fuerza expansiva, ejercida en todos los puntos y en todas direcciones, constituye, incluso, el concepto de esta materia. De igual modo, la misma cantidad de fuerzas expansivas, confinadas en un espacio más estrecho, debe presionar en todos los puntos de este espacio con una fuerza tanto mayor, cuanto

menor sea el espacio sobre el que una cierta cantidad de fuerza ejerce su acción.

*DEFINICIÓN 4 (Ak., IV, 501, 28 ss.)*

Llamo impenetrabilidad relativa a aquella impenetrabilidad de la materia que descansa sobre una resistencia proporcionalmente creciente a los grados de compresión. Sin embargo, a aquella impenetrabilidad que reposa sobre la hipótesis de que la materia como tal no es susceptible de ser comprimida se la denomina impenetrabilidad absoluta. El término plenitud matemática puede aplicarse a un espacio lleno con impenetrabilidad absoluta, en tanto que el de plenitud dinámica se dice de un espacio ocupado únicamente por una impenetrabilidad relativa.

*OBSERVACIÓN 1 (Ak., IV, 502, 6 ss.)*

Según el concepto puramente matemático de impenetrabilidad (que no presupone ninguna fuerza motriz primitiva como propia de la materia), ninguna materia es susceptible de compresión, a menos que contenga espacios vacíos. En consecuencia, la materia, en tanto que materia, resistiría a toda penetración con una necesidad absoluta. Ahora bien, según nuestra explicación de esta propiedad, la impenetrabilidad tiene un fundamento físico, ya que es la fuerza expansiva la que produce toda posible difusión inicial de la materia que ocupa un espacio. Pero como esta fuerza posee un grado (de intensidad expansiva) que puede ser subyugado y, consiguientemente, el espacio de la expansión puede ser reducido (hasta cierto grado), es decir, que una fuerza compresiva dada podría penetrar hasta un cierto punto; supuesto todo esto, una compresión completa, que exigiría una fuerza compresiva infinita, sería imposible; por lo que la plenitud del espacio no puede ser considerada más que dotada de una impenetrabilidad relativa.

*OBSERVACIÓN 2 (Ak., IV, 502, 20 ss.)*

La impenetrabilidad absoluta no es, ni más ni menos, que una cualidad oculta; ya que, al pedirse la razón por la cual las materias, en su movimiento, no pueden ser penetradas unas por otras, se ofrece esta respuesta: porque son impenetrables. Si se recurre a la *fuerza expansiva*, tal objeción está exenta de cualquier reproche. Es cierto que la posibilidad de *esta fuerza* no puede explicarse y debe ser considerada como una fuerza fundamental. Pero ella, no obstante, nos proporciona la idea de una causa activa y de sus leyes, según las cuales el efecto, es decir, la resistencia que nos ofrece en el espacio lleno, puede ser evaluada mediante grados (de expansividad intensiva).

#### DEFINICIÓN 5 (Ak., IV, 503, 4 ss.)

El concepto de una substancia significa el último sujeto de la existencia, es decir, aquel que no es a su vez predicado de la existencia de otra cosa. Ahora bien, la materia es el sujeto de todo lo que en el espacio puede ser considerado como formando parte de la existencia de las cosas (*Dinge*); tras ella, en efecto, ningún sujeto, salvo el espacio mismo, puede ser concebido. Pero el espacio es un concepto que no contiene ninguna cosa existente, sino únicamente las condiciones necesarias de las relaciones exteriores entre los posibles objetos de los sentidos externos. Así, la materia, como elemento móvil en el espacio, es la substancia. Y, por lo mismo, todas las partes de la materia deberán llamarse substancias y, por ello, también materia, en la medida en que únicamente pueda decirse de ellas que son sujetos, y no simplemente predicados, de otras materias. Éstas son sujetos cuando se mueven por sí mismas y, por tanto, son algo existente en el espacio, independientemente de las conexiones que tengan con otras partes vecinas. En consecuencia, la movilidad propia de la materia o de cada una de sus partes es, al mismo tiempo, una prueba de que este móvil y cada una de sus partes móviles son substancias.

#### TEOREMA 4 (Ak., IV, 503, 20 ss.)

La materia es divisible *in infinitum* en partes que, a su vez, cada una es materia.

#### DEMOSTRACIÓN (Ak., IV, 503, 23 ss.)

La materia es impenetrable, y ello en virtud de su fuerza expansiva primordial (Teorema 3); esta fuerza, sin embargo, resulta exclusivamente de la fuerza repulsiva (expansiva) de cada punto de un espacio lleno de materia. Ahora bien, el espacio que llena la materia es matemáticamente divisible hasta el infinito, es decir, que sus partes pueden ser divisibles indefinidamente cuando aún no sean ni móviles ni, consiguientemente, separables. Sin embargo, en un espacio lleno de materia, cada parte de este espacio encierra una fuerza repulsiva que actúa sobre las demás en todas direcciones y, por ello, tanto para rechazarlas como para ser rechazadas por ellas, es decir, para ser alejadas de ellas. Por ello cada parte de un espacio lleno de materia es móvil por sí mismo y, en consecuencia, separable, como substancia material, de otras partes mediante división física. Por consiguiente, la divisibilidad matemática de un espacio lleno de materia se extiende tan lejos, como lejos se extiende la posible división física de la substancia que lo llena. Y, puesto que la divisibilidad matemática se extiende indefinidamente, en consecuencia también la divisibilidad de la materia se extiende hasta el infinito y, por cierto, en partes de las que cada una es, a su vez, una substancia material.

## OBSERVACIÓN 1 (Ak., IV, 504, 9 ss.)

La demostración de la divisibilidad infinita del espacio está lejos de probar la de la materia, si no se demuestra primero de antemano que la substancia se da en cada una de las partes del espacio, es decir, que hay partes móviles de por sí, que son susceptibles de ser encontradas. Pues si un monadista quisiera admitir que la materia se compone de *puntos físicos* de los cuales cada uno (por esta razón) carece de partes móviles, aun cuando por causa de la sola fuerza expansiva llenasen un espacio, él podría mantener, a partir del hecho de la división del espacio, que éste es divisible, pero no por ello que lo sea la substancia que en él actúa. Ciertamente por ello, mediante la división del espacio, la esfera de la acción de la substancia sería divisible, pero en modo alguno el sujeto móvil que actúa. Así constituiría él la materia de partes físicamente indivisibles, haciéndolas ocupar, no obstante, un espacio de un modo dinámico.

La demostración que sigue a continuación cierra la puerta al monadista, porque ella pone claramente de manifiesto que, en un espacio lleno, en modo alguno puede haber algún punto que no ejerza por sí mismo y en todas direcciones una reacción igual a la que padece, es decir, que no existe punto que no sea móvil por sí mismo en cuanto sujeto agente que se encuentra fuera de cualquier otro punto que lo rechace (o neutralice). Esta demostración pondrá de manifiesto, además, que la hipótesis de un punto capaz de llenar un espacio en virtud de una simple fuerza motriz, y no en virtud de fuerzas expansivas (o repulsivas), es absolutamente imposible.

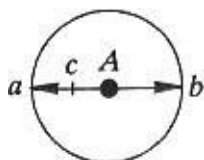


Figura 4.

Para ofrecer de todo esto una idea clara e, igualmente, de la demostración del Teorema anterior, supongamos que el punto *A* sea el lugar de una mónada en el espacio; *ab*, el diámetro de la esfera de su fuerza expansiva; *Aa*, el radio de esta esfera. Entre *a*, punto de resistencia a la penetración de una mónada exterior en el espacio ocupado por esta esfera, y el centro *A* de la esfera, es posible designar un punto *c* (supuesta la infinita divisibilidad del espacio). Si *A* resiste a cualquier cosa que pretende penetrar en *a*; *c*, deberá resistir tanto al punto *A* como al *a*; pues de no ser así se acercarían el uno al otro sin obstáculo alguno, encontrándose ambos (*A* y *a*) en *c*; esto quiere decir que el espacio sería susceptible de penetración (o bien que dejaría de ser impenetrable en virtud de la actividad de la mónada situada en *A*, se entiende). Es necesario, pues, que exista algo en *c* que resista a la penetración de *A* y de *a*, y que la mónada *A* sea rechazada por aquello que igualmente es rechazado por ella. Pero, como rechazar (*zurücktreiben*) es un tipo de movimiento, por ello mismo *c* es un móvil en el espacio y, consiguientemente, una materia. Consecuentemente, el

espacio que se extiende de  $A$  a  $a$  no puede ser llenado por la esfera de la acción de una mónada indivisible, como tampoco puede llenarse el espacio que media entre  $c$  y  $A$ , y así hasta el infinito.

Cuando los matemáticos se representan las fuerzas expansivas como compuestas de materias elásticas, más o menos comprimidas entre sí, como crecientes o decrecientes en proporción a sus *distancias* mutuas; de manera que, por ejemplo, las partes más pequeñas del aire se rechazan en razón inversa a sus distancias, porque su expansiva elasticidad está en razón también inversa a la magnitud de los espacios en donde están comprimidas; se yerra completamente sobre lo que quieren decir y se interpreta mal su lenguaje cuando se atribuye al concepto aquello que en el objeto mismo surge necesariamente, en el proceso de construcción de un concepto; puesto que, según este proceso, todo contacto (también entre las partes de un compuesto material) puede ser representado como una distancia infinitamente pequeña, a lo que se debe llegar, necesariamente, en el proceso de construcción de un concepto; puesto que, según este proceso, todo contacto (también entre las partes de un compuesto material) puede ser representado como una distancia infinitamente pequeña, a la que se debe llegar necesariamente también en el caso en el que un espacio, grande o pequeño, deba ser representado como completamente ocupado por un determinado *quantum* de materia, es decir, por el correspondiente *quantum* de fuerzas expansivas. Pero, cuando se trata de una cosa cualquiera infinitamente divisible, no se debe, sin embargo, admitir, por aquella razón, un *distanciamiento* físico de sus partes, porque, cualquiera que sea la extensión del espacio total, las partes forman siempre un todo continuo, aunque la posibilidad de esta extensión no pueda *representarse* en la intuición, sino por medio de la idea de un alejamiento infinitamente pequeño de las partes entre sí.

#### OBSERVACIÓN 2 (*Ak.*, IV, 505, 24 ss.)

La matemática, en su uso interno, puede permanecer completamente indiferente a las disputas causadas por una metafísica errónea y mantenerse en la segura posesión de sus evidentes afirmaciones concernientes a la infinita divisibilidad del espacio, sean cuales fueren las objeciones que le opongan en su camino razonamientos sutiles fundados en meros conceptos especulativos. Sin embargo, en la aplicación de proposiciones que se refieren al espacio, en relación con la substancia que lo llena, debe aquella ciencia matemática introducir la prueba en relación con los conceptos puros (de la física), induciendo, con ello, a una metafísica. El anterior Teorema es ya una prueba. Aunque la materia sea, desde el punto de vista matemático, infinitamente divisible, y aunque, a su vez, cada parte del espacio sea, a su vez, un espacio, y por ello comprenda siempre partes exteriores unas a otras; si no se pudiese demostrar que en cualquier parte posible de ese espacio lleno se dan también unas substancias, las cuales, independientemente de las demás, son móviles y existentes de por sí; si ello

no fuera así, no habría necesidad alguna de que la materia fuese físicamente divisible hasta el infinito. Así falta, justamente, a la demostración matemática, algo sin lo cual no se la puede aplicar con certeza a la Ciencia de la naturaleza; este defecto se remedia gracias al Teorema anterior. Pero en lo que nos concierne ahora, los ataques de la metafísica contra el Teorema físico de la infinita divisibilidad de la materia, los matemáticos los deben abandonar completamente al filósofo, dado que tales objeciones le conducen a un laberinto del que le será difícil salir, por el hecho de que son cuestiones que le atañen al filósofo directamente. Éste tiene, por tanto, suficiente ocupación en ello, sin que sea preciso que los matemáticos vengan a inmiscuirse en este problema. Ahora bien, si la materia es infinitamente divisible (así razona el metafísico dogmático), se compone de una cantidad infinita de partes, porque parece evidente que una totalidad contenga de antemano todas las partes en que debe dividirse. Esta última conclusión, sin duda, es cierta en lo que respecta a toda totalidad en tanto que *cosa en sí*; sin embargo, como no se puede aceptar que la materia ni tampoco el espacio se compongan de número infinito de partes (ya que es contradictorio concebir enteramente completa una cantidad infinita en la que el concepto mismo implica que nunca podrá ser representada como completa), será preciso concluir, a despecho del geómetra, que el espacio físico no es infinitamente divisible o, a disgusto del metafísico, que el espacio no es la propiedad de una *cosa en sí* y, consiguientemente, que la materia no es una *cosa en sí*, sino un simple *fenómeno* de nuestros sentidos externos, siendo el espacio la forma esencial.

Aquí el filósofo se encuentra cogido entre los extremos de un peligroso dilema. Pues negar la primera proposición, a saber, que el espacio sea divisible indefinidamente, resulta una tentativa vana, dado que los razonamientos sutiles nada pueden frente a la matemática, pero considerar la materia como una *cosa en sí* y, consiguientemente, el espacio como una propiedad de *las cosas en sí* y sin embargo, negar aquella proposición, es una y la misma cosa (dado que no podemos considerar la substancia real como compuesta de infinitas partes). El (filósofo), pues, se encuentra obligado a renunciar a la segunda proposición, a pesar de ser comúnmente admitida y en conformidad con el sentido común, aunque obviamente bajo la condición de que la materia y el espacio queden constituidos como meros fenómenos (haciendo, por esta causa, del espacio la forma de nuestra intuición externa, y de estas dos cosas, no *cosas en sí*, sino únicamente modos subjetivos de nuestras representaciones de objetos [Gegenstände] que nosotros desconocemos) librándose así de la dificultad que consiste en (tener que admitir) la infinita divisibilidad de la materia, que no admite estar constituida de un número infinito de partes. La razón puede, sin duda, concebir este último punto de vista, pero le es imposible hacerlo intuible o construirlo; porque aquello que sólo es real en la medida en que se encuentra dado en la representación no ofrece cosa alguna que no sea lo que se encuentra en la misma representación, es decir, aquello que se extiende tan lejos como (lo hace) el progreso de las representaciones... Así pues, se puede decir de los

fenómenos, cuya división se extiende sin límite alguno, que no se dan partes en los mismos a no ser en la medida en que las proporcionemos nosotros mismos, es decir, en la medida en que nosotros podamos llevar a cabo la división. Y ello porque las partes que pertenecen a la existencia de un fenómeno sólo existen en nuestro pensamiento, es decir, en el acto de la misma división. Es cierto que la división se extiende indefinidamente, pero ella jamás nos es dada como infinita.

Consiguientemente no se sigue, en modo alguno, que aquello que es divisible contenga una cantidad infinita de partes *en sí* e independientemente de nuestra representación, y ello precisamente porque la división se extiende siempre más allá, hasta el infinito. En efecto, no es aquí el objeto, sino únicamente la representación de tal objeto (*Gegenstand*) cuya división, aun cuando pueda ella extenderse ilimitadamente y tenga un fundamento, por ello, en el objeto (que es en sí desconocido), nunca puede alcanzar su acabamiento y, por consiguiente, tampoco ser dada por entero; la representación de tal objeto —decimos— jamás podrá demostrar, consiguientemente, que se encuentre en el objeto una cantidad (de partes, se entiende) que sea verdaderamente infinita (cosa que implicaría una contradicción explícita). Un hombre extraordinario, que ha contribuido, tal vez más que nadie en Alemania, a mantener el prestigio de las matemáticas, ha rechazado con frecuencia las pretensiones de los metafísicos tendentes a trastornar los teoremas de la Geometría concernientes a la infinita divisibilidad del espacio, haciendo la observación, bien fundada, de que el espacio pertenece exclusivamente a los fenómenos de los objetos externos; sin embargo, no se le ha comprendido adecuadamente. Se toma, pues, esta proposición como si se pretendiera decir que el espacio que como tal nos aparece es, por lo demás, una cosa o relación de las cosas *en sí mismas* aun cuando el matemático lo considere como (fenómeno) que se le aparece; en lugar de esto se debió haber aprendido que el espacio no es una propiedad *en sí* del objeto que cae fuera de nuestra sensibilidad, bajo la cual se nos manifiestan los objetos de los sentidos externos, objetos de los cuales nosotros nada conocemos de cómo son en sí. A tales manifestaciones nosotros las denominaremos materia. En lo referente a aquella falsa interpretación se pensaba el espacio como una propiedad inherente a las cosas *en sí*, independientemente de nuestra facultad de representar, propiedad ésta que el matemático concebía según conceptos comunes, es decir, de modo confuso, puesto que es de esta forma como suelen definir al fenómeno. De este modo se atribuía el Teorema matemático de la divisibilidad infinita de la materia —teorema que supone la más elevada claridad en el concepto del espacio— a una representación confusa del espacio, que constituía el fundamento presupuesto por el geómetra. Todo ello permitía al metafísico construir el espacio mediante puntos, y la materia con partes simples, logrando así, según ellos, proyectar claridad sobre tal concepto. El fundamento de este error debe atribuirse a una mala interpretación de la *Monadología*, la cual no se refiere, en modo alguno, a la interpretación de los fenómenos de la naturaleza, sino que ella proporciona un concepto platónico del

Universo, de por sí coherente, que Leibniz desarrolla en tanto que el Universo, que no es considerado objeto de los sentidos sino como realidad *en sí*, constituye un objeto del entendimiento sobre el cual, no obstante, se fundamentan los fenómenos de los sentidos. Seguramente es cierto que en el dominio de las *cosas en sí*, *lo compuesto debe estar constituido por lo simple*, pues en este caso las partes deben darse como previas al compuesto. Sin embargo, el *compuesto fenoménico* no puede constituirse por partes simples, porque en el fenómeno, que únicamente puede darse como compuesto (o extenso), las partes sólo pueden ser dadas tras la división de lo compuesto, y no como previas a éste, sino únicamente en él. A partir de aquí la opinión de Leibniz, a mi entender, no consistía en explicar el espacio mediante un orden de seres simples yuxtapuestos, sino en colocar al lado del espacio este orden como correspondiéndole y surgiendo, en todo caso, de un mundo puramente inteligible, aunque desconocido para nosotros. Leibniz no quería afirmar otra cosa que aquello que hemos puesto antes de manifiesto, a saber, que tanto el espacio, como la materia, de la que aquél es forma, no pertenecen al mundo de las *cosas en sí*, sino únicamente al de los fenómenos, que son el objeto de la forma de nuestra intuición sensible externa.

#### TEOREMA 5 (Ak., IV, 508, 11 ss.)

La posibilidad de la materia exige, como segunda fuerza fundamental esencial, la fuerza de atracción.

#### DEMOSTRACIÓN (Ak., IV, 508, 14 ss.)

La impenetrabilidad, propiedad fundamental por la cual la materia se manifiesta de inmediato a nuestros sentidos externos como una cosa real en el espacio, no es otra cosa que la capacidad que tiene la materia de expandirse (Teorema 2). Pero una fuerza motriz esencial que hace que las partes de la materia se separen una de otras, en modo alguno puede ser limitada por ella misma, supuesto que tal fuerza actúa de continuo ampliando el espacio que ocupa. En segundo lugar, el espacio, en razón de sí mismo, no puede fijar un límite a su extensión; puesto que, efectivamente, el espacio puede contener la razón, en virtud de la cual, a medida que se acrecienta el volumen de una materia que se expande, la fuerza expansiva deviene más débil, en razón inversa (al grado de expansión); pero como quiera que cualquier fuerza motriz goza de la posibilidad de disminuir hasta lo infinito los grados de la misma, cada vez más pequeños, por tal razón el espacio jamás incluye la razón por la cual esta fuerza cesaría de actuar en algún lugar. En consecuencia, la materia, dado su esencial carácter expansivo (que constituye la razón de su impenetrabilidad), si no contuviera otra fuerza motriz que la limitara no podría ser, en su expansión, contenida por límite

alguno, es decir, que ella se expandiría hasta el infinito, sin que pudiera pensarse espacio alguno determinable en el que poder encontrar una determinada cantidad de materia. En consecuencia, si no se dieran más que diversas fuerzas expansivas en la materia, todos los espacios serían como vacíos y, consiguientemente, no habría, propiamente hablando, materia alguna. Así pues, la materia exige como condición de su existencia fuerzas opuestas a sus fuerzas expansivas, a saber, atractivas (comprensivas). En todo caso, no se puede buscar el origen de estas fuerzas comprensivas en una tendencia opuesta de otra materia, puesto que ésta, para ser materia, precisa, a su vez, para sí, de la misma fuerza comprensiva (de atracción). Así pues, es necesario admitir de algún modo una fuerza primitiva de la materia que se oponga a la fuerza expansiva y que produzca su aproximación (limitación expansiva), a saber, una fuerza de atracción. Ahora bien, como quiera que esta fuerza atractiva pertenece, de una manera general, a la posibilidad de la materia, en tanto que es tal y que, por consiguiente, tal fuerza precede a todas las diferenciaciones de la materia, no deberá, pues, ser atribuida sólo a una especie particular de la misma, sino que, por el contrario, debe ser atribuida a la materia en su totalidad como una fuerza primitiva en general. Así pues, la materia en su totalidad se caracteriza por una atracción primordial en cuanto fuerza fundamental perteneciente a su esencia.

#### OBSERVACIÓN (Ak., IV, 509, 13 ss.)

En este tránsito de una propiedad de la materia a otra que es específicamente diferente y que forma parte del mismo concepto de materia a pesar de que *no está contenida en él*; en este tránsito —decimos— es preciso examinar, más de cerca, el comportamiento de nuestro entendimiento. Si originariamente se requiere la fuerza atractiva para hacer posible la materia, ¿por qué no usamos de ella, como lo hacemos en la impenetrabilidad, para ofrecer el primer indicio de la misma?, ¿por qué la impenetrabilidad se nos brinda de inmediato junto al concepto de materia? ¿y por qué la fuerza de atracción no es pensada en el mismo concepto de materia, sino que adviene a ella en virtud de razonamientos? Decir que nuestros sentidos no nos permiten percibir esta atracción de la materia, que es tan inmediata como la repulsión y la resistencia propia de la impenetrabilidad, constituye una respuesta que no resuelve la dificultad satisfactoriamente. Pues, en el supuesto de que nosotros dispusiéramos de esta facultad (que nos permitiera percibir la atracción), es fácil de prever que nuestro entendimiento no dejaría de elegir lo lleno (*Erfüllung*) del espacio para designar, mediante ello, la substancia en el espacio, es decir, la materia, dado que su característica la determinamos por esta plenitud (*Erfüllung*), o, como se suele decir, por esta *solidez*. Tal es lo característico de la materia en tanto se la distingue del espacio. La atracción, por muy viva que sea la sensación, jamás nos revelará materia alguna con un volumen y una fuerza determinada, sino, en todo caso, la tendencia de nuestro órgano por acercarse a un punto exterior a nosotros (es decir, hacia el *centro*

del cuerpo que atrae). En efecto, la fuerza de atracción de todas las partes de la Tierra sobre nosotros no puede tener una acción más potente, ni de otra naturaleza, a la acción que ella ejercería si estuviera concentrada totalmente en el centro de la misma y fuera (la atracción) la única que actuase sobre nuestros sentidos; y lo mismo acontece con la atracción de una montaña o de una piedra cualquiera, etc. Sin embargo, nosotros no obtenemos, de este modo (es decir, con sólo esta representación), un concepto determinado de un objeto cualquiera en el espacio, puesto que ni la forma, ni la magnitud y ni siquiera el lugar donde podría encontrarse podrían ser proporcionados por nuestra sensación. Únicamente la dirección efectuada por la atracción podría ser percibida; el centro de ésta permanecería desconocido, sin que yo vea, en modo alguno, cómo podría ser descubierto por medio de razonamientos que no tuvieran en cuenta la percepción de la materia, en la medida en que ésta llena el espacio. Por consiguiente, es claro que la primera aplicación de nuestros conceptos de magnitud a la materia (aplicación que sólo ella hace posible transformar nuestras percepciones externas en un concepto experimental de la materia como objeto [*Gegenstand*] en general) se fundamenta solamente sobre la propiedad que le permite llenar un espacio; propiedad que, gracias al sentido del tacto, nos proporciona la magnitud y la forma de un objeto extenso. Con ello se construye el concepto de un determinado objeto en el espacio que es puesto en el fundamento de todo cuanto pueda decirse acerca del mismo. Aquí radica, sin duda, la causa, en virtud de la cual, y a pesar de las pruebas más claras suministradas en otros lugares, la atracción, que debería, no menos que la repulsión, contarse entre las fuerzas fundamentales de la materia queda reemplazada por la última y no se quiere admitir otras fuerzas motrices que no sean las que se circunscriben al *choque* y a la *presión*, como efectos resultantes de la impenetrabilidad. Se dice, en efecto, que aquello que llena el espacio es la substancia, lo cual es perfectamente justo; pero esta substancia sólo nos revela su existencia por los sentidos, gracias a los cuales percibimos nosotros su impenetrabilidad, a saber, por la sensación, por el solo contacto que, al comienzo (cuando una materia se aproxima a otra), se llama *choque* y, cuando se refuerza prosiguiéndose, *presión*. Parece, pues, que cualquier atracción inmediata de una materia sobre otra no puede ser más que o un choque o una presión, únicas afecciones ambas de las que nosotros podemos tener sensaciones inmediatas; por el contrario, la atracción, que por sí misma no sólo no puede producirnos sensación alguna, sino que tampoco puede ofrecernos objeto alguno determinado de la misma, difícilmente podemos pensarla como fuerza fundamental.

