

JUAN RIUS – CAMPS

REFLEXIONES SOBRE

COSMOLOGÍA

11 OCTUBRE 2009

EDICIONES ORDIS

EDICIONES ORDIS

GRAN VÍA DE CARLOS III, 59 – 2º – 4ª
08028 BARCELONA

© nº 3837 13 – 04.– 1999
JUAN RIUS – CAMPS

Revisado, 11– X – 2009

PRÓLOGO

Hace ya bastantes años comenzaron a definirse las ideas que, bajo el título de “Reflexiones sobre Cosmología”, se presentan aquí. Al principio fueron simples intuiciones nacidas de barruntos más lejanos aún; provenían de preguntas que se habían quedado sin respuesta en las aulas de Bachillerato y sin respuesta, asimismo, en los estudios universitarios. Recuerdo que fue mi profesor de matemáticas, Jordi Dou Mas de Xexás, quien sembró nuevas inquietudes a propósito del “Principio de Mach” y me prestó un pequeño libro sobre el tema; así comenzó una profunda amistad entre profesor y alumno que sigue viva. Tampoco tenía yo especial prisa en hallar, o que me fuera dada, tal respuesta, incluso sospechaba que no podía existir. El mundo intelectual de la época era como un eximente a tales inquisiciones fuera de sus presupuestos y, sobre algunos temas, la existencia de firmes soportes obligaban, más aún prohibían –y aún hoy siguen prohibiendo–, a no pensar más en aquellas hermosas intuiciones.

Desde los inicios, mi inclinación natural fue dar las respuestas por recibidas y vivir la prudencia de que aquellas ideas eran, muy probablemente, fruto de la ignorancia. Durante los estudios de Arquitectura me hubiera olvidado del todo de aquellos hermosos horizontes sin respuesta si no hubiera tenido la oportunidad de simultanearlos con otros de Filosofía, profundamente enraizados en Aristóteles y proseguidos por Tomás de Aquino; las clases fueron de la mano de competentes profesores, entonces jóvenes como yo, y con deseos de buscar la verdad donde brillara un rayo de su luz, aunque fuera débil o apenas perceptible. También proseguí los estudios en la Facultad de Ciencias Físicas que, para completar el fuerte ingreso en la Escuela de Arquitectura, había iniciado con dos cursos completos.

Los estudios filosóficos iluminaron no pocas cuestiones, pero otras se levantaron frente al muro de una tradición secular

imponente y segura en sus puntos de partida. Me refiero fundamentalmente a la Metafísica de la Naturaleza, o Cosmología de los filósofos para no confundirla con la Cosmología de los físicos, paralelas ambas en su objeto material pero divergentes en sus respectivos métodos de trabajo. Preguntas fundamentales, como las que siguen, fueron hechas: ¿por qué es tan imprescindible la “materia prima”?, ¿por qué el cambio sustancial debe ser tan profundo hasta dejar “desnuda” la “materia prima” –pura potencia– durante “un instante intemporal”?, ¿por qué al hombre no le es dado fabricar sustancias en sentido propio, sino sólo “artefectos”?, ... pero quedaron sin respuesta; mejor dicho, quedaron contundentemente contestadas con un grito de silencio resonando en el interior de mi mente. Me acordé de aquellas palabras de Shakespeare, en el castillo de Kronborg en Helsingör con los amotinados a la puerta: “Señor, gritan mucho”, a lo que el Príncipe de Dinamarca responde: “es que no tienen razón”.

Cuestiones paralelas se me plantearon en las aulas de la Facultad de Ciencias; recuerdo que, en un magnífico curso de Electromagnetismo, impartido por el profesor José Codina, justo al comenzar nos vino a decir: “ahí tienen las ‘ecuaciones de Maxwell’, créanselas; de las mismas deduciremos el contenido de todo el curso”. La verdad era que me hubiera interesado más una explicación sobre cómo se gestaron y saber la respuesta a serias preguntas como: ¿por qué eran tan seguras si al mismo tiempo eran incompatibles con la Dinámica Clásica?, ¿por qué la “fuerza de Lorentz”, causa de esa incompatibilidad, y cuya forma procede totalmente de resultados experimentales, no es reversible al cambiar el sentido del movimiento de una partícula cargada y, en cambio, lo es la misma fuerza expresada en la Dinámica newtoniana?, ...¿de qué parte estaba la verdad?. Tampoco la Termodinámica resultaba coherente con esta Dinámica, ahí se cernía el formidable “Segundo Principio” con el super-abstracto concepto de *entropía*, realmente efectivo, pero “molestísimo” para no pocas mentes debido a su “irreversibilidad”, incompatible con la “reversibilidad” de la Dinámica, a pesar de los esfuerzos de Ludwig Boltzmann.

Vienen ahora a mi memoria las clases de Mecánica Cuántica, a las que sólo asistí pero no llegué a terminar, pues me lo impidieron definitivamente mis ocupaciones arquitectónicas en pleno comienzo; una de las primeras afirmaciones categóricas que oí fue: “no intenten imaginar una *partícula-onda*, no podrán”. Esta frase me llenó de tristeza intelectual, pues siempre había creído en el poder sin igual de la imaginación para llegar al conocimiento de la verdad, oculta en la Naturaleza material que nos envuelve por todas partes. Mi idea era que habiendo sido contrastada por la experiencia la realidad de las partículas-onda, debiera existir la posibilidad de crear una “imagen” de las mismas en nuestras mentes.

Las “Reflexiones sobre Cosmología” que se deslizan a lo largo del presente trabajo intentan dar respuesta a algunos de esos interrogantes, comenzando por la Cosmología de los filósofos, para continuar luego con la Cosmología de los físicos; pues la *primera idea fundamental* es que ambas disciplinas son *complementarias*, si se quieren evitar antinomias y extrapolaciones indebidas en sus respectivos campos de estudio.

Fue durante mi estancia en la Universidad de Navarra, en la década 1967 – 1977, como profesor en la naciente Escuela de Arquitectura, cuando se re-iniciaron estas reflexiones; sería largo exponer el itinerario, baste decir que sin el fructífero intercambio de ideas con profesores y alumnos de diversas Facultades, probablemente no hubiera sido posible. Ahí nacieron, y se hicieron luego, dos publicaciones fundantes: una en el “Anuario Filosófico” (1976) de la Facultad de Filosofía, gracias a la acogida del profesor Jesús García López, y otra en “Scripta Theologica” (1982), con la colaboración del profesor Claudio Basevi, nacida de largas conversaciones, mientras respirábamos el aire puro en las subidas a la “Peña Montañesa” o a la “Higa de Monreal”.

Ya de nuevo en Barcelona, después de esta década navarra, continuaron estos estudios con una publicación, breve pero importante, pues no se trata de una teoría sino de una prueba

experimental sobre el vuelo de los insectos. Apareció en la revista “Investigación y Ciencia” (Febrero de 1986), gracias a la iniciativa de José María Valderas, redactor jefe la misma.

Estas “Reflexiones sobre Cosmología” son la síntesis de esos trabajos que poco a poco fueron apareciendo, desde 1974 hasta el último de Marzo de 1999; algunos se reproducen íntegros, otros sólo en parte; otras ideas, en el área filosófica, aparecen aquí por primera vez.

Es de justicia citar aquí la ayuda que me han prestado mis amigos: Juan Ignacio de la Vega, Dr. arquitecto y experto en Arte y Antropología; Martín Andrés Checa, Dr. en Ciencias Químicas y que tantos caminos me ha abierto; Sylvano Borruso, Dr Ingeniero de Montes y profesor en Nairobi, experto, además, en Filosofía de la Ciencia; Josemaría Malgosa , doctorando y profesor en la Escuela de Ingenieros de Telecomunicación de Zaragoza. Me han acompañado en la gestación y difusión de las ideas aquí expuestas en fructíferas conversaciones, y promoviendo conferencias y seminarios, con profesores y alumnos, en diversos estamentos universitarios. Así ha sido en las Escuelas de Ingenieros Industriales de Barcelona, Madrid y S. Sebastián; en la Escuela de Ingenieros de Telecomunicación de Barcelona; en la Escuela de Ingenieros Aeronáuticos de Madrid; en la Facultad de Ciencias Físicas de Bellaterra; etc.

Mi agradecimiento más sincero a estas personas y a otras muchas que no me es posible citar en estas breves páginas de presentación. Finalmente, especial agradecimiento debo a mis padres: a mi madre, porque siendo maestra me enseñó hasta los trece años en el colegio familiar de doce hermanos; a mi padre por sus innatas intuiciones de sentido común; y a ambos por su amor a la búsqueda de la verdad.

JUAN RIUS – CAMPS

19 – III – 1999

Revisado 11 – X – 2009

ÍNDICE

CAPÍTULO 1. p. 13

PUNTOS DE PARTIDA FUNDAMENTALES.

CAPÍTULO 2. p. 29

EL PLANTEAMIENTO HILEMÓRFICO.

CAPÍTULO 3. p. 43

**HACIA UN NUEVO PLANTEAMIENTO DE
LA NOCION DE SUSTANCIA.**

CAPÍTULO 4. p. 59

**LA COSMOLOGÍA EN CORRELACIÓN
CON LOS DESCUBRIMIENTOS FÍSICOS.**

CAPÍTULO 5. p. 81

**POTENCIA Y ACTO EN LOS ENTES
MATERIALES.**

CAPÍTULO 6 p. 99

**ACTIVIDAD DE LOS CUERPOS Y
LEYES FÍSICAS.**

CAPÍTULO 7. p. 125

**FUNDAMENTOS DE UNA NUEVA
DINÁMICA (ND).**

CAPÍTULO 8. p. 141

ENTROPÍA MECÁNICA.