*TEOREMA 6 (Ak., IV, 510, 27 ss.)*

Ninguna materia es posible por sólo la fuerza de atracción, sin la fuerza expansiva.

## DEMOSTRACIÓN (Ak., IV, 510, 30 ss.)

La fuerza de atracción es la fuerza motriz de la materia, en virtud de la cual ella atrae a otra obligándola a aproximarse; por consiguiente, si esta fuerza se encuentra en todas y cada una de las partes de la materia, aquéllas tenderán, en virtud de la misma, a disminuir progresivamente las distancias que las separan entre sí y, consiguientemente, los espacios que ellas ocupan. Ahora bien, nada puede oponerse a la acción de una fuerza motriz a no ser otra que se le oponga; una tal fuerza que se oponga a la fuerza de atracción es la fuerza expansiva (repulsiva). Así pues, faltando las fuerzas expansivas, las partes de la materia se aproximarían progresivamente entre sí y reducirían el espacio que ellas ocupan, faltándoles tal impedimento. Y puesto que, en el caso supuesto, no hay entre las partes distancia alguna que pueda hacer imposible una mayor aproximación atractiva, faltando la fuerza expansiva, las partes se acercarían hasta el límite en que, distancia alguna se encontraría entre ellas, es decir, que ellas se compenetrarían en un punto matemático y el espacio, carente de materia alguna, se encontraría vacío. Por esta razón una materia provista sólo de fuerzas atractivas, sin fuerzas de expansión, es imposible.

## COROLARIO (Ak., IV, 511, 13 ss.)

Aquella propiedad sobre la cual se basa la condición misma de la interna posibilidad de una cosa es una parte esencial de la misma. Por esta razón la fuerza expansiva, no menos que la fuerza de atracción, forma parte de la esencia de la materia y, en el concepto de materia, una fuerza no puede separarse realmente de la otra.

## OBSERVACIÓN (Ak., IV, 511, 19 ss.)

Si es verdad que no pueden ser concebidas más que dos fuerzas motrices en el espacio, la expansiva y la atractiva, de igual modo es verdadero que, para demostrar *a priori* de modo general la unión de ambas en un concepto de materia, es necesario, con anterioridad, que cada una de ellas sea estudiada por separado con objeto de ver lo que ella, tomada aisladamente, puede aportar a la representación de la materia. Sólo que ahora se pone de manifiesto que, bien sea que ninguna de ellas se tome como fundamento, bien que sólo se tome una de ellas, el espacio permanece vacío en cualquiera de los dos casos y no puede encontrarse en él, en cuanto pura representación, materia alguna.

### DEFINICIÓN 6 (Ak., IV, 511, 27 ss.)

El contacto en sentido físico es la acción y la reacción inmediatas de la *impenetrabilidad*. La acción de una materia sobre otra, fuerza de todo contacto, es la

*acción a distancia (actio in distans)*. Esta acción a distancia, posible sin la mediación de una materia interpuesta, se llama acción a distancia o también acción de unas materias sobre otras a través del espacio vacío.

OBSERVACIÓN (*Ak.*, IV, 512, 5 ss.)

El contacto, en sentido matemático, es el límite común a dos espacios y que, por consiguiente, no se encuentra en el interior de ninguno de ellos; tal es la razón por la cual pueden dos líneas rectas no tener ningún punto en común; si, por el contrario, pudieran tenerlo, tal punto pertenecería tanto a una línea como a la otra en el caso de que se prolonguen, lo que equivale a decir que se cortarían. Empero, un círculo y una línea recta, un círculo y otro, se tocan en puntos determinados; las superficies se tocan en líneas y los cuerpos en superficies. El contacto físico presupone el contacto matemático, pero éste, por sí solo, no lo constituye; para que pueda constituirlo, es preciso, además, que se le añada una relación dinámica, no de las fuerzas de atracción, sino de las de repulsión (expansivas), lo que equivale a una relación de impenetrabilidad. El contacto físico es la acción recíproca de dos fuerzas repulsivas en la frontera común de dos cuerpos materiales.

TEOREMA 7 (*Ak.*, IV, 512, 17 ss.)

La atracción esencial a todo cuerpo material es una acción inmediata de unos sobre otros a través del espacio vacío.

DEMOSTRACIÓN (*Ak.*, 512, 20 ss.)

La fuerza primordial atractiva contiene, en sí misma, el fundamento (*Grund*) de la posibilidad de la materia, como también de aquella cosa que *en un grado determinado* ocupa un espacio y, consiguientemente, también (el fundamento) de la posibilidad de un contacto físico de aquélla. La atracción debe, pues, preceder a este contacto y su acción debe ser independientemente de la condición (posibilitadora) del contacto. Ahora bien, la acción de una fuerza motriz, independientemente de todo contacto, no depende de que el espacio entre el motor y el móvil se encuentre lleno, lo que equivale a decir que tal acción debe efectuarse sin que el espacio entre ambos elementos esté lleno; se trata, pues, de una acción a través de un espacio vacío. Así, la atracción primordial y esencial de la materia es una acción inmediata de esta materia sobre otras a través del espacio vacío.

OBSERVACIÓN 1 (*Ak.*, IV, 513, 1 ss.)

Exigir hacer comprensible la posibilidad de las fuerzas fundamentales constituye algo que es enteramente imposible; puesto que tales fuerzas reciben el nombre de fundamentales porque ellas no pueden ser derivadas de ninguna otra; por consiguiente, la fuerza atractiva no es menos ininteligible que la fuerza primordial repulsiva. Sólo que la fuerza atractiva no se manifiesta a nuestros sentidos de modo tan inmediato como la impenetrabilidad, cuando se trata de ofrecernos conceptos de determinados objetos en el espacio. Y ello porque aquella fuerza no puede ser objeto de los sentidos, sino de una simple deducción; por esta razón tiene ella la apariencia de una fuerza derivada, como si sólo se tratara de un juego oculto, propio de las fuerzas motrices de repulsión. Si miramos el asunto más de cerca, constataremos que ella no puede ser derivada de alguna otra cosa y aún menos de la fuerza motriz de la materia en razón de su impenetrabilidad, puesto que su acción se opone precisamente a ésta. La objeción más reciente en contra de la acción a distancia radica en el supuesto de que una materia no puede actuar inmediatamente *allí donde ella no se encuentra*. Cuando la Tierra obliga de modo inmediato a la Luna a acercársele, la Tierra actúa sobre un objeto que se encuentra a una distancia que se halla a muchos miles de kilómetros y, por consiguiente, de modo inmediato; el espacio entre ella y la Luna puede ser *considerado* como espacio enteramente vacío porque, aunque se diera materia entre los dos cuerpos, tal materia no cuenta para nada cuando de tal atracción se trata. Tal fuerza actúa, por consiguiente, de modo inmediato en un lugar en el que ella no se encuentra; hecho éste que reviste la apariencia de una contradicción. Y, sin embargo, tal cosa resulta tan no contradictoria, que se puede decir, más bien, que toda cosa actúa en el espacio, sobre otra, única y exclusivamente, si en el lugar (que ocupa ésta) no se encuentra el factor activo (de la primera). Pues, si tuviera que actuar en el mismo lugar en el cual ella se encuentra, la cosa sobre la cual actúa no podría estar fuera de ella, porque ese *estar fuera* significa la presencia en un lugar con respecto al cual el otro cuerpo se encuentra ausente. Incluso si la Tierra y la Luna se tocasen, el punto de contacto sería un lugar en el cual no estarían ni la Tierra ni la Luna, puesto que ambas estarían separadas entre sí por la suma de sus radios respectivos. Además, en el punto de contacto ni siquiera se encontraría parte alguna de la Tierra o de la Luna porque este punto se halla en el límite de dos espacios llenos a ninguno de los cuales pertenece aquel límite. Afirmar, pues, que dos cuerpos materiales no pueden actuar a distancia de modo inmediato el uno sobre el otro, equivaldría a decir que tales cuerpos no pueden actuar uno sobre el otro de modo inmediato sin mediación de las fuerzas de la impenetrabilidad. Todo ello sería como si yo dijese que las fuerzas repulsivas son las únicas por cuyo medio los cuerpos materiales pueden actuar o que, por lo menos, constituyen las condiciones necesarias en virtud de las cuales únicamente los cuerpos materiales pueden actuar los unos sobre los otros; todo lo cual equivaldría a declarar o que las fuerzas de atracción son totalmente imposibles, o bien que tales fuerzas dependen totalmente de la acción de las fuerzas repulsivas, afirmaciones éstas que carecen de fundamento. La razón del equívoco hay que

buscarla aquí en la confusión (que se hace) entre el contacto matemático de los espacios y el contacto físico producido por las fuerzas repulsivas. Atraerse directamente sin que haya contacto alguno equivale a acercarse según una ley constante, sin que sea la condición una fuerza repulsiva; cosa que se puede concebir tan perfectamente como en el caso en que los dos cuerpos se rechazan mutuamente, es decir, si se separan el uno del otro según una ley constante y sin que la fuerza de atracción contribuya, en modo alguno, a este resultado. En efecto, ambas fuerzas motrices son de especie netamente diferente, sin que exista la menor razón para hacer que una dependa de la otra o para que se le niegue toda posibilidad sin mediación de la otra.

#### OBSERVACIÓN 2 (*Ak.*, IV, 514, 11 ss.)

De la atracción en un contacto no puede resultar movimiento alguno, pues el contacto es una acción recíproca de la impenetrabilidad, en virtud de la cual queda excluido todo movimiento. Así para que haya movimiento, debe darse una atracción inmediata más allá de todo contacto y, consiguientemente, una acción a distancia, pues, de otro modo, las fuerzas comprensivas y de choque que deben producir la tendencia hacia la aproximación, actuando en sentido inverso a la fuerza repulsiva de la materia, no podrían tener causa alguna, al menos originaria, que fuera inherente a la naturaleza de la materia. La atracción que se efectúe sin la mediación de fuerzas repulsivas puede denominarse atracción verdadera, mientras que aquella que se produce con la mediación de éstas se la llama atracción aparente; y esto porque un cuerpo, con respecto al cual otro tiende a acercársele en razón de haber sido empujado hacia él, a modo de un impacto venido de fuera, no ejerce sobre aquél ningún género de atracción propiamente tal. Sin embargo, tales atracciones aparentes deben tener, en última instancia, una atracción verdadera como fundamento, porque el cuerpo material, cuya presión y choque deben servir (reemplazar) a la fuerza de atracción, no sería material sin las fuerzas atractivas (Teorema 5); por consiguiente, la explicación de todos los fenómenos de aproximación mediante la simple atracción aparente cae en un círculo vicioso. Se cree generalmente que NEWTON no encontró en absoluto necesario para su sistema el admitir la atracción inmediata de la materia, sino que, conformándose a la más severa autoridad de las matemáticas puras, dejó a los físicos en plena libertad para que explicaran, de la manera que ellos juzgaran conveniente, la posibilidad de tal atracción, sin confundir sus proposiciones con el juego de las hipótesis de aquéllos. Sin embargo, ¿cómo podría él establecer la proposición según la cual la atracción universal de los cuerpos, que actúan a igual distancia unos de otros, es proporcional a la cantidad de materia de los mismos, si no admitiera que toda materia, por el hecho de ser materia y gracias a su propiedad esencial, ejerce una fuerza motriz? Pues, aun cuando entre dos cuerpos que se atraen mutuamente, sean o no semejantes en su materia, la aproximación recíproca

(siguiendo siempre la ley de la igualdad recíproca de la acción) debe siempre acontecer en razón inversa a la cantidad de materia de los mismos, esta ley, sin embargo, no constituye más que un principio *mecánico* y en modo alguno dinámico, es decir, se trata de una ley de *los movimientos que resultan* de las fuerzas de atracción y no de una ley de la *proporción* de las fuerzas de atracción, siendo aquella una ley que vale para todas las fuerzas motrices en general. Así, cuando, en una primera experiencia, un imán es atraído por otro igual a aquél y, en una segunda, aquél es atraído por el mismo imán que, sin embargo, estuviera encerrado en una caja de madera más pesada, en este último caso el imán comunica al primer imán *un mayor movimiento relativo* de lo que comunicó en el primer caso, y ello a pesar de que la materia, que aumentó la cantidad de masa, en el segundo caso, no contribuyó en nada a aumentar la fuerza atractiva del imán, ni probó atracción magnética alguna de la madera. NEWTON dice (Cor. 2, Proposición 6, Libro III, de los *Principa Phil. Nat.*): «*Si el éter, o cualquier otro cuerpo, no tuviera pesadez, como quiera que no se diferencia de los otros cuerpos materiales más que por la forma, él podría cambiarse poco a poco, por la mutación paulatina de esta forma, en una materia del género de aquellas otras, más pesadas, que existen en la Tierra, e inversamente éstas podrían perder, por el contrario, por un cambio gradual de su forma, toda su pesadez, lo cual está en contradicción con la experiencia, etc.*» De donde se sigue que él no excluía, en modo alguno, al éter (y todavía menos a los otros cuerpos materiales) de la ley de atracción. ¿Qué clase de materia podía aún restarle a él para la cual, el choque de la misma le hubiera permitido considerar que las atracciones mutuas de los cuerpos se explicasen con una simple atracción aparente (mecánica)? Por tanto, no se puede citar a este gran fundador de la teoría de la atracción, como si fuera su predecesor, cuando éste se toma la libertad de considerar la verdadera atracción, que él mismo había afirmado, reemplazándola (*zu unterschieben*) por una atracción aparente, y de admitir la necesidad de la impulsión por el choque, con el fin de aclarar el fenómeno de la atracción. NEWTON hacía abstracción, con todo derecho, de todas las hipótesis que respondían a la cuestión sobre cuál fuera la *causa* de la atracción universal de los cuerpos materiales; porque tal cuestión es de orden físico o metafísico, pero no matemático. Ahora bien, a pesar de que en el Prefacio de la segunda edición de su *Óptica* dice: *ne quis gravitatem inter essentielles corporum proprietates me habere existimet, questionem unam de eius causam investigandam subieci*, se advierte plenamente que el escándalo que proporcionaba a sus contemporáneos y quizás a él mismo el concepto de una fuerza originaria de atracción, le ponía en desacuerdo consigo mismo, puesto que él no podía, en absoluto, decir que las fuerzas atractivas de dos planetas, por ejemplo de Júpiter y Saturno, las cuales ponen de manifiesto las distancias iguales de sus satélites (cuya masa nos es desconocida), se comportan como (en función de) la *magnitud* de la materia de estos cuerpos celestes, a no ser que se admita que ellos, *como pura materia*, y, por tanto, según una propiedad general de la misma, atraen a los otros cuerpos materiales.

### DEFINICIÓN 7 (Ak., IV, 516, 8 ss.)

Por *fuerza especial* entiendo una fuerza motriz por la que sólo pueden actuar unos cuerpos materiales sobre otros en la superficie de contacto que les es común; pero aquella otra, en virtud de la cual un cuerpo material puede actuar de manera inmediata sobre las partes del otro penetrando más allá de la superficie de contacto, la denomino yo *fuerza penetrante*.

### COROLARIO (Ak., 516, 8 ss.)

La fuerza de repulsión, en virtud de la cual la materia llena un espacio, es una simple fuerza superficial. Porque las partes en contacto limita el campo de acción de la una con respecto a la otra y porque la fuerza repulsiva no puede mover ninguna parte más alejada (de aquella en que actúa) sin mediación de partes interpuestas; una *acción inmediata* de un cuerpo material sobre otro que se ejerza a través de tal mediación y por medio también de fuerzas expansivas, es imposible. Por el contrario, a la acción de una fuerza de atracción, en virtud de la cual *un cuerpo material* ocupa un espacio sin llenarlo y *actúa sobre otros cuerpos* materiales alejados a través del espacio vacío, ningún cuerpo material interpuesto le impone límites. De este modo hay que pensar la acción primordial que hace posible a la materia misma; por consiguiente, ella (la atracción) es una fuerza penetrante y por sólo esta razón ella es proporcional a la cantidad de materia.

### TEOREMA 8 (Ak., IV, 516, 22 ss.)

La fuerza de atracción originaria, sobre la cual se funda la posibilidad de la materia como tal, se extiende de manera inmediata en el espacio del universo, de una parte del mismo a otra, hasta el infinito.

### DEMOSTRACIÓN (Ak., IV, 516, 27 ss.)

Puesto que la fuerza de atracción originaria pertenece a la esencia misma de la materia, ella conviene a cada parte de ésta, a saber, el actuar inmediatamente a distancia. Supongamos que existe una distancia más allá de la cual esta fuerza no actúa más; esta limitación de la esfera de su actividad dependerá, bien sea de la materia que se encuentra en el interior de tal esfera, bien sea a la sola magnitud de este espacio en el cual ella ejerce su influencia. En el primer caso no hay lugar; y ello porque esta atracción es una fuerza penetrante y actúa inmediatamente a través del espacio *como si* éste fuera un espacio vacío, a pesar de todas las materias interpuestas. El segundo caso tampoco tiene lugar; en efecto, toda atracción, siendo

una fuerza motriz que tiene un grado por debajo del cual siempre se pueden concebir otros menores, tiene un fundamento, por cierto, para, con el aumento de las grandes distancias, ir *disminuyendo la atracción en razón inversa* a la magnitud en que se despliega su fuerza, pero jamás para suprimirla enteramente. Por consiguiente, desde el momento en que nada hay que limite la esfera de la actividad de la atracción originaria de cada parte de la materia, esta actividad se extenderá a toda otra materia más allá de todos los límites que puedan ser dados, y por ello a todo el espacio del Universo hasta el infinito.

#### COROLARIO 1 (Ak., IV, 517, 17 ss.)

De esta fuerza de atracción originaria que, en cuanto penetra toda la materia, se ejerce en proporción a su cantidad (masa) extendiendo su acción sobre la materia toda y en todas las distancias posibles, será posible derivar, por su unión a la fuerza expansiva que actúa en sentido contrario, la limitación de esta última y, consiguientemente, la posibilidad de un espacio lleno *en un grado (magnitud) determinado*, y, de esta manera, se constituirá el concepto dinámico de la materia en tanto que elemento móvil que llena su espacio (en un grado determinado). Sin embargo, para ello se precisa una ley que tenga por objeto tanto la atracción originaria, como la ley de la expansión según las diversas distancias de la materia y de sus partes respectivas; pero como esta ley se basa exclusivamente en la diferencia (cuantitativa) de la dirección (o expansión) de estas dos fuerzas (puesto que un punto es movido sea para aproximarse a otros, sea para alejarse de ellos) y en la magnitud del espacio en el que cada una de estas fuerzas extiende su influjo a distancia diversa, tal ley constituye un quehacer, puramente matemático, que no pertenece ya a la metafísica, la cual carece de toda responsabilidad cuando no se acierte, según el modo dicho, en la construcción del concepto de materia. Y esto porque la metafísica garantiza únicamente la exactitud de los elementos de la construcción que son ofrecidos a nuestra facultad de conocer racional, pero aquélla no es en modo alguno responsable de la insuficiencia y de los límites en la ejecución de nuestra razón.

#### COROLARIO 2 (Ak., IV, 518, 3 ss.)

Comoquiera que toda materia, que sea dada, debe llenar su espacio según un grado determinado de la fuerza expansiva para que pueda constituir un cuerpo material determinado, es por ello por lo que sólo una atracción primordial, en conflicto con una fuerza expansiva, también primordial, puede hacer posible un grado determinado de plenitud en el espacio, es decir, la materia. Sea ello que este grado tenga como origen la atracción mutua propia de las partes de la materia comprimida (solidificada), sea que resulte de la combinación de estas partes con la atracción de

toda la materia universal.

La atracción originaria es (directamente) proporcional a la cantidad de materia (masa) y aquélla se extiende hasta el infinito. Así, la plenitud, en un grado determinado, del espacio por la materia no puede ser producida, en última instancia, más que por la atracción de la materia, en cuanto ésta se extiende hasta el infinito y, únicamente, se comunica a cada materia (en particular) según la magnitud de su fuerza expansiva.

Se denomina *gravitación* a la acción de la atracción universal ejercida por cualquier materia sobre todas las demás y a cualquier distancia. La *pesadez* es el esfuerzo necesario para moverse en la dirección de la máxima gravitación. Se denomina *elasticidad (expansividad) primordial* de tal materia a la acción de la fuerza expansiva general de las partes de cualquier materia dada. Así pues, esta última y la pesadez constituyen los caracteres generales que son susceptibles de ser distinguidos *a priori* en la materia; aquélla es de carácter interno, ésta se refiere a las relaciones externas; pues es sobre el fundamento de estas dos fuerzas sobre el que se asienta la posibilidad de la materia. La cohesión definida como la atracción recíproca de la materia, que simplemente se limita a la condición del contacto, no pertenece (como una propiedad esencial) a la posibilidad de la materia en general y, en consecuencia, no puede ser conocida *a priori* constituyendo una unidad. Esta propiedad no es, consiguientemente, metafísica, sino física y, por ello, no pertenece a nuestras reflexiones presentes.

#### OBSERVACIÓN 1 (Ak., IV, 518, 32 ss.)

En todo caso no puedo pasar por alto una pequeña observación preliminar en relación con la búsqueda de una tal construcción que quizás sea posible.

1) De *toda fuerza* que actúa de modo inmediato *a distancias diversas* y tenida en cuenta de que el grado de su acción motriz sobre cada punto dado, a una determinada distancia, tiene sólo como límite la magnitud del espacio en el que ella debe expandirse para actuar sobre tales puntos, puede decirse: que en todos los espacios a los que aquella (fuerza) extiende (su acción), sean pequeños o grandes, aquélla conserva siempre un mismo *quantum*, a pesar de que *el grado de su acción* sobre cualquiera de los puntos de este espacio es siempre inversamente proporcional *a la magnitud del espacio* en el que la fuerza debió expandirse para actuar en cualquiera de los puntos indicados. Por ejemplo, desde un punto luminoso, que extiende su luz por todas partes según superficies esféricas (concéntricas) que se acrecientan a medida que aumenta la distancia, el *quantum* lumínico permanece invariable en su conjunto (distribuido) por todas estas superficies esféricas hasta el infinito de donde se sigue que, para una parte tomada de una dimensión igual de una superficie esférica, atendiendo al grado (de iluminación), deberá ser iluminada tanto menos

cuanto mayor sea la superficie extensa afectada por el mismo *quantum* lumínico. Lo mismo acontece a todas las demás fuerzas y leyes, en virtud de las cuales ellas se deben expandir, ya sea sobre las superficies, ya sobre un espacio corporal (*Körperlichen Raum*), para actuar según su naturaleza sobre objetos lejanos. Es mejor representar así la expansión de una fuerza motriz, partiendo de un punto hacia todas las direcciones, que no, como suele hacerse de ordinario y especialmente en óptica, por rayos, puestos en círculo, que emanan de un *punto* central. En efecto, varias líneas trazadas de esta manera nunca pueden llenar el espacio que atraviesan, ni tampoco la superficie que encuentra, por muchas que sean las líneas trazadas o establecidas, lo cual es consecuencia de sus divergencias. De todo ello se siguen graves consecuencias que dan lugar a hipótesis que podrían ser evitadas si traemos a consideración únicamente la magnitud de toda la superficie esférica que debe ser esclarecida *uniformemente* por la misma cantidad de luz y, si admitimos, como es natural, que el grado de iluminación en cada lugar de esta superficie está en razón inversa a la magnitud de la superficie con respecto a todo el conjunto (de las superficies esféricas iluminadas, se entiende). Lo mismo acontece en *la expansión* de cualquier fuerza a través de magnitudes diferentes.

2) Si *la fuerza consiste en una atracción* inmediata a distancia, las líneas de la dirección de la atracción deben ser representadas, con mayor razón, no como un conjunto de rayos que parten del punto de atracción, sino como dirigiéndose todos los puntos de la superficie esférica que los circunda (con respecto a la cual los rayos indican la distancia dada) hacia el punto de atracción; porque la línea de la dirección del movimiento que se dirige al punto que es causa y fin (de tal atracción) nos proporciona ya el término *a quo* del que las líneas deben partir, a saber, de todos los puntos de la superficie desde la cual aquéllas se dirigen hacia el punto central de la atracción, y no a la inversa. En efecto, la magnitud de la superficie es la única que determina el (mayor o menor) número de líneas, puesto que el punto central (de atracción) deja tal número indeterminado<sup>[4]</sup>.

3) Cuando *la fuerza es una repulsión* (expansividad) inmediata por la que un punto (atendiéndose a una representación puramente matemática) ocupa dinámicamente un espacio y se plantea la cuestión de cuál es la ley de las distancias infinitamente pequeñas (equivalentes a los contactos) según la cual una fuerza expansiva originaria (cuya limitación descansa en el espacio en el cual ella se había expandido) actúa a distancias distintas: en este caso aún menos se puede representar esta fuerza por rayos repulsivos divergentes provenientes del supuesto punto de repulsión, aun cuando la dirección del movimiento tenga como término *a quo* a aquél (punto). En efecto, el espacio en el que debe difundirse la fuerza para actuar a distancia es un espacio *corpóreo*, el cual debe ser pensado como lleno (por cuanto es cierto que no se puede representar *matemáticamente* cómo un punto, en virtud de su fuerza motriz, es decir, dinámicamente, pueda corpóreamente llenar un espacio); y, puesto que los rayos divergentes a partir de un punto no pueden representar la fuerza

repulsiva (o expansiva) de un espacio *lleno*, sólo cabría que la repulsión, para las distancias infinitamente pequeñas y diferentes de estos puntos que se influyen entre sí, estuviera en razón inversa de los espacios *corporales* que cada uno de estos puntos ocupa dinámicamente, es decir, *en razón inversa al cubo de sus distancias*, aun cuando ellas no puedan ser construidas.

4) Así, la atracción originaria de la materia actuaría *en razón inversa al cuadrado de las distancias* en todo el espacio; y la expansión primigenia *en razón inversa al cubo de las distancias* en los espacios infinitamente pequeños; y, por esta acción y reacción de las fuerzas primordiales, se hace posible que la materia tenga la capacidad de llenar, en un grado determinado, el espacio. Porque, como la repulsión de las partículas que se atraen aumenta en mayor proporción de lo que lo hace (en sentido contrario) la atracción, por ello el límite de aproximación, más allá del cual no puede haber otro mayor causado por la atracción dada, viene determinado conjuntamente con el grado de *comprensión*, el cual constituye la medida de la plenitud intensiva del espacio (lleno, se entiende).

#### OBSERVACIÓN 2 (Ak., IV, 521, 13 ss.)

Yo constato, ciertamente, la dificultad de explicar, de esta manera, la posibilidad de una materia en general; la dificultad consiste en el hecho de que si un punto no puede inmediatamente empujar a otro en virtud de su fuerza repulsiva sin ocupar, al mismo tiempo, en virtud de su fuerza, todo el espacio corpóreo (físico) hasta la distancia establecida, entonces *este espacio*, como así parece seguirse, *debería contener muchos puntos propulsivos*, lo cual contradice la *hipótesis* y lo que anteriormente (Teorema 4) ha sido refutado bajo la denominación de una *esfera de repulsión de lo simple en el espacio* (cfr. la observación 1 del Teorema IV). Sin embargo, existe una diferencia entre el primer concepto de un espacio real que puede sernos dado, y la simple idea de un espacio concebido solamente para determinar la relación de los espacios dados, pero que realmente no es un espacio (táctico). En el caso ya citado de una pretendida monadología física, estos espacios siempre deben ser espacios reales, llenos dinámicamente por un punto, a saber, por la repulsión; pero aquéllos (espacios) existen como puntos, *previamente* a la constitución de la materia y determinan, en razón de la esfera de actividad que le es propia, la parte del espacio que debe ser ocupado, y que les puede pertenecer. Por ello, en semejante hipótesis, la materia no puede ser considerada como divisible hasta el infinito, ni como cantidad continua; porque las partes que mutuamente se repelen de inmediato están, no obstante, separadas por una distancia determinada, según la suma de los rayos de las correspondientes esferas de repulsión; por el contrario, si nosotros concebimos la materia tal como acontece realmente, como una cantidad continua (*stetig*), no es posible que haya distancia alguna entre las partes que mutuamente se repelen de modo inmediato; por consiguiente, tampoco hay ninguna esfera de su inmediata

actividad que devenga más grande o más pequeña. Sin embargo, existen materias que pueden extenderse o comprimirse (como el aire) y entonces se coloca una distancia entre sus partes más cercanas, que puede aumentar o disminuir. Pero, como las partes más cercanas de una materia continua se tocan, sea que ella se extienda aún más o que sea comprimida, *representame* estas distancias como infinitamente pequeñas, y el espacio, infinitamente pequeño de ellas, como lleno en un grado mayor o menor por la fuerza repulsiva de las partes. Empero, el intervalo infinitamente pequeño no puede distinguirse del contacto. Se trata, pues, de una *idea* del espacio *que sirve sólo a la intuición* de la extensión de una materia como magnitud continua, aun cuando en realidad ella (la materia) no puede de este modo hacerse inteligible. Por consiguiente, cuando se dice: las fuerzas repulsivas de las partes de la materia que se repelen inmediatamente están en razón inversa al cubo de sus distancias, esto sólo quiere decir que ellas están en razón inversa a los espacios corpóreos (físicos) que se piensan encontrar entre las partes, las cuales, no obstante, están en contacto directo y cuyos intervalos, por esta razón, deben ser designados como infinitamente pequeños, para que sean distinguidos de cualquier distancia real. No es, pues, necesario hacer que las dificultades que tienen su origen en la construcción de un concepto o, quizás mejor, de su falsa interpretación, una objeción en contra del concepto mismo; porque, de lo contrario, ello afectaría (*wurde treffen*) a la representación matemática de la proporción en la cual se efectúa la atracción a distancias diferentes, así como a las proporciones en las cuales cada punto repele a otro directamente en un conjunto material que se expande o se comprime. La ley general de la dinámica será, en ambos casos, la siguiente: la acción de la *fuerza motriz* que un punto ejerce sobre cualquier otro punto exterior está en razón inversa *del espacio en el cual el mismo quantum* de fuerza *ha debido extenderse* para actuar inmediatamente sobre este punto a una distancia determinada.

De la ley referente a la repulsión originaria y recíproca de las partes de la materia en razón inversa del cubo de sus distancias infinitamente pequeñas se sigue necesariamente una ley de la expansión y de la compresión, enteramente distinta de la ley de MARIOTTE referente al aire; pues ésta pone de manifiesto las fuerzas de expansión en las partes más cercanas del aire, las cuales (fuerzas) se encuentran en proporción inversa a sus distancias, como NEWTON indica (*Prin. Ph. Phil. Nat.*, Lib. II, Propos. 23 Schol.). Sólo que no se puede considerar a la fuerza expansiva de estas partículas como (si fuese) la acción de las fuerzas expansivas originarias, sino que ella depende del calor, el cual no sólo es materia que penetra en las partes, sino que parece que, haciéndolas vibrar, las obliga, como partes propiamente dichas del aire (a las cuales se pueden atribuir verdaderas distancias reales que las separan), a separarse unas de otras. Que, empero, estas vibraciones deban comunicar necesariamente a las partes vecinas una fuerza de expansión inversamente proporcional a la distancia (de sus intervalos) se hace plenamente comprensible según la ley de la comunicación del movimiento por oscilación de las materias elásticas.

Aún yo declaro que no quiero que la presente exposición de la ley de una repulsión originaria sea considerada como perteneciente necesariamente al proyecto de mi estudio metafísico de la materia, ni que este estudio (para el cual es suficiente haber representado lo lleno del espacio, como propiedad dinámica de éste) sea confundido con las controversias y las dudas que podrían perjudicar al primero.

#### COROLARIO GENERAL DE LA DINÁMICA (*Ak.*, IV, 523,5)

Si echamos una mirada alrededor de todas las cuestiones tratadas en la dinámica, se ha tratado por completo: 1.º, lo *real* en el espacio (llamado también lo sólido) con la ocupación del mismo por la fuerza de repulsión; 2.º, de nuestra percepción exterior, a saber, la fuerza de atracción que, en la medida en que (lo real) dependiera sólo de ella, penetraría el espacio por entero y, consiguientemente, aniquilaría completamente al sólido; 3.º, la limitación de la primera de estas fuerzas por la segunda y la determinación, que de ello resulta, del grado de una *plenitud* del espacio; con ello se ha tratado adecuadamente la *cualidad* de la materia bajo las denominaciones de la *realidad*, la *negación* y la *limitación*.

#### ANOTACIÓN GENERAL SOBRE LA DINÁMICA (*Ak.*, IV, 523, 18 ss.)

El principio general de la dinámica de la naturaleza material consiste en que toda la realidad de los objetos (*Gegenstände*) de los sentidos externos que no sea una simple determinación del espacio (como el lugar, la extensión y la figura) debe ser considerada como fuerza motriz. De esta manera la pretendida solidez o la absoluta impenetrabilidad son eliminadas de la ciencia de la naturaleza como conceptos vacíos y reemplazadas por la fuerza repulsiva (expansiva); por el contrario, la atracción verdadera e inmediata es defendida contra todas las sutilezas de una metafísica que se entiende mal a sí misma y esclarecida, como fuerza primordial, necesaria de por sí para la posibilidad del concepto de materia. De aquí resulta la consecuencia de que el espacio, aun cuando se le juzgue necesario e incluso carente de intervalos vacíos, dispersos en el interior de la materia, debe, en cualquier caso, ser considerado como absolutamente lleno y, a la vez, en grados diferentes. Pues atendiendo al grado originariamente diverso de las fuerzas repulsivas, sobre las que se basa la primera cualidad de la materia, a saber, la de llenar un espacio, se puede concebir que sus relaciones con la originaria fuerza de atracción (sea la referente a cada fuerza particular, sea como atracción reunida en toda la materia del universo) sean infinitamente diversas, ya que la atracción se funda en la cantidad de materia contenida en un espacio dado, mientras que la fuerza de expansión se funda, por el contrario, sobre el grado según el cual llena ella el espacio (así sucede, por ejemplo, que la misma cantidad de aire sobre el mismo volumen manifiesta mayor o menor

elasticidad según el grado más o menos elevado de calor; la razón de lo cual es en general ésta: que, por causa de la verdadera atracción, todas las partes de la materia actúan sobre todas las demás; mientras que, por causa de la fuerza expansiva, sólo actúan las partes, en la superficie de contacto, siendo indiferente, por lo demás, que se encuentre, tras la superficie, mayor o menor cantidad de materia). De todo lo cual resulta algo muy ventajoso para la ciencia de la naturaleza, puesto que de esta forma se libera del peso que conlleva construir un mundo fantástico con (los conceptos de) lo lleno y lo vacío. Por el contrario, puede concebirse todos los espacios como llenos y, no obstante, ocupados según grados (magnitudes intensivas) diferentes. En virtud de lo dicho, el espacio (absolutamente) vacío no es ya *necesario*, y su valoración queda remitida a una mera hipótesis, en tanto que antiguamente, bajo el pretexto de ser una condición necesaria para explicar los grados diferentes de plenitud del espacio, podía atribuírsele la denominación de un principio.

En todo lo dicho, la ventaja de una metafísica aplicada aquí metodológicamente parece puramente negativa, puesto que se descartan principios también metafísicos, no sometidos a la prueba de la Crítica. Sin embargo, indirectamente, se ha ampliado con ello el campo del físico investigador porque han perdido su valor las limitaciones que anteriormente lo constreñían, y por las cuales se suprimían todas las fuerzas motrices fundamentales del campo de la filosofía (*wegphilosofirt*). Guárdese él, sin embargo, de no ir más allá de aquello que hace posible el concepto general de la materia, ni pretender explicar, *a priori*, las determinaciones y las diferencias específicas. El concepto de materia remite a puras fuerzas motrices de las cuales ninguna otra cosa puede esperarse porque en el espacio no se puede concebir ninguna otra actividad, ningún otro cambio, que no sea el puro movimiento. Pero ¿quién puede intuir la posibilidad de las fuerzas fundamentales? Ellas solamente pueden ser aceptadas si pertenecen de inmediato a un concepto del que pueda probarse que es un concepto fundamental que no puede derivarse de ningún otro (como el de la plenitud del espacio), y tales son, en general, las fuerzas repulsivas y las fuerzas atractivas que se les oponen. Con respecto al encadenamiento y a las consecuencias de aquellas se puede, aún, ciertamente, juzgar *a priori* qué relaciones de las mismas, entre sí, pueden ser pensadas sin contradicción, pero no permitirse, por ello, considerar tales fuerzas como reales, porque para establecer una hipótesis se exige necesariamente que la necesidad de aquello que se admite sea absolutamente cierta; empero, cuando se trata de las fuerzas fundamentales, la posibilidad de las mismas jamás puede ser intuita. Y, por ello, aquí tiene la explicación mecánico-matemática una ventaja sobre la explicación dinámico-metafísica que no le puede ser arrebatada, a saber, la de obtener, a partir de una materia (*Stoff*) enteramente homogénea, gracias a la forma variada de sus partes y a los intervalos vacíos interpuestos, una gran variedad específica de materias, tanto respecto a sus densidades, como a sus modos de acción (si advienen fuerzas extrañas). Y ello porque, ciertamente, tanto la posibilidad de las formas como la de intervalos vacíos pueden exponerse con una evidencia

matemática; por el contrario, si la misma substancia (*Stoff*) es transformada en fuerzas fundamentales (de las que nosotros no estamos en situación de determinar sus leyes *a priori* y, aún menos, de hacer legible la variedad de éstas, las cuales permitan explicar la diferenciación más específica de la materia), nos faltan todos los medios para construir el concepto de materia y para representar como posible, en la intuición, aquello que podemos pensar en general. Pero, por el contrario, una física puramente matemática pierde la ventaja bajo un doble aspecto, por cuanto, en primer lugar, tal física debe tomar como fundamento un concepto vacío y el de la absoluta impenetrabilidad y, en segundo lugar, debe renunciar a todas las fuerzas *propias* de la materia, y además, con la configuración de la substancia fundamental (*Grundstoff*) y la introducción de los espacios vacíos según las necesidades de la explicación, debe conceder más libertad y más derechos legales a la imaginación en el terreno de la filosofía de lo que es posible armonizar con la cautela de esta última.

En lugar de una plena explicación de la posibilidad de la materia y de sus diferencias específicas, *derivadas* de aquellas fuerzas fundamentales, que no me atrevo a proporcionar, quiero exponer plenamente los momentos a los cuales toda esta diferenciación específica debe poder ser referida *a priori* (aunque la posibilidad de los mismos según conceptos no sea de este modo concebible). Las observaciones, intercaladas entre las definiciones dilucidarán la aplicación de las mismas.

1) Un *cuero*, en sentido físico, es una materia comprendida dentro de límites determinados (ella, por tanto, tiene una figura). El espacio comprendido en estos límites, considerando según su magnitud, se denomina *volumen*. El grado de plenitud de un espacio con determinado contenido se denomina *densidad*. (El término denso es tomado también en sentido absoluto para significar aquello que no está hueco, es decir, que no tiene burbujas o poros.) En este sentido, en el sistema de la impenetrabilidad absoluta existe una densidad absoluta, cuando una materia no contiene intervalos vacíos. Según este concepto de espacio lleno se establecen varias comparaciones y se dice que una materia es más densa que otras porque contiene menos (espacios) vacíos, y a aquella, en fin, que no contiene ningún espacio vacío se la denomina perfectamente densa. De esta última expresión sólo se puede servir uno de acuerdo con el concepto matemático puro de materia, pero en el sistema dinámico (que goza) de una impenetrabilidad relativa, no existe ni máxima, ni mínima densidad y, sin embargo, la materia más tenue puede llamarse densa por completo, cuando ella llena por entero su espacio, sin incluir intervalos vacíos y, consiguientemente, si ella es un todo continuo e ininterrumpido; sin embargo, ella es menos densa en comparación con otra, en sentido dinámico, si ella llena por entero su espacio, pero no en el mismo grado. Sólo que también, en este último sistema, resulta incorrecto pensar una relación entre las materias, atendiendo a sus densidades, si no se las representa como específicamente homogéneas entre sí, de suerte que una puede originarse de la otra por simple compresión. Pero como esto no parece

necesariamente exigido por la naturaleza de todo tipo de materia en sí, ello no puede dar lugar, razonablemente, para establecer comparación alguna entre materias heterogéneas atendiendo a la densidad, por ejemplo, entre el agua y el mercurio, aun cuando este procedimiento esté en uso.

2) La atracción, en la medida en que sólo se considera activa en el contacto, se denomina *cohesión*. Ciertamente se prueba por medio de buenas experiencias que tal fuerza, llamada cohesión por el contacto, se encuentra activa también a pequeñas *distancias*; sólo que la atracción se la denomina cohesión, en la medida en que yo sólo pienso exclusivamente en el contacto, de acuerdo con una experiencia en la cual ella (la actividad) a distancias ínfimas apenas es percibida. Se suele admitir que la *cohesión* es una propiedad general, no como si se accediese a la misma por causa del concepto de la materia, sino porque la experiencia la pone de manifiesto en toda ocasión. Sin embargo, esta generalidad no debe ser tomada en sentido *colectivo*, como si toda materia actuase simultáneamente, por este tipo de atracción, sobre todas las demás del Universo (que fuera análoga a la de la gravitación), sino en sentido puramente *disyuntivo*, a saber, o con una o con otra, sean cuales fueren las clases de materias que entran en contacto. Por esta razón, y porque esta atracción, como lo pueden probar diversos argumentos, no es, en modo alguno, penetrante, sino una fuerza exclusivamente superficial que, como tal, no se rige siempre por la densidad; y porque el pleno vigor de la cohesión exige un estado previo de fluidez de los elementos materiales y de la ulterior solidificación de los mismos; y porque el más perfecto contacto de elementos materiales fragmentados de aquellas superficies en las que su coherencia era anteriormente muy fuerte, como, por ejemplo, un cristal con una fisura, está muy lejos de producir el grado de atracción (cohesiva) que tenía por causa de la solidez producida tras su fusión; por todo ello, no considero la atracción (presupuesta) en el contacto como una fuerza fundamental de la materia, sino sólo como una fuerza *derivada*; de lo que volveremos a tratar más ampliamente después.

Una materia cuyas partes, por fuerte que sea su cohesión, pueden ser desplazadas por cualquier fuerza motriz por pequeña que sea, es un LÍQUIDO. Las partes de una materia son DESPLAZADAS unas con respecto a las otras cuando, sin disminuir la magnitud de su contacto, son obligadas únicamente a cambiar este contacto entre ellas. Las partes materiales llegan, pues, a estar SEPARADAS cuando el contacto no sólo ha cambiado de unas a otras, sino cuando ha sido suprimida o disminuida la magnitud en contacto. Un cuerpo SÓLIDO —o, mejor, RÍGIDO (*Corpus rigidum*)— es aquel cuyas partes, las unas con respecto a las otras, no pueden ser desplazadas por una fuerza cualquiera; tales partes, en consecuencia, resisten al desplazamiento con un grado determinado de fuerza. El obstáculo a este desplazamiento de las materias entre sí es el ROCE. La resistencia a la separación de las materias en contacto es la COHESIÓN. Las materias líquidas no sufren, por tanto, en su separación ningún razonamiento, sino que, dondequiera que este rozamiento se encuentra, las materias son consideradas

como RÍGIDAS, por lo menos en sus partes menores. Rigidez que se da en mayor o menor grado, de los cuales el último se denomina VISCOSIDAD (*Viscositas*). El cuerpo rígido es FRÁGIL cuando sus partes no pueden desplazarse, unas respecto de otras, sin ruptura y, por tanto, cuando su cohesión no puede ser modificada sin ser destruida. Es erróneo atribuir la diferencia entre las materias líquidas y sólidas a la diferencia de grado en la cohesión de sus partes. Pues, cuando se trata de calificar a una materia de líquida, no importa el grado de resistencia que opone a la ruptura, sino el que opone el desplazamiento de sus partes entre ellas mismas. El grado de resistencia que se opone a la ruptura puede ser tan grande como se quiera; el que se opone al desplazamiento de las partes en una materia líquida será siempre igual a cero (= 0). Considerad una gota de agua; si en su interior una pequeña parte es atraída, por un lado, por una atracción, tan grande como se quiera, de las partes vecinas que están en contacto con ella, con igual fuerza esta parte será atraída por el lado opuesto y, como ambas atracciones se anulan, la partícula se moverá tan fácilmente como si se encontrara en el espacio vacío, ya que la fuerza que la mueve no tiene que vencer ninguna cohesión, sino a la inercia que hay que vencer en toda materia, aunque ésta no estuviere cohesionada. Por esto es por lo que un animalito microscópico se moverá tal fácilmente como si no hubiera cohesión alguna que romper. En efecto, el animalito no tiene que destruir la cohesión del agua, ni disminuir el contacto entre sus partes, sino modificarlo únicamente. Pero supongamos nosotros ahora que ese animalito quisiera abrirse camino a través de la superficie exterior de la gota. En primer lugar sería necesario indicar que la atracción mutua de las partes de esta pequeña masa hace que tales partes se muevan tanto tiempo como sea preciso para lograr el máximo contacto recíproco (en virtud de la atracción) y, consecuentemente, el mínimo contacto con el espacio vacío, es decir, hasta que hayan adquirido una forma esférica. Ahora bien, si el insecto (que se supone atravesando la gota) se esfuerza por abrirse camino hasta la superficie de la gota, deberá cambiar la forma de ésta y, en consecuencia, producir un contacto mayor del agua con el espacio vacío y un contacto recíproco menor entre sus partes, es decir, disminuyendo su cohesión y, por tanto, el agua resiste al insecto principalmente por su cohesión, pero no en el interior de la gota de agua donde el contacto de las partes entre sí en nada disminuye; en consecuencia, no están separadas en modo alguno, sino simplemente desplazadas. Se puede aplicar al animalito microscópico, y por razones análogas, lo que afirma NEWTON acerca del rayo luminoso, a saber, que no es rechazado por la materia densa, sino por el espacio vacío. Es evidente, pues, que el aumento de la cohesión de las partes de una materia, no afecta en lo más mínimo a su fluidez. El agua tiene en sus partes mayor cohesión de lo que se piensa generalmente cuando se relaciona con una placa metálica sacada de la superficie del agua; esta experiencia no decide nada, porque, en este caso, el agua no se desliza por toda la superficie de su primer contacto, sino sobre una superficie mucho menor a la cual el agua adviene por el desplazamiento de sus partes; así como una barra de cera blanda, a la que se ata un

peso, primero se estrecha y después debe romperse en una superficie bastante menor de lo que se suponía al comienzo. Pero lo decisivo, con respecto a nuestro concepto de fluidez, es lo siguiente: *que las materias líquidas, como tales, pueden ser definidas como aquellas en las que cada punto tiende a moverse en todas las direcciones con una fuerza igual a la de la presión que sufre en una dirección cualquiera.* Ésta es la propiedad sobre la que descansa la primera ley de la hidrodinámica; no se puede, sin embargo, atribuir esta propiedad a un agregado de corpúsculos lisos y sólidos, como puede demostrar un análisis, fácil de hecho, de la presión según leyes del movimiento compuesto; y así queda probada la propiedad original de la fluidez. Ahora bien, si no fuera así, si las materias líquidas fueran mínimamente obstaculizadas en sus desplazamientos y, por esta causa, padecieran un rozamiento mínimo, este rozamiento, sometido a la fuerza de la presión, se incrementaría al comprimir unas partes sobre otras, para finalmente alcanzar una presión que no permitiría a las partes de esta materia desplazarse entre sí por la acción de una pequeña fuerza. Por ejemplo, en un tubo curvado de dos brazos, en el que uno sea tan ancho y el otro tan estrecho como se quiera, a condición de que no sea un tubo capilar, y suponiendo que las alturas de los brazos es de muchos cientos de pies, en tal caso —decimos— la materia líquida estaría, según las leyes de la hidrostática, a la misma altura en el brazo ancho que en el estrecho. Sin embargo, como la presión en el fondo de los tubos comunicantes y, consecuentemente, también sobre la parte que los une, se pueden pensar aumentando indefinidamente la proporción de las alturas; en tal hipótesis sería obligado, si supusiéramos un mínimo rozamiento entre las partes del líquido, encontrar una altura tal para los tubos en la que una pequeña cantidad de agua vertida en el tubo estrecho no cambiaría la presión del agua en el tubo ancho y, por tanto, la columna de agua subiría en un tubo más que en otro porque las partes bajas, con una presión tan fuerte, podrían ser desplazadas, unas con respecto a las otras, por una fuerza motriz tan pequeña como lo fuera el peso del agua añadida; todo lo cual es contrario a la experiencia y al mismo concepto de fluidez.