CAPÍTULO 9. p. 161

**IRREVERSIBILIDAD DE LA
TRAYECTORIA DE UNA
PARTÍCULA MATERIAL.**

CAPÍTULO 10. p. 179

DINÁMICA ABSOLUTA.

REFLEXIONES SOBRE COSMOLOGÍA

CAPÍTULO 1

PUNTOS DE PARTIDA FUNDAMENTALES.

1. 1. INTRODUCCIÓN.

Existe división de opiniones acerca de si el estudio de la *Naturaleza*, abordado desde el punto de vista del *hilemorfismo* aristotélico, forma parte de la ciencia *Física* o bien pertenece a la *Filosofía*. Pensamos en la licitud de ambos puntos de vista. También se suele reservar el nombre de *Filosofía Primera* o *Metafísica* para el estudio del *ente* en su máxima amplitud y cuyo centro es DIOS en su último alcance, mientras la *Ontología* se quedaría a nivel del ente material. Nuestro pensamiento es que la *Metafísica es una*, y que su discurso se inicia en el ente *material inerte*, para considerar luego los *vivientes*, que aún siendo materiales escapan a la capacidad del dinamismo natural; para seguir luego con el estudio del *hombre*, puente entre el Universo material y el espiritual, y llegar a los seres *espirituales inmatrimales*, DIOS en su último ascenso. Así pues, el hilemorfismo no es otra cosa que el estudio metafísico del ente material, es Filosofía de la Naturaleza y no se identifica con la ciencia Física, aunque ambas disciplinas están íntimamente relacionadas, más aún, son *complementarias*. En nuestra opinión el nombre más adecuado para el estudio filosófico de la Naturaleza es el de COSMOLOGÍA, que por otra parte coincide con aquel aspecto de la Física cuyo objeto de estudio es el más amplio posible: el *Cosmos material*. Esta coincidencia no engendra confusión sino que expresa la necesidad de

complementariedad entre ambas. Si se prescinde de los hallazgos físicos, la Filosofía de la Naturaleza queda mutilada, su estudio es *in vacuo*; si la Física no considera, o lo que es peor, desprecia la Metafísica, llegará a antinomias insolubles en el marco estrictamente físico.

Para ilustrar la corriente filosófica que unifica el *hilemorfismo* con la *Física*, y diferente de la seguida en estas “reflexiones”, puede ser útil la ponencia del profesor GUILLERMO FRAILE O. P., de la que entresacamos los preámbulos y una de las conclusiones que nos interesan a este fin¹

“Es un hecho que en el momento actual nos encontramos con dos teorías, al menos aparentemente distintas, acerca de la composición de los seres corpóreos; una la teoría hilemórfica tradicional, y otra, la atomística, tal como la presenta la Física moderna. Nuestra actitud, que queremos dejar sentada claramente desde este momento, es: la plena aceptación de la teoría hilemórfica y absoluta convicción del valor perenne del concepto dualista de la constitución de los cuerpos por un doble principio intrínseco, tal como lo enseña la filosofía tradicional; y a la vez plena aceptación y absoluta convicción del valor de las teorías físicas modernas, prescindiendo en este momento de las modalidades particulares en el concepto de la constitución de los elementos integrantes del átomo y de su estructura concreta en el edificio atómico.

Más que entrar en una exposición detallada de esas teorías, que supongo perfectamente conocidas por todos los presentes, lo que me propongo es confrontarlas en conjunto, tratando de investigar sus relaciones mutuas, que podemos formular en las siguientes preguntas:

1ª ¿Se trata efectivamente de dos teorías distintas acerca de un mismo objeto, que es el de explicar el constitutivo esencial de los seres corpóreos?

2ª En el caso de ser distintas ¿qué relaciones existen entre ellas? ¿De armonía, de continuidad, de superación de la una por la otra?

¹ G. FRAILE O. P. Profesor de la Universidad Civil y Pontificia de Salamanca, *La forma en los seres vivientes y no vivientes.*

3ª ¿Se trata de dos maneras distintas de considerar un mismo objeto, una “científica” y otra “filosófica”, de suerte que la segunda sea el complemento de la primera? ¿Cabe admitir el planteo del problema en un doble plano científico, uno “físico” y otro “filosófico”?

4ª ¿No podría tratarse de dos formulaciones aparentemente distintas de una misma teoría, en dos fases sucesivas de un mismo desarrollo?

Pues bien, anticipando nuestro propósito, nuestro intento es seguir el proceso histórico del desarrollo del problema, para sugerir que las relaciones que existen entre la teoría hilemórfica tradicional y las teorías físicas y biológicas actuales no son de oposición, ni menos aún de contradicción, sino de identidad fundamental y de continuidad, como dos etapas complementarias de desarrollo de un mismo proceso histórico que versa sobre una investigación perteneciente a la interpretación de un problema físico.

En esta actitud previa va implícito el propósito de que no nos contentamos con un aspecto minimista de conciliación, buscando criterios para salvar ambas teorías, cada una en su propio orden, sino que tendemos a hacer resaltar la identidad fundamental de un concepto de la realidad que coincide en el fondo, aunque sea distinto en el modo de expresión y en la nomenclatura.”

La conclusión a que se llega es:

“Otra modalidad del concepto de la separación entre Ciencias y Filosofía consiste en considerar a la Física y a la Cosmología (Filosofía) como si fueran dos ciencias a las que les correspondería recorrer dos etapas sucesivas en el proceso de una misma investigación. Según esto, primero habría de comenzar por la Física, utilizando métodos experimentales y matemáticos, de lo cual resultaría la Física tal como actualmente la conocemos. Pero después habría que prolongar la investigación, remontándonos más arriba a un plano más abstracto, y allí proponer la teoría hilemórfica, la cual tendría así un alcance y un sentido no puramente físico y experimental, sino racional y “filosófico”. Así, la Física daría una solución “científica” del

problema, por las causas próximas, elaboradas a base de los datos de la experiencia sensible, y la Cosmología daría una solución “filosófica”, penetrando hasta las profundidades más recónditas de la esencia de la materia y elevándose hasta las alturas de las causas últimas y más remotas.

Pero todo esto no es más que un puro espejismo en el campo de la ciencia. No se trata de dos órdenes distintos del saber –Ciencia y Filosofía–, sino de dos etapas que ha seguido el desarrollo histórico de un mismo problema dentro de la ciencia física, y en el fondo también de una misma solución.

Tenemos aquí un caso típico, tantas veces repetido, en la historia, de formas rebasadas, que quedan como enquistadas y perduran a través de los siglos, prolongando su existencia junto a otras formas o expresiones que son a la vez su continuación y su superación. Pretender prolongar la distinción, o lo que es peor el antagonismo entre el hilemorfismo y la Física moderna, equivale en cierto modo al cuento de aquel sacristán que enseñaba dos calaveras de un mismo santo, y lo explicaba diciendo que la pequeña era de cuando era niño, y la grande, de cuando era viejo.”

Respecto a la necesidad de la Metafísica de la Naturaleza o Cosmología, ésta es la misma que se invoca para cualquier otra ciencia que pretenda la solidez de sus cimientos para hallar la verdad, o por lo menos acercarse a ella, y esto exige la consideración del ser de las cosas y de los cinco trascendentales, así como las causas últimas, de la causa final en particular, por ser causa de las demás: “causa causarum”. A este fin podemos citar el pensamiento de dos físicos: el premio NOBEL WERNER HEISENBERG² en un diálogo con NIELS BOHR:

(W. H.) “Los positivistas –añadí yo– son sobremanera hipersensibles a todos los problemas que, como dicen ellos, presentan un carácter precientífico. Recuerdo un libro de PHILIPP FRANK sobre la ley de causalidad, en que el autor rechaza continuamente ciertos problemas o formulaciones con el pretexto de que se trata de restos de metafísica, de una época

² W. HEISENBERG, *Diálogos sobre la Física Atómica*, pp. 259 - 260. Ed. B.A.C. Madrid. 1975.

precientífica o animista del pensamiento. De esta forma elimina como precientíficos los conceptos biológicos de ‘totalidad’ y ‘entelequia’ e intenta demostrar que las proposiciones que se usan generalmente con tales conceptos no tienen contenido comprobable alguno. La palabra metafísica resulta así, hasta cierto punto, una expresión injuriosa con la que se caracterizan procesos de pensamiento carentes totalmente de precisión.”

(...) (N.B.) “Hablabas antes de PHILIPP FRANK y de su libro sobre la causalidad. También PHILIPP FRANK participó en el Congreso de Filosofía de Copenhage y pronunció una conferencia, en la cual calificó a la metafísica, como tú decías, de mera expresión injuriosa, o, por lo menos, como ejemplo de una manera de pensar acientífica. Al terminar la conferencia tuve que tomar postura, y dije aproximadamente lo que sigue:

En primer lugar no logro entender por qué el prefijo *meta* solamente puede ser antepuesto a conceptos como lógica o matemática –FRANK había hablado de la metalógica y de la metamatemática– y no puede emplearse delante del término física. El prefijo *meta* significa pura y simplemente que se trata de cuestiones que vienen después, es decir, cuestiones que versan sobre los fundamentos de la disciplina correspondiente. ¿Por qué, pues, no se ha de poder investigar lo que hay más allá de la física?...”