Lo mismo sucede si se sustituye la presión debida al peso por la cohesión de las partes, sea ésta tan grande como se quiera. La *segunda definición*, sobre la que descansa la ley fundamental de la hidrostática, es la siguiente: que la fluidez es la propiedad de una materia en la cual cada parte tiende a moverse en todas las direcciones con una fuerza igual a la de la presión que sufre la materia fluida ejercida en una sola dirección. Esta segunda ley deriva de la primera si se la conecta con el principio fundamental de la dinámica en general, a saber: que toda materia es originalmente expansiva puesto que ella exige extenderse en todas las direcciones del espacio con una fuerza igual a la que en el mismo se encuentra reprimida, es decir, que ella (si las partes de una materia pueden ser mutuamente desplazadas sin obstáculo alguno por cualquier fuerza, tal y como sucede en la materia líquida) tiende a moverse y, por ello, la presión acontece en cualquier tipo de dirección, sea ésta la que fuere.

El FROTAMIENTO, que supone ya la propiedad de la rigidez, sólo puede atribuirse a las materias rígidas. Sin embargo, por qué ciertas materias, que posiblemente carecen de mayor fuerza de cohesión que las materias líquidas o quizás la poseen aún menor, resisten tan poderosamente al desplazamiento de sus partes, las cuales no pueden separarse sino por la supresión de la cohesión de todas sus partes de modo simultáneo y en un determinado espacio dado, lo cual nos hace pensar en una cohesión de orden superior y, finalmente, cómo pueden ser posibles los cuerpos rígidos, son problemas que no han sido resueltos aún, aunque la vulgar ciencia natural se imagine poder llegar fácilmente a tal fin.

3) ELASTICIDAD es la facultad que tiene una materia de recobrar su tamaño o forma modificada por otra fuerza motriz, cuando ésta deja de actuar. La elasticidad es o bien expansiva, o bien atractiva; la primera retorna, tras la compresión, al volumen primitivo mayor; la otra, tras la dilatación, al volumen primitivo menor. Como lo muestra la expresión, la *elasticidad atractiva* es manifiestamente derivada; un hilo de hierro, alargado por causa de pesos que le hayan sido colgados en sus extremos, vuelve rápidamente a su volumen primitivo cuando se cortan las ligaduras de aquéllos. Gracias a la misma atracción, que es la causa de la cohesión, o, en los fluidos, cuando se quita el calor al mercurio, la materia de éste se apresuraría a tomar el pequeño volumen de antes. La elasticidad, en cuanto consiste sólo en retornar a la forma precedente, es siempre atractiva; tal es el caso de una hoja de espada cuyas partes, separadas violentamente sobre la cara convexa, tienden todas a su estructura anterior; también es así como a una pequeña gota de mercurio se la puede llamar elástica. Sin embargo, la elasticidad expansiva puede ser tanto primitiva, como derivada. Así, el aire tiene una elasticidad derivada por medio de la materia calórica a la que está íntimamente unido, y cuya elasticidad es, tal vez, primitiva. Sin embargo, la substancia fundamental del elemento fluido que llamamos aire debe encerrar en sí, en tanto que es materia en general, una elasticidad llamada originaria. No es posible decidir de modo cierto, en los casos que se presentan, a qué clase pertenece la elasticidad percibida.

Se denomina MECÁNICA a la acción que ejercen unos cuerpos sobre otros en virtud de la comunicación de su movimiento; pero aquella que es propia de materias que, aun estando en reposo, intercambian, por medio de sus propias fuerzas, las conexiones entre sus partes respectivas, se llama Química. Esta acción química se denomina DISOLUCIÓN cuando tiene como efecto la separación de las partes entre sí; la división mecánica, por ejemplo, por medio de una cuña introducida entre las partes de una materia, es de hecho diferente de una división química, porque la cuña no actúa en virtud de su propia fuerza; pero la acción que tiene como efecto separar dos materias disueltas se llama DESCOMPOSICIÓN. La *disolución absoluta* sería aquella disolución de materias, específicamente diferentes, en la cual no se encontraría ninguna parte de una que no estuviera unida a otra parte de la otra materia

específicamente distinta, y en proporción igual a la de la mezcla total. A esta disolución química absoluta se la puede llamar *penetración química*. Quedará no decidida la cuestión de saber si las fuerzas disolventes que se pueden encontrar realmente en la naturaleza pueden lograr una disolución completa. Aquí la cuestión sólo es si es posible pensar una tal disolución. Ahora bien, es evidente que, en tanto que las partes de una materia disuelta constituyan *todavía* moléculas, éstas podrán disolverse no menos que las partes mayores, de suerte que esta disolución debe proseguirse mientras esté presente la fuerza disolvente hasta que no quede ninguna partícula en la que la parte disolvente y la disuelta constituyan un único compuesto, en la proporción en que se encuentra el conjunto de ambos. Ahora bien, como en este caso no puede haber parte alguna del volumen de la disolución que no contenga la parte del disolvente, el cual debe llenar el volumen como un elemento continuo; y de igual forma, como no puede haber parte alguna del mismo volumen de la disolución que no contenga la parte del disolvente, el cual debe llenar el volumen como un elemento continuo y, de igual forma, como no puede haber parte alguna del mismo volumen de la disolución que no contenga la parte proporcional de la materia disuelta, será necesario que también ella llene todo el espacio que constituye el volumen de la mezcla, y esto como un elemento continuo. Ahora bien, cuando dos materias llenan un mismo y único espacio, se penetran. Así, tal penetración perfecta sería una compenetración de materias completamente diferente de la penetración mecánica. Ya que, por lo que a éstas concierne, se supone que, a mayor aproximación de las materias en movimiento, la fuerza expansiva de una puede superar totalmente a la de la otra, pudiéndose pensar en reducir a la nada la extensión de una o de ambas. Aquí, en la disolución química, por el contrario, la extensión permanece a salvo, ya que las materias, no en el caso de permanecer exteriores unas a otras, sino cuando se confunden unas en otras, por introsuceptión (como se suele decir) ocupan un mismo espacio, conforme a la suma de sus densidades. Difícilmente se puede hacer objeción alguna a la posibilidad de esta disolución perfecta y, por tanto, a la penetración química aunque implique una división de acabado en el infinito, lo cual, en este caso, no implica de por sí una contradicción, porque la disolución acontece aceleradamente a lo largo de un tiempo continuo (y) por ello a través de una serie de instantes también infinita, a lo que hay que añadir que aunque, por causa de la división, la suma de las superficies de las materias, aún por dividir, puede ir en aumento, como la fuerza disolvente actúa de modo (acelerado y) continuo, la disolución completa podrá realizarse en un tiempo determinable (*anzugebenden*). Lo inconcebible de la penetración química de dos materias, debe ser adscrito a la imposibilidad de comprender la divisibilidad *in infinitum* de un continuo cualquiera. Descartando tal disolución perfecta, será preciso que la disolución sólo se extienda hasta ciertas moléculas pequeñas, de la materia a disolver, que flotan en el disolvente manteniendo distancias determinadas, sin que pudiera darse la menor explicación de por qué estas pequeñas partículas no se hayan disuelto a pesar de ser siempre aún materias

divisibles. Puede tener su justificación que en la naturaleza la acción de los disolventes no vaya más lejos de lo que va la experiencia. Pues aquí no se trata más que de la *posibilidad* de una fuerza disolvente, que sea capaz de disolver cierta molécula y, de igual modo, las que permanezcan hasta el final de la disolución. El volumen ocupado por la disolución puede ser igual a la suma de los espacios ocupados antes de la mezcla por las materias que mutuamente se disuelven, o bien menor o mayor, de acuerdo con la relación existente entre las fuerzas atractivas y repulsivas. En la disolución las fuerzas forman, cada una o ambas reunidas, un *médium* elástico. Esto sólo puede ofrecer una razón suficiente explicando por qué la materia disuelta no se separa de nuevo debido al peso del disolvente. En efecto, la atracción de este último, ejerciéndose con una fuerza igual en todas direcciones, anula la resistencia (de la materia disuelta); por otra parte, el admitir cierta viscosidad en el fluido no concuerda en absoluto con la magnitud enorme de la fuerza de las materias disueltas indicadas; por ejemplo, aquella que los ácidos diluidos en agua ejercen sobre los cuerpos metálicos; en tal solución éstos no sólo se depositan únicamente, cosa que debería suceder si aquéllos sólo flotasen en su medio, sino que además (la solución ácida) separa tales cuerpos, dotados con enorme fuerza atractiva, difundiendo por todo el espacio que los contiene (*im ganzen Raume des Wehikels*). Suponiendo que la técnica no tenga en su poder fuerzas químicas disolventes de esta naturaleza que fueran capaces de realizar una solución perfecta y estable, sin embargo tal vez podría efectuar ensayos en sus actividades animales y vegetales y producir así materias que, aunque fueran complejas (*gemischt*), no pudieran ser descompuestas por ninguna clase de técnicas; esta clase de penetración química podría encontrarse igualmente donde una de las materias no estuviera precisamente separada y, literalmente, disuelta en otra, de modo análogo a como el *calórico* penetra los cuerpos, puesto que, si sólo se repartiera en intervalos vacíos, la substancia sólida permanecería fría al no poder absorber nada (de calor). Asimismo podría imaginarse un procedimiento semejante que estuviera, en apariencia, libre de ciertas materias (¿el calórico?) sustituyéndolas por otras (*durch andere*), como, por ejemplo, la materia magnética, que no presuponen de antemano accesos abiertos, ni espacios vacíos, y esto para todas las materias, incluso para las más densas. Sin embargo, no es éste el lugar de establecer hipótesis para explicar fenómenos particulares, sino simplemente para descubrir el principio según el cual se les debe juzgar. Todo cuanto nos dispensa el tener que recurrir a los espacios vacíos, es un verdadero beneficio para la ciencia de la naturaleza, ya que estos espacios ofrecen demasiado juego a la imaginación para sustituir las lagunas que tenemos del íntimo conocimiento de la naturaleza por ficciones imaginarias. El vacío absoluto y la densidad absoluta en la teoría de la naturaleza corresponden aproximadamente a lo que en la filosofía metafísica son el ciego azar y el ciego destino, es decir, una barrera para la razón dominante con el fin de que la fantasía ocupe su lugar, o se la deje descansar sobre la almohada de las cualidades ocultas.

En lo que concierne a los métodos aplicados en las ciencias de la naturaleza y atendiendo a la más apremiante tarea, a saber, la de explicar la divisibilidad específica de las materias, la cual es posible *in infinitum*, sólo se pueden elegir dos: el *método mecánico*, que explica, mediante *lo lleno absoluto y lo vacío absoluto*, todas las diversidades de la materia; o bien el *método dinámico*, que se opone a aquél y explica la diversidad por las simples diferencias de las combinaciones de fuerzas primordiales, tales como la *fuerza de repulsión* y de *atracción*. El primer método tiene como materiales para su derivación los *átomos* y el *vacío*. Un átomo es una pequeña parte de materia físicamente indivisible. Indivisible físicamente es una materia cuyas partes están unidas por una fuerza tal que no se puede encontrar en la naturaleza alguna fuerza motriz que pueda quebrantar a aquélla. Un átomo, en la medida en que, por su figura, se distingue específicamente de otros, se denomina *corpúsculo primordial*. Un cuerpo (o corpúsculo) cuya fuerza motriz depende (o está condicionada) de (por) la figura, se denomina *máquina*. La teoría explicativa de la diversidad específica de las materias por medio de las cualidades y de la composición de sus partes menores, de modo maquinal, se denomina *filosofía mecanicista de la naturaleza*; pero aquella que deriva de la diversidad específica de la materia, no está concebida como maquinal, es decir, como simples instrumentos de fuerzas exteriores, sino de las fuerzas motrices de *atracción* y *repulsión* que le son originariamente propias, puede denominarse *filosofía dinámica de la naturaleza*. La explicación mecanicista, que se acomoda mejor a la matemática, ha conservado siempre, bajo el nombre de atomística o de filosofía corpuscular con escasa modificación desde el viejo Demócrito hasta Descartes y aun hasta nuestros días, su autoridad y su influencia sobre los Principios de la Ciencia de la Naturaleza. El punto esencial de esta explicación consiste en la presuposición de la *absoluta impenetrabilidad* de la materia primordial, en la homogeneidad absoluta de esta substancia (*Stoff*) en la que sólo subsisten las diferencias en la figura y en la absoluta indestructibilidad de la materia propia de estos átomos primigenios. Allí estaban los materiales para producir las diferentes materias específicas. Disponiéndose así, no sólo de una substancia (*Grundstoff*) invariable pero diversa por sus formas, que permitía explicar la invariabilidad de los géneros y de las especies; sino también explicar las múltiples acciones de la naturaleza mecánicamente por medio de las formas de estas partículas primigenias entrelazadas como máquinas (a las que sólo faltaban una fuerza venida de fuera). Ahora bien, la primera y principal afirmación de este sistema descansa sobre la pretendida necesidad de utilizar, para establecer la diferencia específica de la densidad de las materias, *espacios vacíos* que se distribuyeron en el interior de las materias y entre sus partículas, en la proporción que se juzgue necesaria; acaso tan grande, en lo referente a ciertos fenómenos, que la parte llena del volumen de la materia, aun de la más densa, deberá ser considerada *casi* como nula si se la compara con el espacio vacío. Sin embargo, para introducir una explicación dinámica (que se conforma bastante con la filosofía (ciencia) experimental y le es de gran provecho ya

que se orienta al descubrimiento de las fuerzas motrices y de sus leyes, propias de la materia, suprimiendo únicamente la arbitrariedad que supone admitir intervalos espaciales vacíos y corpúsculos primigenios con diversa figuración, ya que ambas cosas en modo alguno pueden ser descubiertas ni determinadas por ningún experimento); para una explicación dinámica, decimos, no es necesario forjar nuevas hipótesis, sino que es suficiente rechazar el postulado mecanicista, según el cual: *es imposible concebir una diferencia específica en la densidad de las materias sin introducir espacios vacíos*, indicando simplemente un modo de concebir que se pueda pensar sin contradicción. Pues, si el postulado sobre el que se funda la explicación puramente mecanicista es juzgado como un principio sin valor, en tal caso se entiende de por sí que no se pueda aceptar como hipótesis en la ciencia natural mientras quede una posibilidad que permita pensar la diferencia específica de las densidades *sin intervalos vacíos*. Esta necesidad descansa sobre el hecho de que las substancias materiales no llenan el espacio en razón de la impenetrabilidad absoluta de aquéllas (como sostienen los investigadores puramente mecanicistas), sino a causa de una fuerza repulsiva (expansiva), cuyo grado (de fuerza) puede ser distinto en distintas materias, supuesto que esta fuerza (expansiva) nada tiene que ver con la fuerza de atracción, que es conmensurada por la cantidad de materia; por lo mismo tal cantidad puede ser originariamente diferente según el grado (de expansividad) de las distintas materias, permaneciendo inalterable la fuerza de atracción y, consiguientemente, también (será distinto) el grado de expansión. De lo dicho se sigue que el *grado de expansión* de estas materias, permaneciendo idéntica la fuerza de atracción y, al contrario, la *cantidad* de materia bajo idéntico volumen, es decir, su densidad, puede admitir originariamente gran cantidad de *específicas* diferencias.

De esta forma no parece imposible encontrar una materia (como puede ser la representación del *éter*) que llenase enteramente su espacio sin dejar vacío alguno y, no obstante, con una cantidad de materia, bajo igual volumen, que sea, sin comparación posible, menor que todos los cuerpos que son susceptibles de ser sometidos a nuestra experiencia. La fuerza expansiva del *éter* debe ser considerada, si se la relaciona con su fuerza de atracción, como infinitamente mayor de lo que lo es en las demás materias conocidas por nosotros. Y esto es lo que nosotros únicamente aceptamos *porque ello puede ser pensado* como contrapartida a la otra hipótesis (la de los espacios vacíos), la cual disparatadamente pretende que tales cosas no pueden ser concebidas sin espacios vacíos. En efecto, situados fuera de esta teoría (dinámica), no se puede aventurar ley alguna, ni aquella de la fuerza atractiva ni de la repulsiva (expansiva), sobre presunciones *a priori*, sino que todas las leyes, incluida la de la atracción universal como fundamento de la gravitación, deberían inferirse de los meros datos que nos ofrece la experiencia. Menos aún se puede aventurar semejantes tentativas con respecto a las combinaciones químicas aportando otra vía que no sea aquella que debe buscarse por medio de la experimentación. En efecto, intuir las fuerzas primordiales *a priori* según su posibilidad, es algo que, en general,

se encuentra más allá del horizonte de nuestra razón; por el contrario, toda filosofía de la naturaleza (ciencia de la naturaleza) consiste en reducir la pluralidad de fuerzas dadas, y en apariencia diferentes, a un número menor de fuerzas y potencias (*Vermögen*), aptas para explicar los efectos de las primeras; pero esta reducción no puede extenderse más que hasta las fuerzas fundamentales, más allá de las cuales nuestra razón no puede trascender. Así pues, las investigaciones metafísicas, fuera de aquello que sirve de fundamento al concepto empírico de materia, sólo son útiles para proyectar, todo lo lejos que sea posible, la filosofía de la naturaleza (ciencia de la naturaleza) hacia la explicación de los principios dinámicos explicativos, puesto que sólo estos principios permiten esperar (obtener) principios determinantes y, consiguientemente, una verdadera sistematización racional de las explicaciones.

Esto es todo cuanto la Metafísica puede llevar a cabo para la construcción del concepto de materia y, con ello, para la aplicación de la matemática a la ciencia natural en lo que respecta a sus propiedades, por las cuales la materia llena un espacio en (un grado o) medida determinada, considerando tales propiedades dinámicamente y no como una invariable *posición* originaria (en el espacio), como vendría postulado por un tratamiento puro y simplemente matemático.

En conclusión, puede plantearse la conocida cuestión sobre la legitimidad del *espacio vacío* en el mundo. Su posibilidad ni siquiera admite ser discutida. Dado que el espacio viene exigido por todas las fuerzas de la materia, y puesto que éste contiene también las condiciones legales de la propagación de aquellas fuerzas, será enteramente necesario que la materia sea presupuesta con anterioridad a estas fuerzas. De este modo puede añadirse a la materia una fuerza atractiva por la cual ella restringe su ocupación a un lugar en el espacio que la circunda, a causa de la misma atracción (universal), sin que por ello lo llene. Este (espacio) puede ser *considerado* como vacío allí donde la materia *no actúa* en virtud de fuerzas expansivas (repulsivas), dejándolo, por consiguiente, sin llenar. Sólo cuando se toman como reales unos espacios vacíos, no existe conclusión alguna ni consecuencia que de ella se derive, ni hipótesis alguna que pueda autorizar su justificación. Pues la experiencia toda sólo nos permite conocer la (existencia) de espacios relativamente vacíos; los cuales pueden ser plenamente esclarecidos, sean cuales fueren los grados que la materia tiene como propiedad de llenar el espacio por una fuerza expansiva que aumenta y disminuye sin fin, sin necesidad alguna de espacios (absolutamente) vacíos.

### CAPÍTULO III

## PRIMEROS PRINCIPIOS METAFÍSICOS DE LA MECÁNICA

*DEFINICIÓN 1 (Ak., IV, 536, 5 ss.)*

La materia es lo móvil que, en tanto que móvil, dispone de fuerza motriz.

*OBSERVACIÓN (Ak., IV, 536, 9 ss.)*

Ésta es la tercera definición de una materia. El concepto puramente dinámico, también, podía considerar la materia en reposo. La fuerza motriz que era entonces examinada concernía únicamente al lleno de un cierto espacio, sin que la materia que lo llenaba debiera ser considerada en movimiento. La repulsión era, por tanto, una fuerza primitivamente motriz para *comunicar* un movimiento; por el contrario, en mecánica se considera la fuerza de una materia puesta en movimiento, con el objeto de *transmitir* movimiento a otra. Pero está claro que el móvil, por *el hecho de su movimiento*, no dispondría de ninguna fuerza motriz si no poseyera fuerzas primitivamente motrices, gracias a las que actúa en todos los lugares donde se encuentra antes de realizar, él mismo, movimiento alguno. Ninguna materia imprimiría ningún movimiento igual al suyo a otra que se encuentre *delante de ella* en su camino, oponiéndose a su movimiento en línea recta, si ambas no están sometidas a las leyes primordiales de la repulsión; y, en fin, ninguna materia podría, por su movimiento, obligar a otra a seguirla en línea recta (arrastrarla tras ella) si una y otra no poseyeran fuerzas atractivas. Todas las leyes mecánicas suponen, por tanto, las leyes dinámicas, y una materia, en tanto que en movimiento, sólo puede tener fuerza motriz gracias a su repulsión o su atracción. En su movimiento, ella actúa inmediatamente sobre estas fuerzas y junto a ellas, comunicando así su propio movimiento a otra materia. Se me excusará si de aquí en adelante no hago mención de la comunicación del movimiento por atracción (por ejemplo, si un cometa de mayor poder de atracción que la Tierra, pasando delante de ella, la arrastrara tras él), limitándome a hablar sólo de la mediación de fuerzas repulsivas; por presión (como por medio de resortes tensados) o por choque, ya que, por otra parte, la aplicación de las leyes de unas a las de otras sólo difiere en la consideración de la línea de dirección, siendo, para el resto, idénticas en ambos casos.

*DEFINICIÓN 2 (Ak., IV, 537, 11 ss.)*

La *cantidad de materia* es el número de móviles en un espacio determinado. Esta cantidad, en la medida en que todas sus partes son consideradas en su movimiento como actuando (motrices) al mismo tiempo, se denomina *la masa* y se dice que una materia *actúa en masa* cuando todas sus partes, movidas en una misma dirección, ejercen al mismo tiempo fuera de ellas su fuerza motriz. Una masa de forma determinada se denomina un cuerpo (en el sentido mecánico). La cantidad del movimiento (valorado mecánicamente) es aquella que se evalúa a la vez por la cantidad y la velocidad de la materia en movimiento; desde el punto de vista *foronómico* sólo consiste en el grado de velocidad.

**TEOREMA 1** (*Ak.*, IV, 537, 24 ss.)

La cantidad de materia, comparada con cualquier otra, únicamente se puede evaluar por medio de la cantidad de movimiento a una velocidad dada.

**DEMOSTRACIÓN** (*Ak.*, IV, 537, 27 ss.)

La materia es divisible hasta el infinito; por tanto, la cantidad de materia no puede ser inmediatamente determinada por el número de sus partes, ya que si esto se produjera, aun cuando se comparase la materia dada con otra materia de la misma especie en cuyo caso la cantidad de materia es proporcional al tamaño del volumen, sería contrario, sin embargo, a lo que observa el teorema, a saber, que sea evaluada por comparación con cualquier cantidad (incluso específicamente diferente). Así, la materia no puede ser evaluada de *forma válida* ni inmediatamente, ni medianamente, por comparación con cualquier otra, mientras se haga abstracción de su propio movimiento. En consecuencia, no queda otra medida universalmente válida de esta materia que la cantidad de su movimiento. En lo que concierne a la diferencia en el movimiento que depende de la diferente cantidad de materias sólo puede ser dado si se admite que la velocidad entre las materias comparadas es igual, por lo que, etc.

**COROLARIO** (*Ak.*, IV, 538, 13)

La cantidad de movimiento de los cuerpos es una función compuesta de la cantidad de su materia y de la de su velocidad, es decir, que es lo mismo que yo doble la cantidad de materia de un cuerpo mientras se conserve la velocidad, a que doble la velocidad conservando la misma masa, ya que el concepto preciso de una magnitud sólo es posible mediante la construcción de la cantidad. Ahora bien, esto no es, con relación al concepto de cantidad, más que la composición de elementos equivalentes; por tanto la construcción de la cantidad de un movimiento es la composición de muchos movimientos equivalentes. Ahora bien, según los teoremas foronómicos,

importa poco que atribuya a un móvil cierto grado de velocidad o a muchos móviles iguales todos los grados menores de velocidad que se obtienen dividiendo la velocidad dada por el número de móviles. De ahí resulta, en primer lugar, un concepto, en apariencia foronómico, de la cantidad de un movimiento que estaría compuesto de muchos movimientos de puntos móviles, exteriores unos a otros, reunidos, no obstante, en un todo. Entonces, si estos puntos son concebidos como una cosa que posee una fuerza motriz *gracias a su propio movimiento*, resulta de ello el concepto mecánico de la cantidad de movimiento. Pero en foronomía apenas se podía presentar un movimiento que estuviera compuesto de muchos otros, exteriores unos a otros, ya que el móvil, estando allí representado como privado de toda fuerza motriz, no ofrecía, a partir de su composición con móviles de su especie, ninguna diferencia en la magnitud del movimiento; magnitud que únicamente consiste en la velocidad. La cantidad de movimiento de un cuerpo se relaciona con la de otro como se relacionan entre sí las magnitudes de su acción tratándose, entiéndase bien, de la acción *total*. Quienes únicamente admiten como medida de esta acción el tamaño de un espacio lleno por la resistencia (por ejemplo, la altura a la que puede elevarse un cuerpo con cierta velocidad contra la acción del peso, o bien la profundidad a la que puede penetrar en las materias blandas) descubrieron otra ley de las fuerzas motrices para los movimientos reales, a saber, la ley de la relación compuesta entre las cantidades de materia y los cuadrados de sus velocidades; sólo que ellos pasaron por alto la magnitud de la acción en el tiempo dado, durante el cual el cuerpo recorre su espacio con una velocidad cada vez menor y, sin embargo, esta magnitud sólo puede constituir la medida de un movimiento finalizado en virtud de una resistencia, opuesta en igual medida, que es dada. No puede, entonces, haber ninguna diferencia entre las fuerzas vivas y las fuerzas muertas; si se consideran mecánicamente las fuerzas motrices, aquellas que poseen los cuerpos en tanto que son movidos, la velocidad de su movimiento puede ser finita o infinitamente pequeña (una simple tendencia al movimiento); sería mucho mejor llamar fuerzas muertas a las fuerzas mediante las cuales la materia —incluso haciendo abstracción de su movimiento propio y, también, de su tendencia a moverse— actúa sobre otras materias, o sea, a las fuerzas primitivamente motrices de la dinámica y, al contrario, fuerzas vivas a todas las fuerzas motrices mecánicamente, es decir, aquellas que lo son por su propio movimiento y despreciando en este caso la diferencia de velocidad cuyo grado fuera infinitamente pequeño. Así, estas denominaciones de fuerzas muertas y fuerzas vivas tendrían todavía derecho a ser conservadas.

#### OBSERVACIÓN (Ak., IV, 539, 29 ss.)

Para evitar extendernos, consideremos en una sola explicación el comentario de las tres proposiciones precedentes.

Que la cantidad de materia no puede ser concebida más que como el número de

móviles (exteriores unos a otros), tal y como lo expresa la definición anterior, es una proposición importante y fundamental de la mecánica general. Nos dice, en efecto, por qué la materia no tiene otra magnitud que la que consiste en la *cantidad de lo diverso* (es decir, número de móviles), cuyas partes son exteriores las unas a las otras, y por qué la materia no tiene, supuesta una misma velocidad, ningún grado de fuerza motriz independientemente de esta cantidad; de suerte que no puede ser considerada como una mera magnitud intensiva, como acontecería si la materia se compusiese de «nómadas» cuya realidad, en todos los respectos, debería tener un grado que podría ser mayor o menor sin que ello dependiera de la cantidad de partes exteriores, unas respecto de las otras. En lo que concierne al concepto de masa, en la misma definición, no se debe confundir, como sucede ordinariamente, con el concepto de cantidad; las materias líquidas pueden actuar en masa por su propio movimiento, pero también lo pueden hacer en su trayectoria. En aquello que se llama el martillo hidráulico, el agua actúa por choque masivo, es decir, con todas las partes a la vez; es también lo que sucede con el agua que, encerrada en un recipiente, presiona con todo su peso sobre el platillo de la balanza sobre la que se encuentra; por el contrario, el agua del arroyo de un molino no actúa en masa sobre la paleta de la rueda que es movida por debajo, es decir, con todas las partes que se precipitan sobre ella, sino que sólo actúan unas tras otras. Si, por tanto, es necesario determinar la cantidad de materia que se pone en movimiento con una cierta velocidad mediante la fuerza motriz, se deberá buscar en primer lugar su volumen de agua, es decir, la cantidad de materia que, actuando en masa con una determinada velocidad (su peso), puede producir su propio efecto. Esto es debido a que comúnmente se entiende por el término de masa la cantidad de materia de un cuerpo sólido. (El recipiente que contiene un líquido hace las veces de su solidez.) En fin, en lo que concierne al teorema, con el corolario anexo, se encuentra alguna cosa extraña, a saber, que, según el teorema, la cantidad de materia debe ser evaluada por la cantidad de movimiento a velocidad dada, pero, según el corolario, la cantidad de movimiento (de un cuerpo, ya que la de un punto sólo consiste en el grado de su velocidad) a la misma velocidad será evaluada por la cantidad de materia en movimiento —esto parece girar en un círculo vicioso y en manera alguna promete un determinado concepto, sea que consideremos el teorema o el corolario—. Sin embargo, este pretendido círculo lo sería efectivamente si fuera una derivación recíproca de dos conceptos idénticos. Ahora bien, contiene, por una parte, la definición de un concepto y, por otra, su aplicación a la experiencia. La cantidad del elemento móvil en el espacio es la cantidad de materia, pero esta cantidad de materia (la cantidad del móvil) sólo se demuestra en la experiencia por la cantidad de movimiento a igual velocidad (por el equilibrio por ejemplo).

Es necesario señalar también que la cantidad de materia es la *cantidad de substancia* en el móvil y no es, en consecuencia la magnitud de una cierta cualidad de esta sustancia (de la repulsión o de la atracción indicadas en la mecánica), y que la

*cantidad* de substancia no significa aquí otra cosa que la simple multiplicidad de móviles que constituyen la materia; ya que esta multiplicidad sólo puede ofrecer, a igual velocidad, una diferencia en la cantidad de movimiento. Pero, como la fuerza motriz de la que dispone una materia en *su propio* movimiento sólo muestra la cantidad de substancia, es esto lo que se apoya sobre el concepto de la substancia en tanto que *sujeto último* (que no es predicado de ningún otro) en el espacio; y, por tal razón, este sujeto no puede tener otra magnitud que la cantidad de partes homogéneas exteriores unas a otras. Ahora bien, como el *movimiento propio* de la materia es un predicado que determina su sujeto (el móvil) e indica en una materia, en tanto que cantidad móvil, la pluralidad de sujetos en movimiento (a velocidades iguales de igual naturaleza); esto no es el caso de las propiedades dinámicas, cuya magnitud también puede ser la de la acción de un único sujeto (ya que, por ejemplo, una molécula de aire puede tener más o menos elasticidad); es evidente, por ello, que la cantidad de substancia en una materia debe ser evaluada mecánicamente, es decir, por medio de la cantidad de su movimiento propio y no dinámicamente, por medio de la magnitud de fuerzas motrices primordiales. Sin embargo, la *atracción primordial* en tanto que causa de la gravitación universal también puede proveer una medida de la cantidad de materia y de substancia (como realmente sucede mediante la comparación de materias por el peso), aunque en este caso parece tomarse como fundamento no el movimiento propio de la materia atractiva, sino una medida dinámica, a saber, la fuerza de atracción. No obstante, ya que, junto a esta fuerza, una materia actúa inmediatamente con todas sus partes sobre todas las de otra materia, cuya acción es así (a iguales distancias) evidentemente proporcional al número de partes, de esta manera el cuerpo atractivo se atribuye a sí mismo una velocidad de movimiento propia (a causa de la resistencia del cuerpo atraído) que, en iguales circunstancias exteriores, es proporcional exactamente al número de sus partes: es cierto que la evaluación tiene aquí lugar, en realidad, mecánicamente, aunque indirectamente.

*TEOREMA 2 (Ak., IV, 541, 27 ss.)*

*Primera ley de la mecánica:* En todas las modificaciones de la materia corporal permanece constante la cantidad de materia en el conjunto, sin que aumente o disminuya.

*DEMOSTRACIÓN (Ak., IV, 541, 31 ss.)*

(Se sigue en la metafísica general este principio como fundamento: que en todas las modificaciones de la naturaleza ninguna substancia se crea ni se destruye; se contenta aquí con exponer lo que en la materia es la substancia.) En toda materia el

elemento móvil en el espacio es el último sujeto de todos los accidentes inherentes a la materia, y la cantidad de estos móviles, exteriores unos a otros, es la cantidad de la substancia. Así, la magnitud de la materia, bajo la relación de la substancia, no es otra cosa que la cantidad de substancias de las que se compone; en consecuencia, la cantidad de materia no puede aumentar o disminuir más que si una nueva substancia de la materia se produce o se pierde. Ahora bien, en todas las transformaciones de la materia la substancia no se crea ni se pierde; por tanto, no es así que la cantidad de materia aumente o disminuya, sino que permanece, en conjunto, seguramente siempre la misma; es decir, que ella se perpetúa en el universo en la misma cantidad, aunque tal o cual materia pueda aumentar o disminuir por la adición o separación de partes.

#### OBSERVACIÓN (Ak., IV, 542, 11 ss.)

El punto esencial que, en esta demostración, caracteriza la *substancia*, que sólo es posible en el espacio y conformándose a sus condiciones, por tanto, como objeto de los sentidos externos únicamente, es que su tamaño no puede ser aumentado o disminuido sin que se cree o se pierda substancia, ya que toda magnitud de un objeto solamente posible en el espacio debe estar formado de partes exteriores unas a otras; ahora bien, éstas, para ser reales (móviles), deben, necesariamente, ser substancias. Por el contrario, aquello que es considerado como objeto de los sentidos internos puede tener como substancia una magnitud que no se compone de *partes exteriores unas a otras*; las partes no son substancias cuyo nacimiento o desaparición pueda ser el nacimiento o desaparición de una substancia; su aumento o disminución es, por tanto, posible sin atender al principio de la permanencia de la substancia. Así, la *consciencia* y, por tanto, la claridad de representaciones de mi alma y, en consecuencia, también la facultad de la consciencia que es la apercepción, así como la substancia misma del alma, tienen un grado que puede devenir mayor o menor, sin que una substancia cualquiera pueda, por esto, nacer o desaparecer. Pero, como una disminución gradual de esta facultad de apercepción finalizaría por acarrear su total desaparición, la substancia misma del alma estaría sometida a un aniquilamiento gradual, siendo en sí misma simple por naturaleza, porque esta desaparición de la fuerza fundamental se produciría no por división (separándose la substancia de un compuesto), sino, en cualquier caso, por extinción, y esto no en un momento, sino de un relajamiento sucesivo de su grado sea cual sea, por otra parte, la causa. El Yo, correlativo general de la apercepción y siendo en sí un mero pensamiento, designa, como un simple pronombre, cualquier cosa de significación indeterminada, a saber, el sujeto de todos los predicados sin cualquier condición, distinguiéndose esta representación del sujeto de la representación de cualquier cosa en general; así es una substancia de la naturaleza de la cual este término no nos da ninguna idea. Al contrario, el concepto de una materia como substancia es el concepto de un móvil en el espacio. No es, pues, sorprendente que se pueda demostrar para la materia la

permanencia de la substancia y no para el yo, porque del *concepto* mismo de la materia, a saber, que ella es el elemento móvil solamente posible en el espacio, resulta que lo que en ella hay de magnitud contiene una pluralidad de realidades exteriores unas a otras, por consiguiente, de sustancias y que, por tanto, la cantidad sólo puede ser disminuida por división, que no es una desaparición, lo que, por otra parte, sería imposible según la ley de la continuidad. Al contrario, el pensamiento del Yo *no es un concepto*, sino únicamente, una percepción interna, y no puede deducirse nada (a no ser la completa diferencia que existe entre un objeto del sentido interno y lo que es simplemente concebido como objeto de los sentidos externos) ni, en consecuencia, la permanencia del alma como substancia.

*TEOREMA 3 (Ak., IV, 543, 15 ss.)*

*Segunda ley de la mecánica:* Todo cambio en la materia tiene una causa externa (todo cuerpo persevera en su estado de reposo o movimiento, conservando la misma dirección y la misma velocidad cuando una causa externa no le obligue a abandonar este estado).

*DEMOSTRACIÓN (Ak., IV, 543, 21 ss.)*

(Se sigue de la metafísica general, como fundamento, la proposición de que todo cambio tiene una *causa*; se demostrará aquí, para el sujeto de la materia solamente, que todo cambio en ella siempre debe tener una causa externa.) La materia, como simple objeto de los sentidos externos, no tiene más determinaciones que las relaciones exteriores en el espacio, y el movimiento sólo le hace sufrir modificaciones. Para éstas, pues, cuando se trata de un cambio de un movimiento en otro, o de un movimiento en reposo o a la inversa, se puede encontrar una causa (según los principios de la metafísica). Ahora bien, esta causa no puede ser interna, ya que la materia no tiene determinaciones, ni fundamentos de determinación interna. Por tanto, toda determinación de la materia se funda sobre una causa externa (es decir, que un cuerpo perseverará, etc.).

*OBSERVACIÓN (Ak., IV, 544, 1 ss.)*

Esta ley mecánica sólo debe ser denominada *ley de inercia (lex inertiae)*; la ley de la reacción igual que se opone a toda acción no puede llevar este nombre ya que ésta afirma lo que la materia hace, mientras que aquélla solamente lo que no hace, lo cual conviene mejor al término de inercia. La inercia de la materia no es ni significa nada más que la *ausencia de vida* de la materia en sí. La vida es el poder que tiene una substancia de determinarse a actuar en virtud de un *principio interno*; una substancia

finita es capaz de determinarse a sí misma en el cambio, y una substancia material es capaz de determinarse en el movimiento o el reposo en tanto que modifica su estado. Ahora bien, no conocemos en una substancia ningún otro principio interior para determinarla a cambiar su condición, que el *deseo* y, de una manera general, ninguna otra actividad interior que el *pensamiento* con aquello de lo que depende, el *sentimiento* de placer y dolor, el apetito o la voluntad. Sin embargo, estos principios de determinación y estas acciones no forman parte de las representaciones de los sentidos externos ni, en consecuencia, de determinaciones de la materia como tal. Ahora bien, toda materia en cuanto tal es carente de vida. Esto es lo que expresa el principio de inercia, y nada más que esto. Si buscamos la causa de un cambio cualquiera de la materia del ser vivo, debemos, inmediatamente, buscarla en otra substancia diferente de la materia, aunque unida a ella. Pero en el hecho de la ciencia de la naturaleza es necesario conocer ante todo las leyes de la materia como tal y de purificarlas de la intervención de todas las demás causas eficientes antes de unirlas a ella, a fin de distinguir exactamente cuál es la acción de cada una en particular y cómo actúa. Descansa totalmente sobre la ley de la inercia (que aquí comprende la persistencia de la substancia) la posibilidad de una ciencia, propiamente dicha, de la naturaleza. El hilozoísmo sería lo contrario de esta ley y, por tanto, la muerte de toda la filosofía de la naturaleza. De este mismo principio de inercia, en tanto que simple ausencia de vida, deriva naturalmente que ésta no significa un *esfuerzo positivo* para mantener su estado. En esta última acepción solamente los seres vivientes están cualificados como ávidos porque ellos se representan otro estado al que tienen horror y contra el cual aplican toda su fuerza.

#### TEOREMA 4 (Ak., IV, 544, 31 ss.)

*Tercera ley mecánica:* En toda comunicación de movimiento la acción es siempre igual a la reacción.

#### DEMOSTRACIÓN (Ak., IV, 544, 34 ss.)

Es necesario tomar de la metafísica general la proposición según la cual toda acción exterior en el mundo exige una acción *opuesta*. Bastará aquí con mostrar, para permanecer en los límites de la mecánica, que esta acción opuesta (*actio mutua*) es, al mismo tiempo, reacción (*reactio*); sin embargo, no puedo, bajo pena de dejar la investigación incompleta, dejar totalmente de lado la ley metafísica de la comunidad. Todas las relaciones *activas* de la materia en el *espacio* y todas las modificaciones de estas relaciones, en la medida en que pueden ser las *causas* de ciertos efectos, deben representarse siempre como recíprocas; es decir, como toda modificación de estas relaciones es movimiento, no se puede concebir ningún movimiento de un cuerpo con

relación a un cuerpo *absolutamente en reposo* que deba, así, ser puesto en movimiento; al contrario, es necesario representarse ese cuerpo como relativamente inmóvil solamente con respecto al espacio (relativo) en el que se encuentra, pero en movimiento, junto con este espacio, en el espacio absoluto y con una dirección opuesta, aunque con la misma cantidad de movimiento que la que tiene el cuerpo movido en el mismo espacio. Como la modificación de la relación (es decir, el movimiento) es, entre todos ellos, un hecho recíproco; en la medida en que uno de los cuerpos se aproxime a cada parte del otro, el otro se aproxima a cada parte del primero y, como lo que aquí importa no es el espacio empírico que rodea ambos cuerpos, sino simplemente la línea que se encuentra entre ellos (ya que estos dos cuerpos son considerados en relación recíproca únicamente según la influencia que el movimiento de uno puede tener sobre el cambio de estado del otro, abstracción hecha de toda relación en el espacio empírico), su movimiento sólo es considerado como determinable en el espacio absoluto, en el cual cada uno de los dos cuerpos debe participar por igual en el movimiento que se atribuye a cualquiera de ellos en el espacio relativo, ya que no existe razón alguna para atribuirlo a uno más que al otro. De esta manera se dirige en el espacio absoluto el movimiento de un cuerpo *A* hacia otro *B* en reposo, respecto al cual puede ser, por tanto, motor; es decir, que ese movimiento es considerado como las relaciones de causas eficientes que se derivan unas de otras; como ambos cuerpos participan igualmente en el movimiento que, en el fenómeno, es atribuido únicamente al cuerpo *A*, lo que sólo puede producirse, por otra parte, si la velocidad atribuida solamente al cuerpo *A* en el espacio relativo se encuentra atribuida a *A* y a *B* en razón inversa de las masas, en *A* solamente la suya propia en el espacio absoluto, en *B*, también, *sólo en el espacio relativo* en el que mantiene una velocidad en sentido contrario; de esta manera se conserva perfectamente el mismo fenómeno del movimiento, pero la acción en comunidad de ambos cuerpos es construida como sigue:

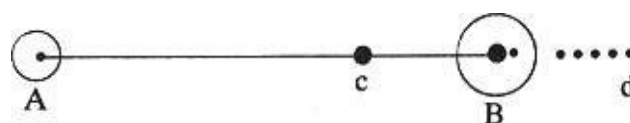


Figura 5.

Sea un cuerpo *A* que, dotado de una velocidad *AB* con relación al espacio relativo, se dirige hacia el cuerpo *B* en reposo relativo en este espacio. Dividamos en dos partes la velocidad *AB*, sean *Ac* y *Be* que se comportan inversamente, una respecto a otra, a las masas *B* y *A*: supongamos *A* en el espacio absoluto con una velocidad *A*, pero *B* con el *espacio relativo* en un movimiento de dirección opuesta a la velocidad, *Be*; ambos movimientos son opuestos unos a otros, e iguales, y, como se anulan recíprocamente, ambos cuerpos se mantienen en reposo, uno respecto al otro, en el espacio absoluto. Sin embargo, *B*, con la velocidad *Be*, tenía la dirección *BA*, opuesta exactamente a la del cuerpo *A*, es decir, *AB*, y se dirigía hacia allí *con el espacio*

*relativo*. Si, entonces, el movimiento del cuerpo  $B$  es destruido por el choque, el movimiento del espacio relativo no es destruido por éste. Así, con relación a los dos cuerpos  $A$  y  $B$  (en adelante, en reposo en el espacio absoluto) el *espacio relativo* se mueve, tras el choque, en la dirección  $BA$  con la velocidad  $Be$ , o, lo que es idéntico, ambos cuerpos se mueven tras el choque con una velocidad igual,  $Bd = Be$ , en la dirección  $AB$  del choque. Ahora bien, tras lo anterior, la cantidad de movimiento del cuerpo  $B$  en la dirección y a la velocidad  $Be$ , en consecuencia, también la cantidad de movimiento en la dirección  $Bd$ , a la misma velocidad, es igual a la cantidad de movimiento del cuerpo  $A$  a la velocidad y en la dirección  $Ac$ ; por tanto, el efecto, es decir, el movimiento  $Bd$  imprimido al cuerpo  $B$  por el choque en el espacio relativo, por tanto también la acción del cuerpo  $A$  a la velocidad  $Ac$ , siempre son iguales a la reacción  $Be$ . Ahora bien, ya que la misma ley (como enseña la mecánica matemática) no sufre modificaciones cuando se admite, en lugar del choque contra un cuerpo en reposo, un choque del mismo cuerpo contra un cuerpo, igualmente en movimiento y que, incluso, la comunicación del movimiento por el choque sólo difiere del movimiento debido a la *atracción* en la dirección según la cual las materias resisten unas a otras en sus movimientos, se sigue que, en toda *comunicación de movimiento*, la acción y la reacción son siempre iguales (que todo choque sólo puede comunicar el movimiento de un cuerpo a otro por medio de un contragolpe, igual toda presión por medio de otra contrapresión igual y, del mismo modo, una atracción por medio de otra atracción igual en sentido contrario)<sup>[5]</sup>.