Como ya hemos visto, nosotros nos adherimos a la corriente de pensamiento que considera el hilemorfismo con un enfoque filosófico, diferente del de las ciencias naturales, aunque ambos sean *complementarios*. Tampoco es posible reducir la Filosofía de la Naturaleza a una Filosofía de la Ciencia o a un estudio meramente lógico de la metodología científica. La Cosmología está firmemente basada en la experiencia, tanto la ordinaria como la que le proporcionan las demás ciencias experimentales, pero su método es diferente y no precisa del estudio detallado y específico de cada ciencia. Juzga esta experiencia a la luz de los principios últimos de la Metafísica.

Al hilo del enfoque de nuestro pensamiento cosmológico que acabamos de manifestar, trataremos algunos temas fundamentales de la Filosofía de la Naturaleza con el ánimo de

aportar algunas ideas que faciliten la puesta al día de esta ciencia en relación con la Física, la Biología y las cosas que hace el hombre, los “artefactos” según tradicionalmente se denominan. No será una exposición sistemática, ni mucho menos exhaustiva, de los grandes temas cosmológicos; no pretendemos elaborar un tratado. Se estudiarán, en primer lugar, aquellos aspectos necesarios para dar a conocer nuestras ideas y otros que ayuden a complementar la exposición. También se repetirán a propósito algunos temas, *de manera cíclica*, para ampliar la exposición o variar el punto de vista.

1.2. SUSTANCIA, ESENCIA, NATURALEZA.

Estos tres conceptos sirven para expresar lo que una cosa es. La palabra *sustancia*, estrictamente, sólo se aplica a entes materiales; la palabra *esencia* puede referirse, indistintamente, tanto a entes materiales como espirituales; y *naturaleza* puede aplicarse, asimismo, a seres materiales y espirituales. Pero mientras las dos primeras connotan más bien el aspecto *estático* del ser, la última expresa el *dinamismo* inseparable de todo ser. Sin embargo el ser estático, considerado en su duración o permanencia en el ser, es siempre dinámico: actúa sobre los demás y no se mantiene igual a sí mismo de una forma absoluta, pues todo ser actúa según su esencia, “operare sequitur esse”, o bien “omne agens agit simili sibi” en expresiones clásicas. Cabría considerar entes absolutamente estáticos, sin ningún tipo de acción, pero esto en la realidad no se da, pues en la estructura última de la materia no existe el *reposo absoluto*, y en los entes espirituales la inteligencia y la voluntad son siempre activas.

Podemos preguntarnos ¿Qué es la *sustancia*, la *esencia* o la *naturaleza*? Antes de contestar esta pregunta podemos considerar el *ente* que expresan en una doble vertiente: como *real* o como *idea*, en el primer caso tenemos el *ser en sí*, independiente, aunque no de un modo absoluto, solamente aplicable a DIOS; en el segundo caso tenemos el *ser en una mente*, el *ser en cuanto conocido*, cuya única entidad es ser en la mente de un ser inteligente: Dios, los ángeles, el hombre. Si sólo aceptamos como

ser el primero nos quedamos en un *puro realismo* y si solamente admitimos el segundo tenemos el *idealismo absoluto* al que no le interesa la realidad, por lo menos de una forma directa. Entre estos dos polos se ha desarrollado y se desarrolla aún la filosofía del ente, desde ARISTÓTELES y PLATÓN hasta nuestros días. En DIOS, *Acto Puro*, se trascienden y unifican esos dos aspectos del ente, pues es la máxima realidad: “Ego sum qui sum” (Ex. III, 14) y al mismo tiempo la Segunda Persona trinitaria es el *Verbo*, la *Idea* por antonomasia.

No cabe duda que las *cosas* antes que entes reales fueron en una mente que las pensó, de ahí la primacía de la *idea*; esta mente es DIOS en último término: “In principio erat *Verbum*, et *Verbum* erat apud Deum, et Deus erat *Verbum*. Hoc erat in principio apud Deum. Omnia per ipsum *facta sunt*,...” (Ioann. I, 1–3). Los hombres también pensamos las cosas antes de hacerlas; realizamos nuestras ideas; primero es el proyecto luego su realización. Evidentemente que la idea no es la cosa, *no es en si*, independiente de la mente que la creó; en este sentido su ser es muy pobre pero goza de una propiedad que la distingue de los entes reales: es *universal*, es decir, pueden existir tantos entes reales como queramos que son la realización de esta misma idea. Los entes materiales, precisamente por serlo, son *singulares*, no pueden agotar la universalidad de la idea, por este motivo la idea es patrimonio de los entes espirituales: DIOS, los ángeles y nosotros, los hombres. Los entes espirituales son la realización de las ideas que DIOS concibió para cada uno de ellos, ideas todas diferentes, pues de lo contrario serían la misma. Los espíritus, por no estar sujetos a la materia, realizan totalmente la universalidad de la idea y, por estar dotados de *inteligencia*, pueden a su vez concebir y tener ideas, ideas que pueden realizar, de forma singular, en entes materiales por tener el don de la *voluntad*, por ser *libres*. Los ángeles son diferentes unos de otros precisamente por este hecho; los hombres, al formar una unidad espíritu–materia, somos singulares por el cuerpo y distintos por el alma. DIOS es el espíritu absoluto, en la Trinidad está la Idea eterna, el Verbo, trasciende a las cosas, entes materiales

singulares, y a los espíritus, también singulares pero que agotan *el universal* mientras que aquellos no.

Así, después de las precedentes consideraciones, podemos afirmar que la *sustancia* (la *naturaleza* o la *esencia*) *es en si* porque responde a tal *idea* en primer lugar y porque *ha sido realizada*, en segundo lugar; sea de la *nada* o de la *potencialidad* de la materia; lo primero es privativo de DIOS y lo segundo cae dentro del ámbito de acción de los espíritus creados. En esta línea de pensamiento nos acercamos al idealismo platónico en cuanto a la primacía de la idea por la universalidad de su contenido, podemos decir que toda idea siempre es universal. Las cosas, por ser reales, satisfacen la definición de sustancia en cuanto *son en si* pero tienen la limitación inalienable de la *singularidad* inherente a la materia; los universales –las ideas– son asimismo reales pero no en si, sino en la mente que las posee.

Vistas así las cosas, la interminable “controversia de los universales” quedaría resuelta. Estos dos aspectos del ente: *cosa* o *ser en si*, y *ser conocido* o *idea*, no se contraponen sino que ambos son expresión de la *realidad total*. Conocimiento y realidad, material o espiritual, son inseparables de ahí la necesidad de un enfoque global del problema que aquí abordamos: el estudio del *ente y de las ideas*, que serán el tema de los siguientes apartados.

1. 3. EL ENTE.

Con esta palabra, *ens*, comenzamos nuestro discurrir metafísico: existe un universo de seres, que son diferentes, entre los que nos incluimos nosotros mismos, los observadores, en nuestro afán por conocer. Aquí nacen espontáneamente algunas palabras que indican este *ens reale*, son los *trascendentales* del ser, que constituyen diferentes formas de indicar lo mismo –el *ens*– bajo distintos aspectos. Uno ya lo tenemos, es el que nos da la palabra *ens*, lo que es. Otro aspecto del *ens* es que es algo: *aliquid*, una cosa; pero como acabamos de afirmar es “una cosa”, la unidad, el *unum*, que se opone a la multiplicidad de un ser

concreto. Y en cuanto éste se corresponde con la idea que tenemos del mismo decimos que es verdadero: el *verum*, indica que nada es jamás falso en sí considerado, la falsedad no es del ente sino de un error de correspondencia con la idea. Además, en cuanto todo ente forma parte de un conjunto de entes ordenados –el *Universo* creado– en el que no sobra ni falta nada, decimos que es bueno: *bonum*, es otra expresión trascendental del ser, que nos recuerda aquellas palabras de comienzo del Génesis: “y vio DIOS que era bueno...”. Finalmente podríamos añadir otro aspecto de este último que hace referencia a la belleza del ser, en cuanto no existe nada que sea intrínsecamente feo, todo ente es hermoso: *pulchrum*. Tenemos así expresados los *cinco transcendentales* del ser.

Mérito de ARISTÓTELES fue llegar a la conclusión de que el *ens* no era ni equívoco ni unívoco sino *análogo*: “ser se dice de muchas maneras”. Le interesaba el *ente en cuanto ente*: el $\tau\omicron\ \omicron\nu\ \eta\ \omicron\nu$, y a partir de ahí llegar a los primeros principios y primeras causas, objeto de una *filosofía primera* que es caminar hacia DIOS; su proyecto no es meramente “positivo” –la realidad sensible– sino que pretende llegar hasta DIOS a través de la *ontología*³. Sin embargo para llevar a cabo esta empresa no basta con la comprensión de la *ουσια*, la *sustancia*, es precisa la distinción de que al *sujeto en acto* se le da una nueva actualidad que, aunque inseparable, no viene connotada en este acto: se trata del *acto de ser*. Esta idea la expresaría con toda claridad SANTO TOMÁS DE AQUINO. “No cabe duda de que ARISTÓTELES llega a la necesidad del primer motor inmóvil. El eje de su investigación es el $\tau\omicron\ \omicron\nu\ \eta\ \omicron\nu$ “Esta expresión designa la *ουσια*, pero expresándola (haciéndola visible) de una manera diferente, lleva a un nivel de comprensión distinto del de PLATÓN (...). La determinación existencial (*ουσια*) es experimentada en un *encuadre dinámico* incesante. Cada realidad es en la medida en que se reconstituye en cada instante como un ejercicio de existencia. La realidad es pues comprendida bajo la

³ Cfr. J. LORITE MENA, *Pourquoi la Metaphysique?* . pp. 112 - 113. Ed. Tequi. París. 1977.

tensión de dos polos complementarios que marcan los sillares de la existencia. La determinación que acepta la fijación del presente y el dinamismo que exige la novedad, la unión del pasado y de lo porvenir, como garantía de existencia”⁴. Pero ARISTÓTELES, con su doctrina del *acto* y de la *potencia*, no acaba de delimitar la autonomía de este acto, *es*, acto de un acto: ουσια , por no lograr distinguir entre *esencia –quidditas–* y *existencia –acto de ser–*, que le abriría definitivamente el camino hacia la divinidad, no sólo primer motor inmóvil, acto puro, si no: “Yo soy el que Soy”: “*ipsum esse subsistens*” (Ex.III, 14).