#### COROLARIO 1 (*Ak.*, IV, 548, 1 ss.)

Resulta de ello, para la mecánica general, una naturaleza que tiene su importancia, a saber, que todo cuerpo, por grande que sea su masa, debe ser susceptible de movimiento a consecuencia del choque contra cualquier otro cuerpo por débil que sea la masa o la velocidad; ya que al movimiento de  $A$  en la dirección  $AB$  corresponde necesariamente un movimiento opuesto e igual al de  $B$  en la dirección  $BA$ . Estos dos movimientos se anulan uno a otro en el espacio absoluto a consecuencia del choque. Pero ambos cuerpos adquieren una velocidad  $Bd = Bc$  en la dirección del cuerpo que golpea; en consecuencia, el cuerpo  $B$  puede ser puesto en movimiento por cualquier fuerza de choque por pequeña que sea.

#### COROLARIO 2 (*Ak.*, IV, 548, 13 ss.)

Tenemos, por tanto, aquí la *ley mecánica* de la igualdad de la acción y la reacción, que descansa en que *ninguna* comunicación de movimiento se produciría a menos de suponer una *comunidad* de tales movimientos; por tanto, en que ningún cuerpo repele a otro que sea *inmóvil con relación a aquél*; pero, si éste estuviera inmóvil en el

espacio, sólo recibiría el choque en tanto que se mueva con todo su espacio en la misma medida pero en sentido contrario, y este movimiento junto a aquel que proviene del primer cuerpo, produce la cantidad de movimiento que debemos atribuir al primero en el espacio absoluto. Ya que ningún *movimiento*, que deba ser *motor* con respecto a otro cuerpo, no puede ser *absoluto*, sino que es relativo con respecto a este último, pues no hay relación alguna en el espacio que sea recíproca e igual. Sin embargo, existe todavía otra ley, la *dinámica* de la igualdad de la acción y la reacción de las materias, no en tanto que una comunique a otra su movimiento, sino en tanto que una lo confiere originariamente a la otra y, por causa de su mutua resistencia, producen, al mismo tiempo, la igualdad de la acción y la reacción. Es fácil demostrar esta ley de manera parecida; ya que, cuando la materia *A* atrae a la materia *B*, la obliga a *aproximarse* a ella o, lo que es lo mismo, la otra resiste a la fuerza por la cual ésta intenta *alejarse*. Ahora bien, como es indiferente que *B* se aleje de *A*, o *A* de *B*, esta resistencia es, también, una resistencia que el cuerpo *B* ejerce sobre el *A* en la medida en que *A* se esforzara por alejarse de él; por tanto, la atracción es igual a la atracción contraria. Igual sucede si *A* rechaza la materia *B*, *A* resiste a la aproximación de *B*. Ahora bien, como es indiferente que *B* se aproxime a *A* o *A* a *B*, *B* también resiste a aproximarse en la misma medida a la aproximación de *A*; se sigue que presión y contrapresión son siempre iguales.

#### OBSERVACIÓN 1 (Ak., IV, 549, 5 ss.)

Ésta es, pues, la construcción de la comunicación del movimiento que conlleva la ley concerniente a la igualdad de acción y reacción como su condición necesaria; ley que NEWTON no se arriesgó a demostrarla *a priori*, ya que él lo hacía apelando a la *experiencia*. Otros, para cumplir esta ley, introdujeron en la ciencia de la naturaleza una fuerza especial de la materia bajo el nombre, dado en primer lugar por KEPLER, de *fuerza de inercia* (*vis inertiae*), extrayéndola también, en el fondo, de la experiencia; otros en fin, la han colocado en la noción de una simple comunicación de movimiento que apreciarían como el paso gradual del movimiento de uno de los cuerpos en el otro; en este caso, el motor debía perder tanto movimiento como comunicaba al cuerpo móvil hasta que cese de imprimirle más (es decir, hasta que hubiera logrado con él una igualdad de velocidad en la misma dirección)<sup>[6]</sup>.

De esta manera suprimían toda reacción, es decir, suprimían toda capacidad (fuerza) de reacción del cuerpo que padece el choque con respecto al que lo efectúa (tal sería la capacidad, por ejemplo, de tensar un resorte) y, además de que no demostraban el sentido que se daba en realidad a dicha ley, no explicaban en absoluto la *posibilidad* de la comunicación del movimiento, ya que el término de traspaso del movimiento de un cuerpo a otro no explica nada; y, si no se quiere comprender esto literalmente (contrariamente al principio *accidentia no migrant e substantiis in*

*substantias*) como si un movimiento fuera vertido de un cuerpo en otro, como el agua de un vaso en otro, el problema consiste aquí precisamente en mostrar cómo puede hacerse comprensible esta posibilidad cuya explicación se apoya directamente sobre el mismo fundamento, de donde deriva la ley de la igualdad de la acción y la reacción. No se comprende cómo el movimiento de un cuerpo *A* puede unirse necesariamente al movimiento de un cuerpo *B* a menos de admitir, para ambos cuerpos, fuerzas que se posean (dinámicamente) antes de todo movimiento, por ejemplo la repulsión, y poderse demostrar que el movimiento del cuerpo *A* aproximándose a *B* está ligado, con absoluta necesidad, a la aproximación de *B* hacia *A* y, si *B* es considerado como inmóvil, al movimiento de *A* hacia *B* *con su espacio móvil*; ello no es posible sin que los cuerpos con sus fuerzas motrices (primordiales) sean considerados en movimiento, el uno con respecto al otro. Esta última indicación puede ser comprendida totalmente *a priori* debido a que, sea que el cuerpo *B* esté inmóvil o bien en movimiento con relación al espacio empíricamente cognoscible, él, no obstante, con relación al cuerpo *A*, debe ser considerado necesariamente como estando en movimiento y en dirección contrapuesta, sin lo cual no podrían ejercer su influencia sobre la fuerza repulsiva de uno sobre el otro y, sin esta influencia, ninguna acción mecánica de las materias, de una sobre otra, es decir, ninguna comunicación del movimiento, sería posible por causa del choque.

#### OBSERVACIÓN 2 (*Ak.*, IV, 550, 26 ss.)

La denominación *fuerza de inercia* (*vis inertiae*) debe, pues, a pesar del célebre nombre de su autor, ser totalmente eliminada de la ciencia de la naturaleza, no solamente porque contiene una contradicción en la expresión misma, o porque la ley de la inercia (de lo carente de vida) podría, por esta denominación de fuerza, ser fácilmente confundida con la ley de la reacción en toda comunicación de movimiento, sino también porque así la falsa concepción de aquellos que no están muy al corriente de las leyes mecánicas es conservada y reforzada; concepción según la cual la reacción de los cuerpos, cuya noción está bajo el nombre de *fuerza de inercia*, consistiría en aquello que consume, disminuye o destruye el movimiento del mundo, no efectuándose, en manera alguna, la comunicación; el cuerpo motor, en efecto, según éstos, debería consagrar una parte de su movimiento únicamente en superar la fuerza de la inercia del cuerpo en reposo (lo que sería una pura pérdida) y sólo podría poner en movimiento a este último cuerpo con la parte que resta; pero, si no le queda nada, su choque no podría moverlo en absoluto a causa de su gran masa. Nada puede resistir a un movimiento, a no ser el movimiento opuesto de otro cuerpo, pero de ninguna manera su inmovilidad. Por tanto, no es aquí la fuerza de la inercia de la materia, es decir, la simple incapacidad de moverse espontáneamente, la causa de una resistencia. Una fuerza peculiar y enteramente especial, destinada solamente a resistir sin poder poner un cuerpo en movimiento sería, bajo el nombre de fuerza de

inercia, un apelativo sin significación. Convendría, en adelante, denominar a las *tres leyes* de la mecánica de la manera siguiente: ley de la *substancia*, de la *inercia*, y de la *reacción de materias* (*lex substantiae, inertiae et antagonismi*) en todas sus modificaciones. Cómo estas leyes y, en consecuencia, todos los teoremas de la presente ciencia responden exactamente a las categorías de la *substancia*, de la *causalidad* y de la *comunidad*, no hay necesidad de un comentario más largo.

## EXPLICACIÓN GENERAL SOBRE LA MECÁNICA

La comunicación del movimiento sólo se produce por medio de fuerzas motrices inherentes a una misma materia en reposo (impenetrabilidad, atracción). El efecto de una fuerza motriz en un instante sobre el cuerpo es el *impulso*. La velocidad de este cuerpo producida por un impulso, en la medida en que puede ir aumentado en tiempos iguales, es el *instante de la aceleración* (instante que no debe tener más que una velocidad infinitamente pequeña, pues de lo contrario el cuerpo adquiriría una velocidad infinita en un tiempo finito, lo cual es imposible. Por otra parte, la posibilidad de la *aceleración* en general, descansa, debido al carácter continuo e instantáneo de la misma, en la ley de inercia). El impulso de la materia efectuado por una fuerza expansiva (por ejemplo, el de un volumen de aire comprimido por un peso) acontece siempre dentro de (los límites de) una velocidad finita; velocidad que, precisamente por ello, puede ser *comunicada a* (o *retirada de*) otro cuerpo, siempre que se la considere compuesta de partes infinitamente pequeñas; en efecto, aquí no se trata más que de una fuerza *superficial* o, lo que es lo mismo, del movimiento de un *quantum* de materia, ínfimamente pequeño, que debe equivaler a una velocidad igual para que el movimiento de un cuerpo, dotado de una masa (finita) determinada, pueda equipararse a las (adiciones) de sus ínfimamente pequeñas velocidades (dando lugar a un peso). Por el contrario, la *atracción* es una fuerza (permanente y) penetrante y, en una fuerza de este tipo, el *quantum* finito de materia ejerce siempre una fuerza motriz sobre el *quantum*, igualmente finito, de cualquier otra. La impulsión atractiva debe ser infinitamente pequeña porque ella equivale a un instante de la aceleración (que debe ser siempre infinitamente pequeño). Éste no es el caso de la repulsión, en la cual una parte infinitamente pequeña de la materia deber forzar a otra en un momento determinado (*einem entlichen ein Moment*). No es posible pensar en atracción alguna dotada de velocidad finita sin que la materia, por causa de su propia fuerza de atracción, se penetrase a sí misma. Porque la velocidad atractiva (la atracción) que ejerce un *quantum* finito, de materia, sobre otro también finito y con una velocidad también finita, debe ser superior en todos los puntos que comprime (de la compresión) a cualquier otra velocidad finita, en virtud de la cual la materia, debido su impenetrabilidad, reacciona (oponiéndosele) únicamente con una parte

infinitamente pequeña de su cantidad. Si la atracción fuera únicamente una fuerza superficial, como se piensa de la cohesión, en tal caso se seguiría lo contrario. Pero resulta imposible pensar así, si afirmamos que existe una verdadera atracción y no una simple compresión exterior.

Un cuerpo absolutamente duro sería un cuerpo cuyas partes se atraerían recíprocamente tan fuertemente que no podrían ser separadas por ningún peso, ni ser modificadas en su *posición* respectiva. Pero comoquiera que las partes de la materia de un cuerpo de esta naturaleza deberían atraerse con un inicial impulso acelerativo que, con respecto a tal aceleración, sería infinito, pero que, con respecto a la masa (concreta y determinada), en cuanto puesta en movimiento, sería finito, de ello se seguiría que la impenetrabilidad, en cuanto fuerza expansiva, al oponérsele sólo una resistencia dotada de un mero *quantum* infinitamente pequeño de materia (los correspondientes a la *masa*), debería producirse con una velocidad (expansiva) superior a toda aceleración. Es decir, que la materia tendería a extenderse con velocidad infinita, lo cual es imposible. Así pues, un cuerpo absolutamente duro, es decir, un cuerpo que, *en un único instante*, opusiese al choque de un cuerpo, que se mueve a una velocidad finita, una resistencia igual a la fuerza total de este último, un cuerpo tal, absolutamente duro, es un imposible. Por consiguiente, una materia, en razón de su impenetrabilidad o de su cohesión, opone únicamente a la fuerza de un cuerpo en movimiento finito, y en un instante *mínimo*, una resistencia infinitamente pequeña. De lo cual resulta la ley mecánica de la continuidad (*lex continui mechanica*), a saber: en ningún cuerpo acontece que su estado de movimiento o reposo, y, con respecto a éste, de su velocidad o de su dirección, sea por un choque alterado en *un instante* (*Augenblicke*), sino que ello sucede sólo en un determinado tiempo que permite determinar una serie infinita de estados intermedios cuyas mutuas diferencias pueden ser siempre menores de lo que lo son las que anteceden y las que siguen. Un cuerpo en movimiento que encuentra una materia no se inmoviliza de golpe a consecuencia de la resistencia que aquélla le opone, sino, únicamente, en virtud de un proceso de ralentización continua. E, igualmente, aquel (cuerpo) que se encontraba en reposo es puesto en movimiento únicamente como consecuencia de una continua aceleración, o bien pasando gradualmente de una velocidad a otra, según la regla antedicha. De modo análogo, la dirección de su movimiento no se transforma en otra, formando un ángulo con la primera, sin pasar por todas las direcciones intermedias posibles, siguiendo el movimiento en línea curva. Esta misma ley, por una razón análoga puede extenderse también al cambio en el estado de un cuerpo afectado por la atracción. Esta ley del continuo se fundamenta en la ley de la inercia de la materia, mientras que, por el contrario, la ley *metafísica* de la constancia deberá extenderse a todos los cambios en general (tanto externos como internos) y, consiguientemente, se fundaría en el *concepto de cambio en general* como magnitud y de su producción (lo cual necesariamente se sucede en un tiempo continuo determinado, como le acontece al tiempo mismo). Éste no es el lugar de

nuestra actual tarea.

## CAPÍTULO IV

# PRIMEROS PRINCIPIOS METAFÍSICOS DE LA FENOMENOLOGÍA

*DEFINICIÓN (Ak., IV, 554 ss.)*

La materia es aquello que es móvil en la medida en que, como tal, puede ser objeto de experiencia.

*OBSERVACIÓN (Ak., IV, 554, 8 ss.)*

El movimiento, como todo lo que se representa por los sentidos, es dado únicamente como fenómeno. Con objeto de que la representación devenga una experiencia, es preciso, además, que alguna cosa *sea pensada* por el entendimiento, es decir, que al modo como la representación es inherente al sujeto (fenómeno) se añada la determinación de un objeto, por causa de la misma representación. El móvil como tal deviene así objeto de experiencia, cuando un cierto objeto (en este caso una cosa, *Ding*, material) *es pensado* como determinado por su relación con el predicado del movimiento. Ahora bien, el movimiento es el cambio de relación (de un objeto) en el espacio empírico. Siempre es preciso, pues, encontrar dos términos correlativos (objeto y espacio empírico). El cambio en el fenómeno se puede atribuir, bien sea, en primer lugar, a un objeto como a otro (p. ej., a un espacio empírico), pudiéndose decir de cualquiera de los dos que está en movimiento indistintamente; o bien, en segundo lugar, el uno debe ser considerado en la experiencia como estando en movimiento, con la exclusión del otro; o, en tercer lugar, ambos deben ser representados de modo necesario como moviéndose simultáneamente. El *fenómeno*, que no contiene más que la relación inherente al movimiento (por lo que concierne a su cambio), carece de las determinaciones antedichas; pero si el móvil *como tal* debe, en lo que concierne a su movimiento, ser ulteriormente determinado, es decir, en cuanto se refiere a una posible experiencia del mismo, en tal caso es necesario mostrar las condiciones bajo las cuales el objeto (*Gegenstand*, la materia) debe ser determinado *de un modo* o *de otro* por el predicado del movimiento. Aquí no se trata de la transformación de una *apariencia* en *realidad*, sino del *fenómeno* en *experiencia*; porque, cuando se trata de apariencia, el entendimiento con sus juicios determinantes sobre objetos (*Gegenstände*) es puesto en juego, estando siempre en el peligro de asumir lo subjetivo como si fuese objetivo. Sin embargo, en el fenómeno (por ser pura representación) no es posible encontrar en absoluto juicio alguno del entendimiento; lo cual es necesario destacar no solamente aquí, sino también en toda la filosofía,

porque, cuando se trata de los fenómenos y se entiende esta expresión como idéntica a la *apariencia*, se está en una mala comprensión del tema.

#### TEOREMA 1 (Ak., IV, 555, 14 ss.)

El movimiento rectilíneo de una materia con respecto al espacio empírico *es, en cuanto distinto* del movimiento del espacio que se le opone, un predicado solamente *posible*. La misma cosa, en cuanto es concebida sin relación alguna con una materia exterior a ella, es decir, como movimiento absoluto, es imposible.

#### DEMOSTRACIÓN (Ak., IV, 555, 14 ss.)

Saber si un cuerpo *está en movimiento* en un espacio relativo, en tanto que éste permanece inmóvil o, a la inversa, si este espacio relativo moviéndose con una velocidad igual (a la de aquél) pero en sentido contrario, deba decirse del cuerpo que *está en reposo*, constituye un problema que no se refiere a aquello que afecta al objeto (*Gegenstand*), sino únicamente a la relación de éste con el sujeto y, por consiguiente, al *fenómeno* y no a la *experiencia*. Porque, si el espectador se coloca en el mismo espacio (empírico) permaneciendo inmóvil, el cuerpo estará, para él, en movimiento; pero, si se coloca él (al menos con el pensamiento) en un espacio exterior, que envuelve al precedente, y con respecto al cual el cuerpo está en reposo, en tal caso el espacio envuelto, el espacio relativo, estará en movimiento para él. Por consiguiente, en la experiencia (es decir, cuando se trata del conocimiento que da al objeto una determinación, válida para todos los fenómenos) no existe diferencia alguna entre el *movimiento* del cuerpo en el espacio relativo o la *quietud* de éste, siempre que, suponiéndosele inmóvil respecto a un espacio absoluto, se le considere en un espacio relativo dotado de movimiento igual y contrario. Ahora bien, la representación de un objeto (*Gegenstand*) por uno de los dos predicados que tienen el mismo valor con respecto al objeto y que no se distinguen uno del otro más que con respecto al sujeto y a su modo de representar, no es una determinación según un juicio *disyuntivo*, sino únicamente la elección según un juicio *alternativo* (pues, en el primer caso de estos juicios, se afirma, ante dos predicados *objetivamente* opuestos, uno con la exclusión de su contrario; mientras que en el segundo caso se acepta, de entre dos predicados objetivamente equivalentes, por cierto, pero subjetivamente opuestos, uno de ellos, pero sin excluir del objeto (*Gegenstand*) el predicado contrario, en orden a su determinación, es decir, se trata de una simple elección)<sup>[7]</sup>. Ello quiere decir que el concepto del movimiento como objeto de experiencia deja de por sí indeterminado y, por consiguiente, objetivamente indiferente, si se representa un cuerpo en movimiento en un espacio relativo (empírico) o si este espacio debe representarse en movimiento con respecto a aquél (cuerpo). Ahora bien, aquello que

es en sí indeterminado con respecto a dos predicados que se oponen (sin excluirse), es, en cuanto sólo se oponen, únicamente *posible*. Por consiguiente, el movimiento rectilíneo de una materia en el espacio empírico, en cuanto se distingue de un movimiento igual del espacio en sentido opuesto, es solamente un predicado *posible* en la experiencia. Y esto es lo que concierne al primer punto del Teorema.

Comoquiera que además una relación, y con ella también un cambio de ésta, es decir, un movimiento, sólo puede ser objeto de experiencia en la medida en que los dos términos correlativos son objetos de experiencia; y, puesto que el espacio puro, llamado también espacio absoluto, en contraposición del espacio relativo (empírico), no es objeto (*Gegenstand*) alguno de experiencia, ni nada en general; de todo ello resulta que el movimiento rectilíneo (en un espacio absoluto) no tiene relación con nada empírico; lo que equivale a decir que el movimiento absoluto es enteramente imposible. Y esto se refiere al punto segundo del Teorema.

#### OBSERVACIÓN (Ak., IV, 556, 29 ss.)

Este Teorema determina la modalidad del movimiento con respecto a la Foronomía.

#### TEOREMA 2 (Ak., IV, 556, 29 ss.)

El movimiento circular de una materia, en contraposición al movimiento del espacio en sentido opuesto, es un predicado *real*; por el contrario, el movimiento opuesto de un espacio relativo puesto en lugar del movimiento del cuerpo, no es ningún movimiento real, sino que, si se le considera como tal, es una simple apariencia.

#### DEMOSTRACIÓN (Ak., IV, 557, 4 ss.)

El movimiento circular es (como todo movimiento curvilíneo) una modificación continua del movimiento rectilíneo, y como éste, con respecto al espacio exterior, es una modificación de aquellas modificaciones espaciales externas y, en consecuencia, una formación continua de nuevos movimientos. Ahora bien, como según la ley de la inercia un movimiento, *cuando se produce*, debe tener una causa exterior, puesto que el cuerpo se esfuerza de por sí, en todos y cada uno de los puntos de la circunferencia que describe (siguiendo la misma ley), en tomar la línea recta tangencial al círculo, movimiento al que se opone la causa externa; resulta de ello que cualquier cuerpo dotado de movimiento circular prueba por su movimiento que está dotado de fuerza motriz. Sin embargo, el movimiento del espacio, a diferencia del de los cuerpos, es puramente *foronómico* y *no posee fuerza motriz alguna*. Por consiguiente, el juicio

por el cual se enuncia que, en este caso, es el cuerpo o el espacio el que se mueve en dirección opuesta, es un juicio *disyuntivo*, en virtud del cual si un término es puesto, por ejemplo, el movimiento del cuerpo, el otro, a saber, el movimiento del espacio, queda excluido; consiguientemente, el movimiento circular de un cuerpo, a diferencia del movimiento del espacio, es un *movimiento real*. Así pues, el movimiento del espacio, aun cuando fenoménicamente concuerde con el anterior (del cuerpo), sin embargo, atendiendo al encadenamiento de todos los fenómenos, es decir, a la experiencia posible, lo contradice, no siendo más que simple apariencia.

#### OBSERVACIÓN (*Ak.*, IV, 557, 27 ss.)

Este Teorema determina la modalidad del movimiento con relación a la Dinámica; pues un movimiento que no puede tener lugar sin el influjo de una fuerza motriz exterior que actúa de manera continua, demuestra de modo mediano o inmediato la existencia de *fuerzas primordiales* en la materia, sean de atracción o de repulsión. Por lo demás, se puede consultar, a este respecto, el final de *scolion* de NEWTON referente a las definiciones que ha *colocado* al comienzo de sus *Principia Phil. Nat. Mat.*; a partir de las cuales pone él de manifiesto que el movimiento circular de dos cuerpos en torno a un centro común (y con ello también la rotación de la Tierra sobre su eje), incluso (suponiéndolo) en un espacio vacío, es decir, sin que medie ninguna comparación posible en la experiencia con un espacio exterior, en estos supuestos —se nos dice— el movimiento circular de dos cuerpos puede ser conocido por experiencia. En consecuencia, un movimiento que establece un cambio de las condiciones exteriores en el espacio puede ser dado empíricamente, aun cuando este espacio no haya sido dado como empírico, ni sea objeto de experiencia. Paradoja ésta que precisa de una solución.

#### TEOREMA 3 (*Ak.*, IV, 558, 7 ss.)

En todo movimiento de un cuerpo, por el cual ejerce él una acción motriz sobre otro, es necesario que se dé un movimiento igual y contrario a este último.

#### DEMOSTRACIÓN (*Ak.*, IV, 558, 11 ss.)

Según la tercera ley de la mecánica (Teorema 4), la comunicación del movimiento de los cuerpos sólo es posible por la comunidad de sus fuerzas motrices primordiales, y esta comunidad es sólo posible en virtud de un movimiento igual y opuesto de ambas partes. El movimiento de estos cuerpos es, por consiguiente, real. Pero como la realidad de este movimiento no se basa (como sucedía en el segundo Teorema) en el influjo de las fuerzas exteriores, sino que resulta del concepto de la relación del

cuerpo que se mueve en el espacio con respecto a cualquier otro que por ello es inmediata e inevitablemente móvil, por todo ello el movimiento de este último es *necesario*.

OBSERVACIÓN (Ak., IV, 558, 21 ss.)

Este Teorema determina la modalidad del movimiento por lo que concierne a la *mecánica*. Por lo demás, es patente a nuestros ojos que estos tres Teoremas, que determinan el movimiento de la materia en lo que respecta a su *posibilidad*, a su *realidad* y a su *necesidad*, remiten a las tres categorías de *modalidad*.

### OBSERVACIÓN GENERAL A LA FENOMENOLOGÍA

Se muestran aquí, pues, tres conceptos cuyo uso es inevitable en la *Ciencia de la naturaleza en general* y cuya definición exacta es, por esta razón, necesaria aun cuando no sea ni fácil ni cómodo precisarla; ésta contiene: el concepto de *movimiento en el espacio relativo* (móvil), además el concepto de *movimiento en el espacio absoluto* y, finalmente, el concepto del *movimiento relativo en general*, diferente del movimiento absoluto. Todos ellos tienen como fundamento el espacio absoluto, pero ¿cómo alcanzar este concepto tan peculiar y sobre qué se funda la necesidad de su uso?

El espacio absoluto *no puede ser un objeto de experiencia*; porque el espacio privado de materia no es ningún objeto perceptible; sin embargo, éste es un concepto racional necesario, pero que sólo es una simple *idea*. Pues, para que el movimiento pueda sernos dado aun como mero fenómeno, es necesaria una representación empírica del espacio con respecto al cual el móvil debe cambiar de posición, para lo cual es preciso que el espacio, que debe ser percibido, sea material y, por consiguiente, móvil de por sí como consecuencia del concepto de materia en general. Ahora bien, para concebirlo en movimiento es suficiente *pensarlo* como contenido en un espacio aún mayor al que consideramos como si estuviese en reposo. Pero también podemos considerar este espacio de la misma manera (en movimiento) con respecto a otro espacio aún más extenso, y así hasta el infinito, sin que jamás logremos dar alcance a un espacio inmóvil (inmaterial), con relación al cual se podría atribuir a una materia cualquiera el movimiento o la quietud. Por el contrario, el concepto de estas relaciones determinadas debería ser constantemente modificado según fuera la relación del móvil con uno o con otro de estos espacios (relativos). Ahora bien, puesto que la condición, para poder contemplar cualquier cosa como estando en movimiento o reposo, es siempre y a su vez condicionada indefinidamente por espacios relativos, es obvio, *en primer lugar*, que todo estado de movimiento o de

reposo no puede ser más que relativo y de ningún modo absoluto; lo cual equivale a decir que la materia no puede ser concebida en reposo o en movimiento más que por sola referencia a la materia y nunca por su relación al espacio puro, sin materia; de lo que se sigue que un movimiento absoluto, es decir, un movimiento concebido sin relación alguna de la materia con la materia, es absolutamente imposible. *En segundo lugar*, que por la misma razón un concepto de movimiento o de reposo válido para todo *fenómeno* en el espacio relativo es igualmente imposible, puesto que es absolutamente necesario *concebir* un espacio (absoluto) en el que el espacio relativo pueda ser pensado como móvil sin que tenga que depender, en cuanto a sus determinaciones, de otro espacio empírico, sin que, por tanto, se encuentre a su vez condicionado. Digamos que se exige un espacio absoluto al cual podrán ser referidos todos los movimientos relativos y con respecto al cual todo lo empírico es móvil y, por ello, en el mismo, todos los movimientos de la materia puedan ser *considerados* como relativos unos respecto de otros, es decir, como alternativos<sup>[8]</sup>, sin que ninguno pueda valer como movimiento absoluto o quietud absoluta; porque, cuando se dice de un (espacio) que está en movimiento, el otro (espacio), con respecto al cual se dice que aquél es móvil, es *representado* como inmóvil. El *espacio absoluto* es, pues, necesario, no como el concepto de un objeto real, sino como una *idea que sirve de regla* para considerar en él todo movimiento como meramente relativo. Y todo movimiento y todo reposo deberán ser referidos al espacio absoluto, si se quiere transformar *el fenómeno* de aquéllos en un concepto de *experiencia* (que da unidad a todos los fenómenos). De esta manera se reduce *el movimiento* rectilíneo de un cuerpo en el espacio relativo, al espacio absoluto, si yo pienso a este cuerpo como inmóvil *en sí* (por referencia al espacio absoluto, se entiende) aunque el espacio relativo (que lo envuelve) moviéndose en sentido contrario (al del cuerpo móvil) en el espacio absoluto (que no es objeto de nuestros sentidos) y *concibo* esta representación como aquella que *proporciona* (da) el mismo fenómeno; con lo cual todos los *fenómenos posibles* de movimientos rectilíneos, que cualquier cuerpo puede en todo caso tener, son reducibles al concepto de *experiencia* que a todos los une, es decir, a los conceptos de movimiento o reposo puramente relativos.

El movimiento circular que, según el Teorema segundo, puede dársenos en la experiencia, incluso sin relación alguna con el espacio externo dado empíricamente, como movimiento real, *parece ser* de hecho un movimiento absoluto. Puesto que el movimiento relativo con respecto al espacio exterior (como, por ejemplo, la rotación de la tierra en derredor de su eje con relación a las estrellas celestes) es un *fenómeno* en cuyo lugar es posible poner, como enteramente equivalente a él, el movimiento de este espacio (del cielo) en sentido contrario (al de la Tierra, se entiende) en el mismo tiempo; sin embargo, tal (representación), según dicho Teorema, no permite ser sustituida en la *experiencia*; por consiguiente, la rotación circular de que tratamos no debe ser representada como externamente relativa, lo cual parece indicar que este tipo de movimiento *debe ser considerado* como un movimiento absoluto.

No obstante lo dicho, hay que tener en cuenta que aquí se trata de un movimiento verdadero (real), el cual, sin embargo, no *aparece* como tal y que, por consiguiente, si se quisiese juzgarlo únicamente atendiendo sólo a sus relaciones empíricas con el espacio, podría ser considerado como si estuviera en reposo; ello equivale a decir que aquí se trata del *verdadero* movimiento en cuanto se diferencia del *aparente*, pero no del movimiento absoluto en cuanto se opone al relativo. Así, el movimiento circular, aun cuando no manifieste *en el fenómeno* ningún cambio de lugar, es decir, aun cuando no manifieste ningún cambio *foronómico* de la relación del cuerpo móvil con el espacio empírico, sin embargo, manifiesta una continua modificación dinámica de la materia en su espacio, que es demostrable por experiencia. Por ejemplo, como efecto de un movimiento circular, resulta de ello una disminución constante de la atracción por causa de la tendencia centrípeta, cosa que permite distinguir con certeza este movimiento (real) del aparente. Por ejemplo, se puede uno representar la Tierra como girando en torno de su eje en el espacio vacío e infinito y hacer patente así este movimiento por medio de la experiencia, a pesar de que ni la relación de las partes de la Tierra entre ellas, ni la relación de ellas con el espacio exterior hayan sido cambiadas foronómicamente, es decir, en el fenómeno. En efecto, por lo que respecta a lo primero, en cuanto espacio empírico, nada cambia de lugar sobre la Tierra y, por lo que concierne a lo segundo, el espacio en cuanto está enteramente vacío no puede ofrecer, en general, ningún punto de referencia al cambio *externo*, ni tampoco fenómeno alguno de movimiento (externo). Esto no impide que si yo me represento una cavidad que se prolongase hasta el centro de la Tierra y si yo dejase caer por ella una piedra, y si encontrase que a cualquier distancia del centro el peso (de la piedra) siempre se dirige hacia él y que, además, la piedra se desvía en su caída constantemente de su perpendicular yendo del Este al Oeste, en tales supuestos debo concluir que la Tierra gira alrededor de su eje de Occidente a Oriente. E incluso, si exteriormente yo alejo la piedra de la superficie del suelo y observo que ella no permanece en la vertical con respecto al punto de la superficie (desde la cual fue lanzada, se entiende), sino que ella se desvía yendo del Oeste al Este, en tal caso deduciré el mismo sentido de la rotación de la Tierra en torno a su eje. Y, así, estas dos observaciones son suficientes para probar la *realidad* de este movimiento. Para lo cual, por otra parte, no es suficiente el cambio de las relaciones con respecto al espacio exterior (como el cielo estrellado), porque tal cambio es mero fenómeno, que puede proceder de dos razones opuestas de hecho y no de un conocimiento derivado del principio que explica todos los fenómenos de tal cambio, es decir, de la experiencia.

Sin embargo, este movimiento, aun cuando no sea un cambio de relaciones con respecto al espacio empírico, no es ningún movimiento absoluto, sino una continua modificación de las relaciones de las materias entre sí, *representado* ciertamente en el espacio absoluto; se trata, pues, realmente de un movimiento relativo y, precisamente por ello, de un movimiento verdadero. Esto se pone de manifiesto en la

representación de la lejanía recíproca y permanente entre cualquier parte de la Tierra (fuera del eje) y la parte que le es diametralmente opuesta y equidistante del centro. Este movimiento en el espacio absoluto es, en efecto, real porque, por su medio, la disminución del susodicho alejamiento es obtenida (está garantizada) gracias a la gravedad que, de por sí, atrae a los cuerpos, y no ciertamente por el influjo de cierta fuerza dinámico-repulsiva (como puede mostrarse a partir de los *Principia Mat. Phil. Nat.*, ed. 1794, p. 10<sup>[9]</sup>, de Newton), sino por un movimiento real que se refiere sólo al espacio que se contiene en el interior de la materia móvil (a saber, en el *centro* de la misma) y no en el espacio exterior.

Por lo que se refiere al tercer Teorema, no hay necesidad alguna para mostrar la verdad del movimiento recíprocamente igual y opuesto de dos cuerpos, aun sin prestar atención al espacio empírico, si recurrimos a la influencia dinámica activa (de la gravedad, o de la de un hilo tenso) que nos ofrece la experiencia y que era necesaria ya en el segundo caso (Teorema segundo), sino que la simple posibilidad dinámica de una influencia semejante como propiedad de la materia (como lo son la repulsión y la atracción) conlleva igualmente, con el movimiento de una de las materias, el movimiento igual y contrario de la otra y esto ciertamente a partir del simple concepto de un movimiento relativo, aun cuando el mismo deba ser pensado en un espacio absoluto, es decir, de acuerdo con la verdad (experiencia); y por eso se trata aquí, como siempre que algo es demostrado suficientemente por simples conceptos, de una ley del movimiento recíproco absolutamente necesaria.

No se trata de un movimiento absoluto, cuando se concibe la *idea* de un cuerpo en movimiento con respecto a otro en un espacio vacío; pues el movimiento de estos dos cuerpos no es considerado aquí como relativo al espacio que los envuelve, sino al espacio que existe entre ellos y que es el que determina la relación recíproca exterior de los mismos, aunque es *pensado* como espacio absoluto. Tal consideración sólo proporciona el concepto de un movimiento relativo. Un movimiento absoluto sería únicamente aquel que afectaría a un cuerpo material carente de relación alguna con otra materia. Tal sería el movimiento rectilíneo de todo el Universo material, es decir, del sistema de la materia en su totalidad. Pues si, fuera de una materia, existiese alguna otra, aun cuando ella estuviera separada por un espacio vacío, en tal caso el movimiento sería ya por ello relativo. Ésta es la razón por la cual toda demostración de una ley del movimiento, lo contrario a ella exigiría necesariamente el movimiento rectilíneo de todo el sistema del Universo, constituye una prueba apodíctica de la verdad de la misma, simplemente porque de no ser así se seguiría (la existencia de) un movimiento absoluto, lo cual es totalmente imposible. Una ley de este tipo es la del antagonismo en la total comunión de la materia por causa del movimiento. Pues cualquier desvío de esta ley haría cambiar de lugar el centro de gravedad común a toda la materia, e igualmente de todo el Universo; lo cual, si se quiere representar a este Universo girando alrededor de su eje, no acontecería. Tal movimiento, sin embargo, es posible pensarlo, e incluso aceptarlo, en la medida en que se pueda

vislumbrar qué utilidad pueda tener sin mediar concepto alguno.

A los diversos conceptos de movimiento y de fuerzas motrices se refieren también los conceptos diversos de *espacio vacío*. Desde el punto de vista *foronómico*, el espacio vacío, llamado también *espacio absoluto*, no debiera denominarse, a decir verdad, espacio *vacío*; pues él es siempre *la idea* de un espacio en la cual yo hago abstracción de toda materia particular; tal idea hace de esta materia un objeto (*Gegenstand*) de experiencia para concebir en ella el espacio material o cualquier espacio empírico móvil y, consiguientemente, para concebir el movimiento no como, sólo y exclusivamente, absoluto, sino siempre bajo la forma de la reciprocidad como predicado puramente relativo. Este espacio absoluto no es nada que pertenezca a la existencia de las cosas (*Dinge*), sino simplemente a la determinación de los conceptos, y así no *existe* espacio vacío alguno.

Desde el punto de vista *dinámico*, el espacio vacío es aquel que no está *lleno*, es decir aquel en el cual nada móvil opone resistencia a la penetración de otro móvil, o bien aquel en el que no actúa ninguna fuerza repulsiva. Él puede ser o espacio vacío en el mundo (*vacuum mundanum*) o, si éste es representado como limitado, espacio vacío fuera del mundo (*vacuum extramundanum*). El primero puede ser también representado o bien diseminado (*disseminatum*), el cual no constituye más que una parte del volumen de la materia, o bien como espacio vacío acumulado (*vacuum coacervatum*), el cual separa los cuerpos unos de otros, como, por ejemplo, los cuerpos celestes. Esta última distinción, que sólo se basa en la diferencia de los lugares a los que se atribuye el vacío en el mundo, ciertamente no es esencial; empero, se la utiliza con fines diferentes; así el primer vacío sirve para derivar la diferencia específica *de la densidad*; el segundo vacío, para deducir la posibilidad de un movimiento (expansivo) exento de toda resistencia exterior. Se ha probado ya en la *Observación general de la dinámica* que no es preciso admitir el *espacio vacío* para lograr lo primero (es decir, la admisión de *espacios vacíos* para explicar las diferencias de densidades); pero que esto sea imposible es algo que no se puede probar en virtud del solo concepto y de acuerdo con el principio de no-contradicción. Sin embargo, aun cuando no se pueda encontrar aquí una razón lógica para rechazar el vacío, podría, no obstante, haber una razón física general para excluirlo de la *Ciencia de la naturaleza*, a saber, aquella que haga posible la construcción (de un concepto) de la materia en general, caso de poder conocerla mejor. Porque si la *atracción*, que se admite para explicar la cohesión de la materia, no fuese más que aparente, carente de verdad, más bien, por ejemplo, el *efecto* de una compresión debida a una materia exterior extendida por todo el espacio cósmico (por ejemplo, el *éter*), la cual ejercería esta presión necesariamente en virtud de la *atracción* universal originaria, como la gravedad (opinión ésta que no adolece de falta de argumentos), en este caso el espacio vacío en el interior de los cuerpos materiales sería imposible, si no por razones lógicas, por lo menos por razones dinámicas y, obviamente, físicas; y ello porque toda materia (aun tratándose del *éter*) penetraría en los espacios vacíos

que se suponen en ella (puesto que nada resiste a la fuerza expansiva), los cuales deberían estar siempre llenos.

Un espacio vacío fuera del mundo, entendiendo por mundo el conjunto de materias atractivas por excelencia (los grandes cuerpos celestes), sería imposible por las razones ya indicadas, puesto que, atendiendo a la masa, a medida que aumenta la distancia de aquellas materias, disminuye la atracción (que ejercen) sobre el *éter* (el cual envuelve a todas ellas e, impulsadas por aquella atracción, las conserva en sus respectivas densidades por la comprensión (*Durch Zusammendrückung*)); el mayor alejamiento —decimos— de los cuerpos celestes disminuye su fuerza atractiva sobre el *éter* en proporción inversa. Por consiguiente, el *éter* disminuirá indefinidamente siempre más y más en densidad; sin embargo, él no por eso dejará nunca el espacio absolutamente vacío. Nadie podrá maravillarse de que para esta supresión del *vacío* tengamos que recurrir a *hipótesis*, porque tampoco puede evitarse tal cosa cuando se trata de afirmar el espacio vacío. Aquellos que se arriesgan a decidir dogmáticamente esta cuestión discutible, sea que opten por afirmarla o por negarla, se apoyan, en último análisis, en *presuposiciones* metafísicas, como es patente en la *dinámica* y era necesario, por lo menos mostrar aquí, que tales presupuestos no pueden, en modo alguno, resolver la cuestión.

Por lo que respecta al punto de vista *mecánico*, el espacio vacío es el vacío acumulado en el interior del Universo para procurar a los cuerpos celestes la libertad de movimientos. Es fácil de ver que la posibilidad o imposibilidad de este *vacío* no se funda en razones metafísicas, sino en el misterio de la naturaleza que es difícil de dilucidar, a saber, cómo explicar que la materia llegue a limitar por sí misma su propia fuerza expansiva. No obstante, si se acepta aquello que ha sido expuesto, en la *Observación general de la dinámica*, a propósito de la posible expansión *in infinitum* de materias específicamente diferentes, permaneciendo la cantidad de materia la misma (en cuanto al peso), no sería sin duda necesario admitir un espacio vacío para hacer posible el movimiento libre y permanente de los cuerpos celestes, porque la resistencia de los espacios enteramente llenos puede, en estos supuestos, concebirse tan débil como se quiera.

Y de esta forma se pone punto final a la teoría metafísica de los cuerpos con el *vacío* y, por esta razón, con la incomprendibilidad; en la cual ella corre la misma suerte que las otras tentativas de la razón, cuando se esfuerza por remontarse a los principios, primeros fundamentos de las cosas. En efecto, su naturaleza es tal que ella sólo puede captar aquello que está determinado bajo ciertas condiciones que le son dadas. En consecuencia, ella no puede quedarse en lo condicionado ni comprender lo incondicionado. Y, si el deseo de saber le invita a buscar la totalidad absoluta de todas las condiciones, a ella sólo le queda el dirigirse a los objetos mismos, para descubrir y determinar, en lugar del límite último de las cosas, el límite último de su propio poder, dejado a sí mismo.

# Notas

[1] Véase la distinción llevada a cabo por Kant entre «Principio transcendental» y «Principio metafísico» en la *Crítica del juicio*, Introd. § V (*Ak.*, V, 181, 15 ss.; G. Morente, Col. «Austral», Espasa Calpe, Madrid, p. 80. Cfr. Aleu, *Filosofía y libertad en Kant*, PPU, Barcelona, 1987, pp. 141 ss.). La distinción es de modo explícito formulada años después de los *Principios metafísicos*; sin embargo, en éstos ya se encuentran de modo implícito. <<

[2] Véase el «Estudio introductorio» de Félix Duque de la versión castellana, preparada por él, de la obra de Immanuel Kant: *Transición de los primeros principios de la ciencia natural a la Física*, Ed. Nacional, Madrid, 1983, pp. 33 ss. Sin entrar en la polémica, estamos convencidos de que la insatisfacción de Kant con respecto a sus *Principios metafísicos* no afecta al fundamento de su obra, sino al problema que planteaba, y que no quedaba resuelto en ella, el paso de unos principios a otros. Cfr. Ch. Andler y Ed. Chavannes, *Premiers principes métaphysiques de la Science de la nature*, Alcan, París, 1891, pp. LVI ss. <<

[3] Toda ciencia natural exige una parte metafísica sobre la cual pueda fundarse su certeza apodíctica. Consiguientemente la Física no fundamenta su certeza en sí misma. Cfr. P. Plaass, *Kants Theorie der Naturwissenschaft*, Vandenhoeck und Ruprecht, Göttingen, 1965, cap. 2. <<

[4] El concepto de materia en general muestra una cierta ambivalencia. De un lado, ella como materia concreta sólo puede dársenos *a posteriori*. Esto, sin embargo, no impide que, por otro lado, consideremos las condiciones que la hacen posible como materia en general. El concepto presupuesto es *a priori*, pero la objetiva realidad a la que este concepto remite sólo puede ser mostrada *a posteriori*. Cfr. E. Hoppe, *Kants Theorie der Physik*, Klostermann, Frankfurt, 1969, cap. IV, 5. <<

[5] El tema de la «determinación» del objeto, que la *Crítica de la razón pura* sólo estableció de modo general, es tratado como «determinación ulterior» en la *Crítica del juicio*, Introducción, párrafo IV, desde una perspectiva teleológica y subjetiva. Aquí, en los *Principios metafísicos*, se trata de una ulterior determinación del objeto (*Gegenstand*) en sentido objetivo y no teleológico. Se trata de precisar las condiciones *a priori* que hacen posible un concepto, también *a priori*, de materia, a partir de la percepción empírica de la misma. <<

[6] Cfr. la Introducción, p. XXXIII, de la traducción francesa llevada a cabo por Ch. Andler y Ed. Chavannes de los Premiers principes métaphysiques de la Science de la nature, Alcan, París, 1891. <<

[7] Así se dice en la Introducción de la obra citada en Ch. Andler y Ed. Chavannes, p. L: «Substituer, comme le fait Kant, à la quantité discontinuée la quantité continuée, et à la summation du fini la summation de l'infini, c'est remplacer le résultat d'une opération achevée par le résultat virtuel d'une opération qui se poursuit, et au lieu d'un objet donné considérer l'acte même de l'esprit qui progressivement le fait naître.» <<

[8] Kant concibe la materia como pura movilidad. De lo que se trata aquí es de explicar las propiedades que la caracterizan. Esto no se logra mediante un puro análisis; puesto que el método analítico sólo puede servir para el esclarecimiento de los conocimientos ya adquiridos, y no para detectar conocimientos nuevos. Por el contrario, el método transcendental hace posible decidir las determinaciones que caracterizan a la materia móvil al referirla a nuestro entendimiento, cuyas categorías deben determinarla necesariamente. Es decir, que habrá que considerar la materia móvil como una cantidad pura, como una cualidad, como un sistema de relaciones y como un modo de existencia. De aquí la importancia que tiene la nota final de la Introducción de los *Principios metafísicos*. <<