1. 4. LAS IDEAS.

Acabamos de afirmar la analogía del ser; la *idea* es un *modo de ser*, su existencia es intelectual, es en una mente. Respecto al ser real, espiritual o material, la idea es un *ser en potencia*, pues es susceptible de *realizarse*; los entes materiales creados son ideas realizadas: un *universal* que se *individúa, singulariza* al ser participado en la materia. Un ángel, el alma humana, son *ideas* de DIOS *individuidas en forma espiritual*: son individuos *diferentes* porque agotan la universalidad de la idea creadora, que es *distinta* de otra y, por ser inteligentes, en su mente pueden dar cabida a otras ideas. Realizar ideas a partir de la nada es atributo de DIOS intransferible a ninguna inteligencia creada, pues la potencia necesaria es evidentemente infinita. La materia creada de la nada es una de estas ideas divinas realizadas; esta materia, sin embargo, cae dentro de la capacidad de acción de las mentes creadas –ángeles u hombres– que pueden actualizar sus ideas en la misma, esto es, crear otros entes en la materia ya existente y también destruirlos, pero no de forma absoluta: la materia creada es *indestructible* como *substrato*, aparece una actualización y desaparecen otras, y decimos que los seres materiales son *corruptibles* en este aspecto. El hombre, además, está unido a la materia formando una *unidad* cuerpo–espíritu, que es esencial, es decir, en la idea divina de hombre se incluye el alma espiritual y su unión con la materia; fue creado “*ut operaretur*” y la primera

⁴ E. GILSON, *El Tomismo*. p. 334. Ed. Eunsa. Pamplona. 1978.

operación de este ser con la materia es *él mismo*, las demás acciones que pueda realizar no son esenciales, pues tiene *libertad* de acción. Los ángeles aunque tienen poder sobre la materia, ésta no forma parte de su ser, no les es esencial. En este aspecto los hombres son más perfectos que los ángeles, pues aunque la materia limita, singulariza, esta limitación es transitoria; mientras el alma es *infundida* en un cuerpo al engendrarse un hombre, un *homo viator*; es un “alma viviente” en frase de la Escritura⁵. Cuando alcancemos la situación definitiva, al fin de los tiempos, será el espíritu el que dominará la materia: “espíritu vivificante”, que da vida a la materia pero sin que ésta lo limite como espíritu⁶. En este sentido el “ut operaretur” es esencial al hombre, pues la materia no sólo es un constitutivo *personal* sino que nos constituye en *sociedad*, al participar todos los hombres del *mismo substrato material*, al que pertenece también JESUCRISTO, cabeza de este cuerpo misterioso –*místico*– pero *real e indestructible*. Así podemos afirmar que “el reino de los cielos ya está entre vosotros”, pues el *substrato* es el mismo, sólo que ahora su actualización es temporal hasta alcanzar el *fin de los tiempos*, pero no de la materia como substrato: “En un momento, en un abrir y cerrar de ojos, al son de la última trompeta, pues la trompeta sonará, los muertos resucitarán incorruptos y nosotros seremos transmutados”⁷

1. 5. SER EN POTENCIA Y SER EN ACTO.

Corresponde también a ARISTÓTELES el mérito de que los *modos de ser* más prístinos son el *ser en acto* y el *ser en potencia*, que le permitieron salir del absolutismo parmenídico y del relativismo heracliano y así poder explicar la realidad del *movimiento* y de su medida: el *tiempo*. Sin embargo habría que esperar a TOMÁS DE AQUINO para distinguir claramente la composición última de todo ser en *esencia* y *acto de ser*, en *ens* y *esse*. Sólo en DIOS no existe esta composición: es *simple, idea* y

⁵ Cfr. Gen. y I Cor.

⁶ Vid. I Cor.

⁷ Cor. XV, 52.

acto de ser se identifican eternamente: el Logos , la IDEA pronunciada eternamente por el PADRE, *es* , en una *única naturaleza* divina en inseparable unión con el PADRE y el ESPÍRITU SANTO. ARISTÓTELES llegó a la visión de este acto supremo, a esta visión de DIOS como *Acto puro*, pero no alcanzó la distinción del AQUINATE entre *ens* y *esse*. Muchos siglos antes el famoso tetragrama, YAHVÉH, había quedado escrito en la Biblia: “Yo soy el que Soy” (Ex. III, 14), esto es, *Mi esencia es el acto de ser*.

El ser de la *idea* se puede considerar en un doble aspecto: como un *ser en acto* en una mente, necesariamente espiritual, pues, aunque no se haya realizado –en la materia o en otro espíritu–, es un modo de ser; y también se puede considerar como un *ser en potencia* de recibir el acto de ser, como se desprende de nuestra última afirmación. En este último sentido la *idea* es el primer ser en potencia que se puede considerar y, por ser *universal*, es susceptible de infinitas posibilidades de ser actualizada en la materia, siempre y cuando esta idea se refiera a entes materiales. Evidentemente que se podrían considerar *ideas* imposibles de ser realizadas, en este caso diríamos que se trata de *ideas absurdas*, por algún motivo por lo menos, también se llaman *entelequias*, etc. Si se trata de ideas estrictamente espirituales, en este caso sólo podrán existir en una mente, o en varias, pues una misma idea puede ser conocida por muchas mentes que tengan la capacidad de conocerla. Las ideas se pueden *transmitir* de un ser espiritual a otro y a esto se le llama comunicar la ciencia; DIOS puede darnos *ciencia infusa*, esto es, ideas infusas de cosas materiales o estrictamente espirituales, aunque este no es el modo ordinario de nuestro conocimiento.

Nuestro saber ordinario se nos transmite a través del *lenguaje*, con el que aprehendemos y nos comunicamos las ideas; este lenguaje es múltiple y muy diverso: oral, escrito, la observación directa de la naturaleza material, nuestra imaginación sensible, etc. También para pensar, los hombres necesitamos de un lenguaje material en nuestro cerebro (la imaginación), por medio del cual en definitiva entendemos las cosas a través del

complejo sistema del conocer. El lenguaje, por perfecto que sea, siempre es algo material y, por tanto, *singularizado, finitario*, es un medio de comunicar las ideas, pero es inferior a ellas, puesto que éstas son siempre *universales*; sin una mente –que es espiritual siempre– no se podrían comunicar, es la mente quien *descifra el lenguaje y entiende la idea* que le han querido comunicar otras mentes: DIOS, los ángeles, los hombres. Así, por ejemplo, un libro es un lenguaje escrito que comunica las ideas del autor a los que lo leen, pero en sí mismo es muy pobre respecto a las ideas que transmite; se suele afirmar: “al buen entendedor pocas palabras bastan”. El lenguaje es indispensable para el pensar humano pero éste le supera en su universalidad, puesto que es espiritual, mientras aquél es material, singular. Los ángeles al conocer, *intuyen*, no precisan de lenguaje para comunicar sus ideas.

A propósito de la primacía de la idea respecto a los entes materiales creados, me parece muy interesante el siguiente texto del cardenal J. RATZINGER⁸:

El primado del Logos

“La fe cristiana significa ante todo una decisión en pro del primado del Logos y en contra de la pura materia. Decir ‘creo en DIOS’ es hacer una opción en pro de esta idea: el Logos, es decir, la idea, la libertad y el amor existen no sólo al final sino también al principio; él es el poder que comprende todo ser y que da origen a todo ser. Con otras palabras: la fe significa una decisión que afirma que la idea y la inteligencia no sólo no son un derivado accidental del ser, sino que todo ser es producto de la idea, es más, en su estructura más íntima es idea. Según esto, la fe, en sentido específico, significa decisión por la verdad, comprensibilidad, inteligencia. Pero todo esto no es un producto secundario del ser que puede, sin embargo, carecer de significado decisivo y estructural para el todo de lo real.

Esta decisión en pro de la estructura conceptual del ser nacida de la inteligencia y de la comprensión incluye la fe en la

⁸ I. RATZINGER, *Introducción al Cristianismo*. pp. 123–128. Ed. Sígueme. Salamanca. 1969.

creación. Al espíritu objetivo lo encontramos en todas las cosas; más aún, progresivamente comprendemos las cosas como espíritu objetivo; pues bien, la fe en la creación significa que estamos convencidos de que ese espíritu objetivo es imagen y expresión del espíritu subjetivo y de que la estructura conceptual del ser en la que nosotros pensamos *después* es expresión de la idea creadora *anterior* por la que existen las cosas...”

Y más adelante nos resume:

“El problema, en síntesis, es éste: ¿cuál es, dentro de la multiplicidad de las cosas, la materia común, por así decirlo, del ser?; ¿ qué es el ser único que subyace detrás de las múltiples cosas que, sin embargo, ‘son’? Las respuestas que la historia ha dado a este problema pueden reducirse a dos; la primera está más cerca de nosotros; es la solución materialista; reza así: todo lo que encontramos es, en último término, materia; la *materia* es lo único que siempre permanece como realidad comprobable; presenta, por tanto, el auténtico ser del ser. La segunda posibilidad sigue un camino contrario: quien considera la materia, dice, descubrirá que es ser-pensado, idea objetivada. No puede, por tanto, ser lo último; antes de ella está el pensar, la idea: todo ser es, a la postre, ser-pensado y hay que referirlo al espíritu como a realidad original. Estamos ante la solución ‘idealista’ ”.

Hemos tratado de los *modos de ser en potencia* y en *acto*, son modos de ser que se pueden explicar pero no definir, por ser *primarios* y de conocimiento evidente. Se trata de un descubrimiento importante que permitió a ARISTÓTELES acercarse a DIOS, supremo ACTO, y explicar de manera inteligible la naturaleza del *movimiento*, modo de ser fugaz, que no es ni sólo potencia ni acto acabado, sino el *paso* de potencia a acto; un verbo latino lo resume: *fieri*, hacerse; o bien más explicitado: “acto imperfecto de un ser imperfecto”, y también: *actus entis in potentia quatenus in potentia* en su versión medieval. Los seres espirituales sólo pueden estar en potencia o en acto de conocer o de transmitir este conocimiento, pues poseen un *dinamismo* espiritual, pero este movimiento es puramente intelectual y volitivo en los ángeles y en el hombre en cuanto que el alma es espiritual. En lo que sigue nos detendremos especialmente en el

ente material, y hablaremos de *materia* y *forma* así como de la *sustancia* y los *accidentes*.

CAPÍTULO 2

EL PLANTEAMIENTO HILEMÓRFICO.

2. 1. MATERIA Y FORMA. SUSTANCIA Y ACCIDENTES.

Hemos empleado los términos *acto*, *potencia*, referidos al ser; cuando se trata de seres materiales, la materia, como todo ser creado, posee una actuación fundamental que es el *acto de ser*, dado por DIOS. Pero distinguimos además otros *actos* que determinan esta materia en los diversos modos de ser que observamos en el Cosmos, estos actos reciben el nombre de *formas*, sin los cuales la materia no podría ser, pues sería *informe*. La materia es un modo de ser potencial respecto a los actos que pueda recibir; si se trata del acto que formaliza tal *ser en si*, individuado e independiente, decimos que se trata de un *acto sustancial*, o lo que es lo mismo: la materia ha sido determinada por una *forma sustancial*. Existen otros actos que no son sustanciales; en un ser ya constituido por el acto sustancial pueden darse o no, aunque siempre se dan una variedad de ellos por ser concomitantes con la forma sustancial. Estos actos reciben el nombre de *accidentes*, y también el de *formas accidentales*, su ser es *ser en otro*: la *sustancia*; podemos decir que el acto sustancial se explica por un conjunto de actos accidentales, siendo necesarios algunos de ellos mientras que otros no lo son. Nuestros sentidos, al observar la naturaleza, no aprehenden directamente la forma sustancial de un ser, pues la sustancia es *inteligible* –lo más inteligible de un ser– pero no es aprehensible directamente por los sentidos, éstos son capaces de aprehender los accidentes –cualidades sensibles– que la explican, y a través de esas *cualidades sensibles* es entendida la sustancia. Este proceso de entender es complejo, pero el resultado es que el ser inteligente –espíritu– es capaz de hacerse con la idea de la que

una determinada sustancia es expresión *singular*; la forma sustancial es el acto, en la materia, de la idea, *causa ejemplar, universal*, que sólo puede existir en una mente; es un acto en la mente, una actualización de la mente. Como ya se afirmó, idea y sustancia se corresponden, pero la primera es inmaterial y universal, es en una mente, mientras que la segunda es su expresión material, singular. La idea es superior por su universalidad e inmaterialidad y por ser causa ejemplar de la sustancia, pero no posee un ser independiente: está confinada su existencia en una mente que la posee, mientras que la sustancia es exterior a la mente, posee existencia propia e independiente en la materia.

La sustancia está en potencia de recibir o perder actos accidentales, en este sentido actúa como potencia respecto a tales actos, pues actúa como *substrato* que permanece en estos *cambios accidentales*; tradicionalmente recibe el nombre de *materia segunda* para distinguirla de la *materia prima*, que sería el substrato permanente en aquellos cambios, profundos, en que la sustancia –sujeto de los accidentes– es cambiada por otra, es decir, cuando se da un *cambio sustancial*. Pero la explicación correcta de tal cambio al modo tradicional ofrece muchas dificultades a nuestro modo de entender, el primero y más importante es que el substrato, la *materia prima*, es *pura potencia*, pues no puede existir sin el acto sustancial, y puesto que se dan cambios sustanciales –y dos sustancias diferentes no pueden coexistir en un mismo ser–, en el momento del cambio el substrato debe ser sin ningún acto, pura potencia, y además debe ser sin duración, *instantáneo*. Evidentemente que si se dieran tales cambios en el Cosmos, serían sustanciales, pero en nuestro modo de entender tal explicación equivale a admitir la aniquilación de un ser para crear, de la nada, otro distinto; el que no exista duración en tal proceso no resuelve el problema, pues volver a la nada una cosa y, en un “instante intemporal”, sacar otra distinta también de la nada equivale, en nuestra opinión, a una “discontinuidad” en el acto de ser, obviamente muy difícil de admitir.

por otra parte, una dificultad, no menos imponente, es que las cosas fabricadas por el hombre están constituidas por una multitud de sustancias diversas, que conservan su identidad sustancial; es decir, varias sustancias coexisten en una “nueva sustancia”, cosa del todo imposible en la visión sustancial que acabamos de exponer. La única solución es admitir que al hombre le es dado fabricar “artefactos” –*agregados* de sustancias diversas– pero le está vedado el orden sustancial. Las únicas sustancias que se dan en la Naturaleza son las “naturales”, cuyo mejor exponente son los seres vivos, en los que cada parte pierde su sustancialidad, pues ésta es la del ser viviente de que se trate; éste no es un agregado de sustancias como sucede en los artefactos citados, sino un auténtico *compuesto* o *mixto*, articulado hasta las mismas profundidades de la materia prima. Esta solución se podría admitir al nivel científico del siglo XIII, pongamos por caso, pero resulta insostenible con nuestros conocimientos actuales de la materia. Los artefactos humanos en esta visión medieval, por perfectos que sean, no son sustancias aunque lo parezcan, a lo sumo serían imitaciones de las auténticas, de las naturales: “ars imitatur naturam”. Los vivientes, siguiendo la tesis de STAUDINGER, se diferencian de las máquinas fabricadas por el hombre en que las piezas que los componen son átomos, moléculas, electrones, que permanecen “virtualmente”. La construcción de tales supermáquinas, aunque se tratara de una simple *ameba*, cae fuera de las posibilidades prácticas actuales y futuras; el “número de AVOGADRO”, al que deberíamos acudir para hacernos una idea del número de piezas a manejar, en el supuesto de que tuviéramos las herramientas para ello, es absolutamente disuasorio: un “puzzle” inmenso. Hemos presentado las principales dificultades de la doctrina “hilemórfica”, entendida en su sentido clásico; en lo que sigue expondremos otra alternativa en el seno de la misma, manteniendo el sentido original en la mayoría de sus hallazgos y expresiones, que por su evidencia intangible mantienen un sentido perenne, pero modificando algunos conceptos fundamentales para soslayar tales dificultades sin caer en otras mayores. Comenzaremos por el estudio detallado del *movimiento* en el planteamiento hilemórfico, para seguir con un nuevo

planteamiento de la noción de *sustancia* y la relación de la Filosofía de la Naturaleza o Cosmología con la Cosmología Física; esto es, entre “el ser de los filósofos” y el “ser de los físicos”.

2. 2. MOVIMIENTOS PROPIOS.

En la formulación hilemórfica de la Naturaleza se describe el cambio como el paso de potencia a acto. Éste fue, sin duda, el gran descubrimiento de ARISTÓTELES para expresar la esencia del movimiento: *pasar por, fieri*, “acto imperfecto de un ente imperfecto”. El *sujeto* del movimiento permanece durante el cambio, no se modifica sustancialmente; el cambio o movimiento le afecta accidentalmente: desaparecen unos accidentes, o se modifican, y aparecen otros, sin embargo el sujeto permanece. Así, por ejemplo, el sujeto cambia de *lugar*, y entonces decimos que ha habido *movimiento local*; o bien su *cantidad* varía y lo entendemos como *aumento* o *disminución*; o también –y es lo más corriente– han cambiado *cualidades* del sujeto y entonces se abre el amplísimo abanico de las *alteraciones*. En estos tres cambios o movimientos existe, propiamente, una *duración* en el hacerse, en el “*fieri*”, y por este motivo se les denomina *movimientos propios*. Si observamos con atención este tipo de movimiento, se entiende fácilmente que toda *alteración* presupone un cambio *cuantitativo* –motivo por el cual las cualidades se pueden cuantificar de modo indirecto– y este último implica, en último término, movimiento *local*.

2. 3. MOVIMIENTO EN SENTIDO IMPROPIO.

En los tres tipos de cambio antes descritos existe un *substrato* que permanece, un *sujeto*. Este sujeto, entendido como substrato en el cambio, es lo que se denomina *materia segunda* que está en potencia de ser actualizada por los actos correspondientes a los diversos accidentes, o *formas accidentales*, que se van sucediendo en el movimiento. Esta materia segunda está siempre en acto (acto sustancial que no varía) pues en esto consiste la permanencia del sujeto durante el movimiento.