[9] El concepto de objeto como *Gegenstand* adquiere en Kant un sentido que se distingue tanto de la «cosa en sí», como de la representación fenoménica. Por lo que respecta al objeto fenoménico, es preciso distinguir lo determinable (*Gegenstand*) de lo determinante (formas *a priori* de la sensibilidad y categorías). Con respecto a lo «nouménico», incognoscible a todo conocimiento teórico, hay que decir que Kant define la facultad de desear como «la facultad de un ser, de ser, por medio de sus representaciones, causa del objeto (*Gegenstand*) de dichas representaciones». En este sentido el *objeto* de toda determinación fenoménica presupone la facultad creadora del mismo, propia de un ser inteligente, bien en sentido eminente, Dios creador, bien en el sentido que nos brinda nuestra capacidad transformadora mediante nuestras representaciones. Cfr. Aleu, *Filosofía y libertad en Kant* PPU, Barcelona, 1987, pp. 105-112. Ver otras interpretaciones de Darmstadt von Gemot Böhme, «Kants Theorie der Gegenstandskonstitution», *Kan. Stud.*, 73 (1982), pp. 130-156; Félix Duque, en su versión de la obra de Kant titulada *Transición de los primeros principios metafísicos de la ciencia natural a la Física*, ed., Nacional, Madrid, 1983, pp. 491-492, nota 39. <<

[10] Consideramos que se interpreta mal a Kant cuando se identifica el espacio omnicomprensivo, que sólo es una «idea» heurística, con la forma *a priori* de la sensibilidad externa. Es cierto que Kant supone la síntesis de ambos conceptos, que hacen posible la *consideración* del espacio omnicomprensivo como espacio absoluto. Sin embargo, esto no pasa de ser una *consideración* necesaria para poder fijar los espacios empíricos envolventes y a su vez envueltos en función de «un» espacio absoluto que hace así posible la experiencia objetiva. <<

[11] Nótese aquí que la posibilidad de la experiencia del reposo supone la síntesis del concepto negativo matemático, igual a «0», y del concepto físico de reposo, fundado en un movimiento tan desacelerado e infinitesimal que sea imperceptible para nuestros sentidos. Esta síntesis da lugar a una posible experiencia en cuanto que la realidad percibida puede ser objeto de matematización, sin confusión de los campos metafísico y físico. <<

[12] Creemos que no sería legítimo identificar el modelo «fisicomatemático» newtoniano con el modelo «atómico-matemático», aunque aquél parezca presuponer a este último. Y la razón está en que Newton, a pesar de sus simpatías por el atomismo, nunca se comprometió con él. A Newton le interesaban más los modelos puros matemáticos que los supuestos que ellos pudieran exigir. Por eso distinguimos entre el modelo «físico-matemático» y el «atómico-matemático». Al primero Kant no opone objeción alguna y apuesta por él; al segundo se opone radicalmente. <<

[13] <sup>13</sup> Cuando hablamos de una materia continua y heterogénea, nos estamos refiriendo a la materia tal y como de inmediato es percibida. Por tanto, no tratamos del supuesto conceptual de una materia continua y homogénea. <<

[14] Esto no se opone al hecho de que Kant se mueva dentro del concepto clásico de la física. En esto coincidimos con las afirmaciones de Heinrich Scholz que en sus *Vorlesungen*, en el segundo semestre de 1943-1944 de la Universidad de Münster, afirma: «Eine Physik von der Struktur der classischen Physik ist die einige Physik, die für die Konstituierung der Wirklichen Welt in Betracht kommt. Volglich kann der wirklichen Welt auf keine Art erweitert werden zu einer Welt, die beherrscht ist von irgen welchen Gesetzen, die in der klasischen Physik nicht vorkommen könnten» (*op. cit.*, p. 11). Esto no obstante, Kant hace de ese modelo clásico un paradigma teórico que permite llevar la investigación a cotas superiores, dejándola siempre abierta a ulteriores conocimientos. <<

[15] La ley de la gravitación universal fue considerada por Newton como un resultado de la experiencia. Kant no tendría nada que oponer siempre que se distinga la experiencia de la simple percepción. En efecto, si se trata de una verdadera ley universal, ella deberá dar cuenta de la inteligibilidad de los fenómenos pertinentes, puesto que sin ella éstos se presentarían como una sucesión fortuita. Por tal razón Kant considera que la ley de la reciprocidad de la acción atractiva no es tanto una ley Física sacada de la experiencia, cuanto una ley que la hace posible. <<

[16] Cfr. nota 12. <<

[17] Todos los críticos coinciden en señalar la invalidez de este método. Puede verse, por ejemplo, Jr. Gordon G. Brittan, *Kant's Theory of Science*, Princeton University Press, New Jersey, 1978, pp. 163 ss. <<

[18] Parece evidente que si, independientemente de cualquier principio dinámico, se considera el Teorema 1 de los *Principios metafísicos*, a saber, que «a una velocidad dada, la cantidad de materia comparada con cualquier otra sólo puede ser evaluada por la cantidad de movimiento» (*Ak.*, IV, 537,24-26), el teorema solo resulta insuficiente para lograr una medición de la masa. Para esto último tampoco es suficiente que la proporción entre masa (cantidad de materia) y cantidad de movimiento permanezcan constantes en todo el Universo (1.<sup>a</sup> ley de la Dinámica) de acorde con el principio de la igualdad de la acción y la reacción (3.<sup>a</sup> ley). Con tales leyes *a priori* sólo se justificaría la afirmación, también *a priori*, de que el Universo tiene una cantidad de materia constante. Pero ¿cómo determinar la magnitud del movimiento que intercambian cuerpos concretos? Esto sólo es posible si se toman en consideración todos los principios de la Dinámica, incluida la ley de la inercia, como veremos. Cfr. Darmstadt von Gemot Böhme, «Kants Theorie der Gegenstandskonstitution», en *Kant. Studien*, 73 (1982), p. 142, nota 27. <<

[19] Nótese que, aunque podamos representamos las fuerzas repulsivas actuando por contacto, esta actuación no supone la necesaria representación del contacto físico de las partes en las que la materia se puede dividir siempre más y más. Basta con que nos representemos a los intersticios que las separan tan tenues y tan infinitésimos que no puedan ser percibidos por nosotros. El movimiento, incluso el expansivo, no es algo que una materia comunique a otra, sino el efecto de unas fuerzas fundamentales que son esenciales a la materia, cuya cantidad permanece invariable en todo el Universo. <<

[20] Nótese que una condición necesaria para la cuantificación de la materia móvil es que ésta tenga un valor constante en todo el Universo, puesto que la permanencia de la magnitud de las partes depende de la invariabilidad cuantitativa del todo. Que sea una condición necesaria, quiere decir que este principio no puede desligarse de los otros dos propios de la Mecánica, sin los cuales la cuantificación de la materia se haría imposible. <<

[21] Decir como se ha dicho (cfr. Gordon G. Brittan, *op. cit.*, p. 163) que Kant rechaza el recurso a la inercia mecánica de los móviles para que, en razón de la resistencia que oponen, calcular la masa, es confundir el concepto físico de inercia con el metafísico. Este último es absurdo, dado que la materia es esencialmente móvil. Aquél, por el contrario, es en Física legítimo, y creemos que Kant lo fundamenta en su propia metafísica de la naturaleza. En efecto, si la cantidad de movimiento de un cuerpo constituye la resultante de todos los elementos móviles que lo componen, de no ejercerse ninguna fuerza externa sobre el mismo, su movimiento sería constante en razón del fundamento y su trayectoria seguiría la trayectoria de la resultante, es decir, rectilínea, según los principios foronómicos. Y por lo que se refiere al estado de reposo relativo, no absoluto, el mismo es posible en virtud de la acción de fuerzas contrapuestas de igual magnitud. <<

[22] Véase el párrafo sexto del comentario de la Mecánica (p. XLIV, nota 18) de este Estudio preliminar. <<

[1] La esencia es el primer principio interior de todo aquello que forma parte de la posibilidad de un objeto. Es por esto por lo que únicamente se puede atribuir a las figuras geométricas una esencia, pero no una naturaleza. <<

[2] Encuentro (*Gazette littéraire universelle*, n.º 295) en el informe de las *Institutiones Logicae et Metaph* del Prof. Ulrich, dudas, no respecto a la Tabla de los conceptos puros, sino respecto al sujeto de las conclusiones que se extraen en cuanto a la determinación de los límites de toda la facultad pura de la razón y, por tanto, de toda metafísica; en esta consideración, la penetrante crítica se declara de acuerdo con su no mero profundo autor; ahora bien, son dudas que, como han de ser llevadas precisamente sobre el fundamento principal del sistema que yo he establecido en la *Crítica*, serían causa de que este sistema considerado en su fin capital, estaría bien lejos de comportar la convicción apodíctica necesaria para admitirlo sin restricción; tal fundamento capital es, según ellos, la *deducción* de los conceptos puros del entendimiento que he dado por una parte en la *Crítica* y, por otra, en los *Prolegómenos*; esta solución sería sobre todo oscura en esta parte de la *Crítica* que debería ser, precisamente, la más clara y también giraría en un círculo vicioso, etc. Mi respuesta a estas objeciones sólo apuntará al punto principal, a saber, que *sin una deducción de las categorías clara y satisfactoria* el sistema de la *Crítica* de la razón pura cede sobre su base. Ahora bien, yo pretendo, por el contrario, que para lo que suscribo (como lo hace la *Crítica*) en mis proposiciones concernientes a los caracteres sensibles de toda nuestra intuición, considero como suficiente la tabla de las categorías, es decir, de las determinaciones de nuestra consciencia imitando a las funciones lógicas en los juicios en general. El sistema de la *Crítica* debe comportar la certeza apodíctica por lo que se constituye sobre esta proposición: *que todo el uso especulativo de nuestra razón no se extiende más allá de los objetos de una experiencia posible*. Ya que, si se puede probar que las categorías, de las que la razón se debe servir para todo su conocimiento, únicamente deben ser utilizadas con relación a los objetos de la experiencia (porque sólo es en este dominio donde ellas hacen posible la forma del pensamiento), la respuesta a la cuestión de saber *cómo éstas la hacen posible, es seguramente muy importante para completar*, si es posible, esta deducción, pero ésta no es, en absoluto, *necesaria*, sino simplemente *meritoria*. En lo que concierne al fin principal del sistema que es determinar los límites de la razón pura, la cuestión se ha llevado bastante lejos cuando ella muestra que estas categorías no son otra cosa que las simples formas de los juicios en tanto que aplicados a las intuiciones que, para nosotros, siempre son únicamente sensibles, puesto que así ellas adquieren objetividad y devienen conocimientos; ya que ello es ya suficiente para establecer todo el sistema de la *Crítica* con total seguridad. Así el sistema de la gravitación universal de NEWTON se establece sólidamente, aunque presente esta dificultad de que no es posible explicar cómo es posible la atracción a distancia; *las dificultades*, sin embargo, no son *dudas*. Ahora bien, voy a demostrar que este fundamento capital permanece sólido según lo acordado, incluso sin una

deducción completa de las categorías:

1.º Acordamos que la tabla de las categorías contiene integralmente todos los conceptos puros del entendimiento e, igualmente, todos los actos formales del entendimiento en los juicios de los que se derivan y no difieren en nada, a no ser únicamente en que, gracias al concepto del entendimiento, un objeto es concebido como determinado con relación a tal o cual función de los juicios; así en el juicio categórico: la piedra es dura, piedra es empleado como sujeto y *dura* como predicado, aunque de manera que sea lícito al entendimiento invertir la función lógica de estos conceptos y de decir algún objeto duro es una piedra; por el contrario, si me represento, como estando *determinado en el objeto*, que la piedra y no su simple concepto, en todas las determinaciones posibles de un objeto, sólo debe concebirse como sujeto y la dureza como predicado, entonces estas mismas funciones lógicas devienen conceptos del entendimiento en cuanto a los objetos, es decir, *sustancia y accidente*.

2.º Acordamos que, por su naturaleza, el entendimiento dispone de principios sintéticos *a priori*, por medio de los cuales subordina todos los objetos que le puedan ser dados a estas categorías, que deberán tener además intuiciones *a priori*, que contengan las condiciones necesarias para la aplicación de estos conceptos puros del entendimiento; porque *sin intuición no existe ningún objeto* con relación al cual la función lógica puede ser determinada por la categoría, como tampoco ningún conocimiento de un objeto cualquiera e, igualmente, sin intuición pura, ningún principio que pueda determinar *a priori* el concepto a este fin.

3.º Acordamos que estas intuiciones puras nunca pueden ser nada más que las simples formas de los fenómenos del sentido externo o del sentido interno (espacio y tiempo), *únicamente* (las formas) *de las experiencias posibles de los objetos*.

*Se sigue que todo el uso de la razón pura no se puede aplicar nada más que a los objetos de la experiencia y como los principios a priori no pueden tener como condición nada empírico, no pueden, de una manera general, ser otra cosa que los principios de la posibilidad de la experiencia. Es éste el único verdadero y suficiente fundamento que determina los límites de la razón pura, pero no da la solución del problema, a saber, cómo la experiencia es posible por medio de estas categorías y sólo gracias a ellas. Este último problema, que aun sin responder deja el edificio intacto, tiene una gran importancia y, como ahora aprecio, también es muy fácil, ya que puede más o menos solucionarse por medio de una única conclusión extraída de la definición, exactamente determinada, de un juicio en general (es decir, de una acción por la cual las representaciones dadas devienen en primer lugar el conocimiento de un objeto). La oscuridad que reina en mis discusiones precedentes a propósito de esta parte de la deducción y que no pretendo negar, debe ser atribuida a la forma habitual del entendimiento en sus investigaciones pues, de ordinario, no es el*

camino más corto el que aparece en primer lugar. Por eso aprovecharé la primera ocasión para llenar esta laguna (que, por otra parte, sólo concierne al modo de exposición y, de ningún modo, a la explicación que ha sido exactamente dada en las discusiones susodichas sin que el ingenioso crítico se sienta en la obligación, que seguramente le sería desagradable, de recurrir, a causa de la extraña concordancia de los fenómenos con las leyes del entendimiento aunque unos y otros tengan fuentes diferentes, a cualquier armonía preestablecida); esto sería un medio de salud aun peor que el mal al que se pretende poner remedio y que, de hecho, no sería de ninguna ayuda. Ya que con esta armonía no se podría poner de manifiesto esta necesidad objetiva que caracteriza los puros conceptos del entendimiento (y los principios de su aplicación a los fenómenos); por ejemplo, en el concepto de la causa ligada al efecto; ya que todo permanecerá, en esta hipótesis, como un ensamblado sólo necesario subjetivamente; objetivamente sería puramente contingente. Esto es lo que quiere decir HUME cuando él la llama una simple ilusión por hábito. Así, ningún sistema en el mundo puede deducir esta necesidad de otra parte que de los principios fundamentales *a priori*, de la posibilidad del pensamiento mismo, gracias a los cuales sólo deviene posible el conocimiento de los objetos cuyo fenómeno nos es dado, es decir, la experiencia. Y, admitiendo que nunca se llegue a explicar de forma satisfactoria la manera en que estos principios hacen posible la experiencia, permanece, sin embargo, incuestionable que la experiencia sólo es posible mediante estos conceptos y que, inversamente, estos conceptos no son susceptibles de ninguna significación ni de ningún uso, sino es en lo que concierne a los objetos de la experiencia. <<

[3] «Gloriatur geometría, quod tam paucis principiis aliunde petitis, tam multa praestet» (NEWTON, *Princ. phil. Nat, Math, Praefat*). <<

[4] Es imposible, por medio de las líneas que irradian a partir de un punto, representar a distancias dadas, como totalmente ocupadas por la acción de estas líneas que actúan en la iluminación o en la atracción. Si fuera así, la difusión de los rayos luminosos, la iluminación menos intensa de una superficie alejada, remitiría (*würde beruhen*) a lo que, entre los lugares iluminados, queda sin iluminar, siendo éstos tanto mayores cuanto más alejada esté la superficie. La hipótesis de Euler no evita este defecto, pero tiene, por cierto, aún mayor dificultad hacer inteligible (*begreiflich*) el movimiento en línea recta de la luz. Ahora bien, esta dificultad, que proviene de una representación matemática de la materia lumínica, es ciertamente evitable; se representa la materia luminosa como un conjunto de pequeñas esferas (*Kügelchen*) que, como consecuencia, de su posición diversamente inclinada (*schiefen*) con respecto a la dirección del choque, imprimirían a la luz un movimiento oblicuo. Esto no obstante, nada impide concebir a esta materia como un elemento primitivo enteramente fluido, sin que sea preciso dividirlo en corpúsculos sólidos. Pero, cuando el matemático quiere hacer intuible la disminución de la luz en función de la mayor distancia, se sirve de rayos divergentes, trazados de forma circular, para representarse sobre la superficie esférica de su irradiación la magnitud del espacio en el que la misma cantidad de luz debe extenderse uniformemente entre tales rayos y así también la disminución del grado lumínico (en círculos más alejados, se entiende). El matemático, empero, no quiere que se consideren tales rayos como los únicos que iluminan, como si se hubiesen de encontrar (entre ellos) lugares oscuros, que serían tanto mayores cuanto mayor fuera la distancia. Si se quiere representar cada una de estas superficies como un todo iluminado, la misma cantidad lumínica que cubre la superficie menor, deberá ser considerada como difundida idénticamente sobre otra mayor y, consiguientemente, será necesario, para indicar la dirección rectilínea, dirigir las líneas rectas desde la superficie y desde cualquiera de sus puntos hasta el punto luminoso. Deberán previamente ser pensadas su actividad y su magnitud, y sólo después determinar su causa. Todo esto tiene vigencia para los rayos de atracción, si así se les quiere designar, e igualmente para todas las direcciones de fuerzas que, partiendo de un punto, deben ocupar un espacio, aun cuando sea éste también corpóreo. <<

[5] En la Foronomía, donde únicamente se estudiaba el movimiento de un cuerpo con relación al espacio y como una modificación de relación en el mismo espacio, importa poco que yo quiera atribuir al cuerpo un movimiento en el espacio o, en lugar de esto, al espacio relativo un movimiento igual, pero en sentido contrario; en ambos casos se concluía en el mismo fenómeno. La cantidad del movimiento espacial sólo era su velocidad y, por esta razón, la del cuerpo tampoco era más que su velocidad (por esto podría considerarse como un simple punto móvil), pero en mecánica, como un cuerpo es considerado en movimiento hacia otro con el que se encuentra, por el hecho de su movimiento, en *relación causal*, consistiendo en moverlo de nuevo en comunidad con el suyo por la fuerza de impenetrabilidad en cuanto se aproxima, o por la fuerza atractiva en cuanto se aleja, no es ya indiferente si atribuyo a uno de estos cuerpos un movimiento o al espacio un movimiento opuesto; ya que entonces entre en juego otro concepto de la cantidad de movimiento, a saber, no el de la cantidad, que sólo es concebida con relación al espacio y que sólo consiste en la velocidad, sino el de la cantidad en la que es necesario tener en cuenta la cantidad de substancia (como causa motriz). Entonces ello no depende de nuestra voluntad, sino que es *totalmente necesario* considerar cada uno de los cuerpos como estando en movimiento con una misma cantidad de movimiento en sentido contrario; ahora bien, si uno está relativamente en reposo con relación al espacio, hay que atribuirle, *así como al espacio*, el movimiento requerido. En efecto, uno de estos cuerpos no puede actuar sobre el otro por su propio movimiento; sólo puede por medio de la fuerza repulsiva en la aproximación o de la fuerza atractiva si se aleja. Ahora bien, como ambas fuerzas actúan siempre igualmente, en sentido contrario, ningún cuerpo puede actuar por su medio sobre otro salvo en la medida en que el otro cuerpo reaccione con la misma cantidad de movimiento. Por tanto, ningún cuerpo puede, por su propio movimiento, comunicar movimiento a un cuerpo absolutamente en reposo, pero éste debe moverse (al mismo tiempo que el espacio) con una cantidad de movimiento en sentido contrario, que sea igual, exactamente, a la que él debe recibir por el movimiento del primero en su dirección. El lector se dará cuenta fácilmente de que, a pesar de que parezca un poco extraña esta forma de representar la comunicación del movimiento, puede, sin embargo, prestarse a la exposición más luminosa, si no se reduce la longitud de la explicación. <<

[6] La igualdad de acción y reacción, erróneamente aplicada en este caso, se produce incluso si, en la hipótesis de la *transmisión* de movimientos de un cuerpo a otro, se deja ceder en un instante, al cuerpo en movimiento A, todo su movimiento al cuerpo inmóvil de modo que, tras el choque, también él se mantiene en reposo; acontecimiento inevitable en el momento en que se concebían ambos cuerpos como *absolutamente duros* (propiedad que debe ser distinguida de la elasticidad). Ahora bien, esta ley del movimiento no concuerda ni con la experiencia ni con sus aplicaciones, no conociéndose salida alguna salvo negando la existencia de cuerpos *absolutamente duros*; esto sería admitir la contingencia de esta ley, ya que debería depender de la cualidad particular de las materias que se imprimen mutuamente un movimiento. Pero, en nuestra exposición de esta ley, poco importa si se conciben los cuerpos que se golpean como absolutamente duros o que no se los conciba así. Por mi parte, no puedo comprender, como se hace, que los transfusionistas del movimiento quieran explicar a su manera el movimiento de cuerpos *elásticos* por el choque, ya que está claro que el cuerpo en reposo no recibe, por estar siempre en reposo, el movimiento que pierde el cuerpo del que procede el choque, pero que en el choque ejerce una fuerza real en sentido contrario contra el cuerpo que le golpea, para comprimir entre ellos el resorte (proyectil) en cualquier forma; lo que, por su parte, exige tanto movimiento real (pero en sentido contrario) como exige por la suya, para este fin, el cuerpo que lo mueve. <<

[7] En la «Observación general», al fin de este capítulo, se insistirá aún más sobre la distinción entre oposición disyuntiva y oposición alternativa. <<

[8] En Lógica, la expresión *o bien... o bien* indica siempre un juicio *disyuntivo*, pues, si uno de los juicios es verdadero, el otro deberá ser falso, por ejemplo: *un cuerpo está o bien en movimiento o bien no lo está, es decir, que está en reposo*; puesto que en este caso se habla únicamente de la relación del conocimiento al objeto. En la teoría de los fenómenos, en la que de lo que se trata es de la relación (del fenómeno) al sujeto para determinar según el mismo la relación de los objetos, la cosa es distinta; porque en este caso esta proposición: *el cuerpo está en movimiento y el espacio inmóvil, o bien a la inversa*, no es una proposición disyuntiva en sentido objetivo, sino subjetivo, por lo que los juicios que ella contiene tienen un valor *alternativo*. A pesar de todo, en esta fenomenología, en la que el movimiento no es solamente considerado desde el punto de vista *foronómico*, sino más bien *dinámico*, es preciso dar a la proposición disyuntiva un sentido objetivo, es decir, que yo no puedo admitir en lugar de la rotación de un cuerpo la inmovilidad de éste, oponiéndole el movimiento del espacio (relativo, que lo comprende o circunda) en sentido contrario (al de la rotación de aquél). Ahora bien, si se considera el movimiento desde el punto de vista mecánico (como cuando un cuerpo encuentra a otro que aparece como estando en reposo), es preciso, con relación al objeto, emplear el juicio *distributivo*, de suerte que el movimiento no debe ser atribuido a uno o a otro de los cuerpos, sino al contrario y por igual a ambos. Esta distinción de las determinaciones *alternativa, disyuntiva y distributiva* de un concepto en consideración a los predicados contrarios, tiene su importancia, pero aquí no puede ser ulteriormente explicada. <<

[9] Veamos lo que dice NEWTON: *Motus quidem veros corporum singulorum cognoscere et ab apparentibus actu discriminare difficillimum est: propterea quod partes spatii illius immobilis, in quo corpora vere moventur, non incurrunt in sensus. Causa tamen non est prorsus desperata.* Más abajo, él hace dar vueltas en el espacio vacío a dos bolas atadas por un hilo alrededor del centro de gravedad común y muestra cómo se puede probar tanto la realidad del movimiento de aquellas, como su dirección, por medio de la experiencia. Yo he tratado de mostrar esto para la Tierra en rotación sobre su eje, modificadas ligeramente las condiciones. <<