Si los movimientos no afectaran nunca al sujeto como tal, entonces el problema que provoca todo cambio, desde el punto de vista de la Filosofía de la Naturaleza, estaría definitivamente resuelto; pero en la naturaleza se observan cambios más profundos, es el mismo sujeto el que cambia: de ser lo que es pasa a ser otro (o varios), por tanto sustancialmente distinto. Frecuentemente puede ser difícil determinar si ha habido cambio sustancial, pues lo que se percibe no es la sustancia sino los accidentes que la explican, pero es fácil percibir este profundo cambio entre dos extremos si son muy claros: por ejemplo entre viviente y cadáver. Quedará por determinar el momento en que se produce tal cambio: “un instante intemporal”, sin duración, pues o se es un sujeto o se es otro, pero no dos sujetos a la vez, y no cabe una duración sin sujeto. Por este motivo se designa con el calificativo de *impropio* al movimiento sustancial, y lo mismo cabe decir de la generación y corrupción de los accidentes, de los cambios accidentales en el instante en que se produce el cambio sustancial, pues éstos se *especifican* por la sustancia a la que se inhieren. Esta es la doctrina aristotélica que recoge Santo TOMÁS DE AQUINO, perfeccionándola con la genial distinción en *esencia y acto de ser*.

2. 4. EL PROBLEMA DEL SUBSTRATO EN EL CAMBIO SUSTANCIAL.

Por analogía con los movimientos propios, al substrato que es preciso admitir en el cambio sustancial se le designa con el nombre de *materia prima*, pero ahora ya no se trata de un sujeto del cambio en *acto*, sino en *potencia*: “pura potencia” que como tal no puede existir aislada, sin ninguna actualidad; por este motivo el cambio –de un acto sustancial a otro distinto– debe ser instantáneo juntamente con el de los accidentes concomitantes, pues, como acabamos de afirmar, los accidentes son en una sustancia constituida como sujeto en acto. En el “instante” del cambio sustancial la materia prima está absolutamente desnuda de todo acto, no cabe otra posibilidad. Este hecho parece ser el punto más débil de la teoría hilemórfica, el único punto débil nos atrevemos a decir, pero de una debilidad crucial: si no se admite,

toda la gran construcción hilemórfica queda mutilada en cuanto no es capaz de explicar el cambio sustancial. Y al llegar a este punto o bien se admite que no existen cambios sustanciales, y sí solamente a nivel accidental, o bien es preciso modificar la teoría; en el primer caso llegamos a la concepción de un Universo como *única sustancia*, y si nos decidimos por la pluralidad de sustancias, sujetos independientes, será preciso reelaborar el concepto mismo de sustancia y explicar el cambio sustancial sin necesidad de descender a las profundidades de la materia prima.

2. 5. LA SUSTANCIA Y LA PARADOJA DEL CAMBIO SUSTANCIAL

Si aceptamos la materia prima como substrato y definimos la sustancia como “*aquello que es en si e independiente de otro*”, establecemos, como ya se ha expuesto, una cortadura no sólo a nivel *formal* –responde a una idea distinta de cualquier otra– sino también a nivel *material*, pues la afirmación de este substrato común, pura potencia, equivale, en esta forma de ver la cuestión, a un corte radical entre las diversas sustancias que se consideren.

En el cambio sustancial, tal como lo explica la doctrina tradicional, queda patente esta profunda separación que, aunque se trata solamente, como ya se dijo antes, de la cortadura causada por un “instante intemporal”, no deja de descender hasta el abismo de la nada: se aniquila una sustancia y se crea, “*ex nihilo*”, otra. Es evidente que éste no es el propósito que persigue el hilemorfismo clásico, pero no cabe duda de que reducir un ser a pura potencia, materia prima, equivale a aniquilarlo, y esto vale lo mismo tanto si la duración es finita como si se trata de un “instante intemporal”.

Por otra parte podemos considerar las alteraciones que sufre el sujeto antes del cambio sustancial en cuanto que le disponen a tal mutación: son las “disposiciones previas”; estas alteraciones son movimientos propios, necesitan un lapso de tiempo para producirse, aunque esta duración sea *infinitésima*, infinitésimo no es lo mismo que “instante intemporal”, que significa sin duración

nisiquiera infinitésima. Luego, si las “disposiciones previas” son afectadas por una duración nula, no cambian nada y, en consecuencia, no se puede dar el salto a las “disposiciones próximas” pertenecientes ya a la nueva sustancia generada. Este “instante intemporal” supone un final de movimiento en las alteraciones del sujeto: o bien por aniquilación, o bien –cabe la posibilidad teórica– porque llega a una situación *estática*, en que cesa todo movimiento aunque el sujeto persista; existe *duración* pero no existe el *tiempo* como medida del movimiento: todos los instantes son intemporales.

2. 6. HACIA UNA ULTERIOR COMPRENSIÓN DE LA SUSTANCIA Y DEL CAMBIO SUSTANCIAL

Como ya hemos apuntado, podríamos concebir el Cosmos a modo de *sustancia única* que aparecería, en virtud de los posibles cambios accidentales, con una multitud de configuraciones pero sin que jamás se diera un cambio sustancial, pues no existe ninguna causa agente –material o espiritual– que actúe sobre su potencialidad para ser “otro sujeto”. Si esta causa agente fuera el mismo sujeto, entonces obraría intrínsecamente por propia naturaleza y no podría pasar a ser “otro” pues dejaría de obrar por propia naturaleza. Así pensado, el Cosmos no ofrece ningún problema, incluso podemos imaginar que nuestro Universo podría haber sido creado con estas características. El problema reside en averiguar si todo lo creado procede de la evolución de una sustancia única, hecha así por voluntad de DIOS, pues no es obligatorio que sea única. DIOS podría, evidentemente, haber creado una única sustancia material cuya evolución diera no sólo la configuración actual del Cosmos, sino la que fue y la que será. La hipótesis se restringe al ámbito estrictamente material, no consideramos el hombre por ser formalmente espiritual; pero la realidad es que la pluralidad de *especies*, esto es de sustancias, es un hecho difícilmente contestable, máxime en el marco de los seres vivientes. El evolucionismo darwiniano y neo-darwiniano se desenvuelve, en el fondo, en la línea de una sustancia única, pero cuanto más avanzan los conocimientos en las diversas ramas del saber, científicos del máximo prestigio como HEISENBERG,

JORDAN, VON NEUMANN, ... niegan tal alcance al evolucionismo. Luego las *especies* son diversas porque una causa agente inmaterial –DIOS, los ángeles, el hombre– les confirió tal diversidad sustancial: responden a *ideas* diferentes, a *causas ejemplares* diversas en la mente del “artífice”. Podemos decir que todas las especies de cosas existentes en el Cosmos son “artificiales”, pues por vía de lo “natural” el Universo sería una única sustancia que jamás hubiera llegado a la riqueza de contenido que observamos, cuyo máximo exponente es la vida, sino a un estadio tremendamente inferior, el único para el cual estaba “en potencia” tal como surgió, “ex nihilo”, creado por DIOS. El Cosmos en su evolución natural hubiera constituido las galaxias, las estrellas y los planetas, pero el fenómeno de la vida se escapa a tal posibilidad en opinión de numerosos y serios científicos.

Se hace necesario pensar una forma constitutiva del Universo que permita concebirlo como una pluralidad de *sustancias* o *sujetos independientes*, en el sentido de que sus causas ejemplares extrínsecas son las *diferentes ideas* del artífice que los ha hecho, ya sea a partir de la nada: sólo DIOS; ya sea a partir de la materia existente. Pero esta independencia no es absoluta, pues los seres superiores están compuestos de otros más simples y cabe la posibilidad de que se descompongan perdiendo su *formalidad*, su *totalidad*, quedando solamente las sustancias componentes al desaparecer la organización superior que las unía. Tradicionalmente se afirma que éstas estaban presentes “virtualmente” pero no en acto, si por estar en acto se entiende su constitución como sustancias independientes de la *totalidad* propia del compuesto, en este caso evidentemente estaban en potencia. Pero si este acto se refiere a ser tal o cual sustancia, que no varía sustancialmente por el hecho de pertenecer a un ser superior y las integra en una totalidad sustancial, entonces es sólo accidental la distinción entre virtual y actual.

Además resulta claro que el proceso de descomposición no puede prolongarse de modo indefinido, y necesariamente llegamos a sustancias simples –incluso cabría pensar en una única

sustancia—, primeros sillares creados por el Artífice primero: DIOS.

2. 7. LA PLURALIDAD DE SUSTANCIAS.

Llegados a este punto cabe preguntar: ¿Cuál sería la constitución y organización del Cosmos que permitiera esa formalización en las diversas sustancias que lo componen?. La tesis hilemórfica clásica aporta una solución, pero en este caso el hecho sustancial es tan profundo que toda mutación sustancial equivale, como ya se ha dicho anteriormente, a una aniquilación-creación, pues lo único que permanece en el momento del cambio es el substrato —en sentido analógico— que deja de existir en un “instante intemporal”. Otra dificultad consiste en que la diversidad de sustancias es asimismo tan profunda que el hombre, considerado como artífice, queda excluido como capaz de producir *sustancias nuevas*, imagen de sus ideas: “ars imitatur naturam”; en esto consiste la solución aportada por el hilemorfismo tradicional. Las cosas hechas por el hombre son “artificiales”, “artefactos”, son sustancias en un sentido artificial, sólo por analogía con las naturales: responden a una idea, como las naturales, pero esta idea no se realiza hasta el nivel profundo de los dos co-principios, *materia prima-forma sustancial*, sino que sólo afecta al orden accidental; las cosas artificiales son *agregados* de sustancias naturales que mantienen su actualidad, no son *compuestos* en que las sustancias naturales que lo integran permanecen sólo en potencia, virtualmente.

Es muy fuerte, en nuestra forma de ver la realidad, esta exclusión del hombre del orden específico. Parece que debiera existir una solución más real, por menos tajante. Sólo DIOS puede causar el acto de ser, en este sentido sólo DIOS pudo crear el Cosmos de la nada y constituirlo, por lo menos en una primera etapa imaginable, en una sustancia única cuya naturaleza, esto es, su propio operar intrínseco, configurará el Cosmos en los diversos aspectos observables a lo largo del tiempo donde todos los cambios serían en el orden accidental.

Podemos pensar que este Cosmos llegaría a formar muchas “cosas”, pero se trataría de aspectos, cualidades, cantidades, relaciones de lugar, de tiempo, etc., pero no de sustancias diferentes; como ya afirmamos, quizá esta evolución cósmica hubiera llegado a la formación de las galaxias, de las estrellas, de nuestra Galaxia y, dentro de ella, de nuestro planeta Tierra; pero no repugna que para lograr la formación del Cosmos real que observamos hubieran sido necesarias nuevas intervenciones del Artífice, pues la sustancia-única, en su despliegue evolutivo por propia naturaleza, no tiene “en potencia” organizaciones más elevadas como, por ejemplo, la vida.

El evolucionismo darwiniano y la creación de vida a partir de la materia inerte; la exobiología; etc. podrían ser posibles –y no repugna ni a la razón ni al dogma católico– si esta sustancia-única tuviera una tal naturaleza cuyo despliegue explicitara tal complejidad; pero la realidad nos dice que no es así. La materia, por más que evolucione, aunque sea en intervalos de tiempo tan fabulosos como se quiera, jamás llegará a la vida: lo inerte nunca saldría de su inercia podríamos resumir. Fueron precisas “otras” intervenciones del Artífice, sustancialmente distintas, que actuaron sobre esta primera materia, *materia segunda* ya, sustancia inicialmente única. Estas diversas fases las podemos pensar como sucesivas en el tiempo, pero nada impide considerar su simultaneidad en un único acto creacional. Pensamos que este Artífice es DIOS, pero sólo es estrictamente necesario para la creación de algo de la nada: el Cosmos como *primera materia* (PM) en acto; pero cabe pensar en la posibilidad de que se valiera de otros artífices, los ángeles por ejemplo, para que intervinieran en el Cosmos (incluso en la formación de los seres vivos), no solamente en su conservación y gobierno, sino como causas segundas, con poder sobre la PM-*substrato cosmológico*. En este sentido, el hombre también está asociado –dentro del nivel de sus potencialidades– en esta labor creacional: si no puede llegar, por ejemplo, a la producción de vida, no es porque sea exclusivo de DIOS sino porque no le habrá sido dado tal poder. La vida, según la tesis ya citada de STAUDINGER, está organizada hasta nivel molecular: esto es lo que, muy probablemente, la distingue de lo

factible netamente por el hombre, cuyo operar, en el sentido de plasmar algo nuevo según una idea, está restringido fundamentalmente al empleo de sustancias complejas (no a nivel molecular) y organizarlas en *totalidades sustanciales*, no meramente *agregados* como se pretende al definir las como sustancias por analogía, esto es, “artificiales”:

“Natura essentialiter differt ab *artefacto*; nam natura est substantia, artefactum autem est aliquid accidentale...”⁹. En nuestra forma de entender la sustancia desaparece esta diferencia: todas las sustancias son artificiales en cuanto que participan de la idea universal –causa formal extrínseca– que tiene su modo propio de ser en la inteligencia propia de un ente espiritual: el Artífice.

Y la diferenciación clásica: “... in naturali seu in re prout habet naturam, motus est ab intrinseco ... in artefacto motus est ab extrinseco ...”¹⁰, nos parece que no se puede sostener a la luz de la ciencia actual y los alcances de la tecnología, que permiten hacer máquinas con actividad interna, esto es que operan según su propia constitución, dada por el Artífice por supuesto, pero independiente de él una vez dada; exactamente lo mismo que ocurre con los organismos, o máquinas, naturales. La diferencia está en el nivel de la perfección en su ser y operar respectivos, pero nada más. No cabe duda de que si el hombre fuera capaz de fabricar una *ameba*, ésta se comportaría como tal. La dificultad está en el “montaje” de un organismo tan tremendamente complejo, cuyas “piezas” son moléculas “ensambladas” para formar la estructura, la totalidad, la sustancia que llamamos *ameba*. Nunca estará en la mano del hombre, por supuesto, la creación de tal máquina, pero esto no la distingue, *essentialiter*, de los demás artefactos hechos por el hombre: la “Piedad” de MIGUEL ÁNGEL, o una computadora electrónica, por ejemplo.

El “principio de incertidumbre” de WERNER HEISENBERG limita –por principio– las posibilidades acerca de lo observable por el hombre: la posición y el movimiento de una partícula elemental –para expresarlo de una manera sencilla– no son observables simultáneamente. Si la observación deseable no es

⁹ I. GREDDT, *Elementa Philosophiae*, Vol. I, p. 225. Ed. Herder. Barcelona. 1958.

¹⁰ I. GREDDT, *Ibidem*. p. 225.

posible, menos lo será utilizar las moléculas y átomos para construir un organismo vivo; y esto en el supuesto de que conociéramos la estructuración exacta de tales partículas y su forma de ensamblaje.

Tal como se viene entendiendo hasta aquí la noción de sustancia, resulta que “las causas segundas” producen transformaciones, sin causar ni el ser ni la especie de sus efectos. Cuando estas causas obran por la espontaneidad de su naturaleza, su actividad y sus efectos se llaman *naturales*. En cambio cuando producen sus efectos inteligentemente y con intencionalidad voluntaria, tenemos el obrar *artificial*, propio del hombre. El arte, en sentido amplio, consiste en la producción de ciertas transformaciones accidentales sobre la base de ciertas sustancias naturales que sirven de materia prima (en el sentido vulgar de estas dos palabras). “El obrar artificial, el trabajo humano, no hace más que perfeccionar el *opus naturale* en un orden accidental, pues el hombre no tiene poder para producir nuevas especies”¹¹.

Frente a esta explicación clásica, como ya se ha afirmado, se levanta la tesis que intentamos exponer. Las cosas “naturales” son también “artificiales”, pues responden a la idea universal de Artífice; sea éste DIOS o una criatura suya inteligente que tenga esta capacidad. Un hombre puede crear especies, sustancias nuevas –según sus propias ideas universales–; no podrá utilizar el ensamblaje o estructuración de las partículas elementales (a nivel molecular, atómico o sub-atómico, si se prefiere) pero podrá emplear sustancias, a las que estructura en una unidad superior, una totalidad independiente de sus componentes, es decir, en una nueva especie o sustancia. Si esta totalidad se descompone, se pierde la sustancia creada y quedan las sustancias de sus componentes. Sólo el artífice es capaz de recomponerla. Cuando un ser vivo muere, sólo DIOS –su artífice, o un espíritu con tal poder– puede resucitarlo; el Cosmos sustancia-única no tiene tal poder, por mucho que evolucione y en duraciones temporales tan enormes como se quiera. A las sustancias hechas por el hombre –las máquinas o las “obras de arte”– les pasa exactamente lo mismo: Se descomponen, son *contingentes*.

¹¹ J. J. SANGUINETI, *La filosofía de la ciencia según Santo Tomás. Op. cit.* pp. 200 – 201. EUNSA. 1977.

El problema, el único problema, de la Metafísica clásica reside, precisamente, en esta formalización de la sustancia en un substrato analógico: la “materia prima”, entendida como co-principio “pura potencia”. Éste es el fondo de la cuestión que se intenta superar con las nuevas hipótesis que se exponen en el presente estudio.

CAPÍTULO 3

HACIA UN NUEVO PLANTEAMIENTO DE LA NOCIÓN DE SUSTANCIA.

3. 1. LA SUSTANCIA COMO “TOTALIDAD” INDEPENDIENTE “EN SÍ”.

En todo cambio es necesario un *substrato material*. En el cambio accidental se le denomina “materia segunda” y en el sustancial “materia prima”, según acabamos de ver. Parece posible sin embargo que el substrato permanente, el sujeto, del cambio sustancial sea algo en acto, lo mismo que se considera en los cambios accidentales. A primera vista parece contradictoria esta afirmación, no lo es si tomamos como tal primera materia (PM) la “sustancia segunda” constituida como *Cosmos-sustancia-única* (CSU), centro de nuestra reflexión precedente. Este substrato, constituido como sujeto en acto, es excepcional, pues alcanza la totalidad del Cosmos: al evolucionar, según su naturaleza, alcanzaría a dar cuenta de la realidad sólo hasta el nivel virtualmente presente en él mismo, pero no tiene por qué alcanzar toda la realidad observable que responde a “otras” intervenciones del Artífice (DIOS y posiblemente otras causas segundas inteligentes), sean sucesivas o simultáneas, como se acaba de exponer. Los cambios debidos al *despliegue dinámico* de esta sustancia-única serían accidentales, pero los seres observables que responden a intervenciones ulteriores del agente –extrínseco al Cosmos material por ser espiritual– responden a otras tantas “totalidades” organizadas sobre esta PM, substrato de todo el Universo. En este sentido tienen un “ser en sí”, y son “independientes” del substrato y entre sí, por responder a ideas, formalmente distintas, del Agente. Este substrato material del Cosmos lo podemos pensar en dos fases: en la primera es creado con una duración puramente *estática*; es un *todo* constituido en

acto, con sus propiedades en potencia que se manifestarán en la segunda fase *dinámica*. Pero, para pasar de la situación estática, inmutable, a la dinámica es preciso una causa agente, externa, que dé el primer impulso y comience la evolución de esta PM. A la duración propia de la fase dinámica la denominamos *tiempo*, en el sentido propio y habitual, por ser la medida de este movimiento. A la duración estática, se la puede llamar “*tiempo*” en sentido impropio, pues no hay movimiento. No sabemos si tal situación ha existido, pero nada se opone a la hipótesis; puede servirnos para pensar un modelo de Universo en el que se traza una distinción entre el substrato meta-empírico –fase estática– y su manifestación asequible a la medición, a la experiencia –fase dinámica– y podemos pensar este dinamismo como perturbaciones que se propagan en el substrato e interacciones entre los diversos puntos, lugares, del mismo.

Nos puede servir el modelo de un *todo, continuo*, soporte material de *discontinuidades dinámicas*, que se propagan e interaccionan entre sí; este aspecto dinámico es el que constituye el Cosmos asequible a los sentidos: el mundo de lo medible, experimentable. A este *continuo* lo podemos designar con el antiguo nombre de *éter*, pero su sentido es diferente: no es una “materia” en la que están inmersos los cuerpos materiales del Cosmos que constituyen “otra materia”, sino que es la *única materia*; y lo que conocemos como “Universo material” no es más que el conjunto de discontinuidades dinámicas, pero no otra materia. Se intuyen o inducen las propiedades de este substrato-continuo que podemos anunciar a modo de axiomas:

a) El *substrato*, una vez creado de la nada por DIOS, es indestructible, *imperecedero*; lo que puede perecer es la ulterior determinación o estructuración dinámica.

b) Este *substrato cosmológico*, considerado estáticamente es directamente *inexperimentable*, por ser meta-empírico; lo medible son cantidades relacionadas con las *discontinuidades dinámicas* que, en términos físicos, designaríamos con el nombre

de *materia-energía*. Esto supone la formulación de un tercer axioma:

c) Este *substrato-continuo* admite *discontinuidades dinámicas* en su seno cuyo conjunto constituye el mundo de lo observable.

d) Finalmente el *substrato*, en sí mismo considerado, mantiene las relaciones topológicas de *contigüidad*, es decir, las partes materiales que podamos considerar en él mismo *no fluyen*: existen *acciones, perturbaciones* que se transmiten de un punto a otro del substrato pero sin que partes de la PM que lo constituye cambien de lugar.

A manera de resumen podemos decir que el Cosmos *estático* del primer momento de la Creación recibe el primer impulso *dinámico* (determinación o estructuración) que lo constituye en una *sustancia-única* y ésta evoluciona, según su propia naturaleza, hasta constituir el mundo de lo observable en el Universo. Este *Cosmos dinámico*, sin embargo, es susceptible de ulteriores determinaciones: es la *materia segunda* universal cuya formalización, o estructuración, en *totalidades independientes*, según otras tantas ideas diversas del Artífice, o artífices, constituirá el conjunto de *sustancias, o especies*, del Creado.

Puesto que hemos tratado de conceptos tan primigenios como son los de *substrato-continuo* (ligado a lo que comúnmente se denomina “espacio físico” y “tiempo físico”), *espacio y tiempo, lugar, etc.*, nos parece interesante introducir aquí algunas reflexiones acerca de los mismos, aunque más adelante reemprenderemos su estudio:

3. 2. EL CONCEPTO DE TIEMPO Y DE ESPACIO EN COSMOLOGÍA Y EN FÍSICA

Siguiendo a ARISTÓTELES, observamos que la Naturaleza *no es estática*; los cuerpos cambian de *lugar*: el concepto de lugar es estático, esto es, el lugar no acompaña al cuerpo en su

movimiento, precisamente porque es un accidente determinado por su interacción con el resto del Universo. El movimiento se identifica con este cambiar de lugar, entendido dinámicamente: no es algo acabado o sin comenzar, su esencia estriba en el mismo *hacerse*: es lo que desde antiguo viene a llamarse movimiento local. El movimiento es algo inacabado, pero no es algo sin comenzar y, por tanto, es realmente *algo*. Cuando ese algo –ese hacerse (o “fieri” de la filosofía tomista)– es entendido por una mente, nace el concepto de *tiempo* que es, en consecuencia, “un ente de razón con fundamento en la realidad”; el paralelismo con el concepto de *espacio* es exacto: la diferencia estriba en que éste hace referencia a la realidad *estática y dinámica*, mientras que aquél hace referencia solamente al aspecto *dinámico* de la misma. La medida del movimiento es por comparación con un movimiento que se toma como unidad; esta “medida” no es otra cosa que el tiempo según lo definiría ARISTÓTELES: “numerus motus”. Pero esta “comparación”, esta “medida”, es una abstracción nocional.

El concepto de *espacio absoluto, infinito*, es sin embargo puro ente de razón; es el paralelo *estático* de otro ente *dinámico* que podemos llamar *tiempo absoluto o abstracto* –puramente nocional–, ente de razón abstraído de la duración o permanencia en el ser y sin referencia alguna al movimiento. Por otra parte es de observar que los cuerpos no están situados en el espacio, sino que hay espacio porque hay cuerpos; de la misma manera, los cuerpos no experimentan un tiempo, sino que éste existe porque hay cuerpos que se mueven, que son activos. El *tiempo absoluto, abstracto, variable independiente de la posición del móvil*: puede ser infinito, positivo o negativo, mientras que el *tiempo real* que aquí se considera, accidente de la sustancia, siempre es positivo, esto es, del pasado hasta el futuro y define la *direccionalidad* de la Naturaleza, concepto estrechamente relacionado con el de *finalidad*, o *causa final*, en el Cosmos, y también con la *irreversibilidad* de la mayoría de los procesos que se dan en él mismo.

La ciencia física utiliza esos dos conceptos de espacio y tiempo para construir sus modelos del Universo: esto se debe hacer con prudencia, de lo contrario podemos elaborar teorías que estén desconectadas de la realidad física, en aspectos fundamentales, al confundir el *espacio* con el *espacio abstracto* y el *tiempo* con el *tiempo, absoluto, abstracto*. A veces incluso se mezclan ambos conceptos, por ejemplo: al utilizar el *tiempo* para definir la *posición de un móvil*, su *velocidad*, *aceleración*, etc., y el *tiempo como variable independiente de la posición del móvil*, para expresar la variación con el tiempo de su *energía potencial*. En el primer caso es *siempre positivo* (según el sentido del vector velocidad, siempre positivo en el triedro intrínseco), en el segundo se puede elegir *positivo o negativo*; en aquél utilizamos el *tiempo real* propiamente dicho y en este último el *tiempo abstracto*. El *tiempo real* expresa la *irreversibilidad* del movimiento y es *unidireccional*, del *pasado al futuro*. Entendido como *variable independiente* del movimiento del móvil, no hace referencia a dicha *irreversibilidad*, por cuyo motivo puede ser tomado como *positivo o negativo*, se trata simplemente de una cuestión de signo sin conexión con la realidad física del movimiento. Aunque la *velocidad es función de la posición*, estando el *tiempo real* intrínsecamente vinculado al movimiento, "es como su medida", se puede utilizar como *parámetro* para determinar su posición, velocidad y aceleración.

Si, por hipótesis, existiera un único cuerpo *aislado y estático* no se podría hablar ni de *lugar* ni de *tiempo*, en cambio sí que es lícito hablar de los entes de razón: "espacio absoluto (o abstracto)" y de su análogo el "tiempo abstracto". Al estar aislado no existe ni lugar ni cambio de lugar, referido a un "resto del Universo", que no existe por hipótesis. Sin embargo, para que podamos abstraer, construir, los conceptos de espacio y tiempo abstractos, nocionales, bastaría con la existencia de un cuerpo *estático*. Por tanto el concepto de tiempo abstracto es paralelo a la formulación del concepto puramente nocional de espacio abstracto. Hemos hablado de "construir", de abstraer de la realidad esos dos conceptos: una vez contruidos en nuestra mente podemos prescindir ya de dicha realidad; se ha hecho así

para ser fieles al proceso cognoscitivo: “nihil in intellectu quod prius non fuerit in sensibus”. Sin embargo, los conceptos de lugar y tiempo no se pueden separar jamás de la realidad estática o dinámicamente considerada. El lugar es anterior al tiempo: aquél puede existir sin éste y no a la inversa: “el obrar sigue al ser” decía ya ARISTÓTELES. No es lícito, en consecuencia, dar la misma carta de naturaleza al espacio –que procede de la consideración de los diversos lugares que ocupan los cuerpos– y al tiempo, que exige, además, cambio de lugar; son dos aspectos distintos, por serlo la realidad de la que proceden por abstracción. Identificarlos en una unidad *espacio-temporal* –el “cronotopo”– puede confundir más que ayudar, sino se procede con mucha cautela: es lícito hacerlo desde el punto de vista meramente *cuantitativo*, es decir matemático; *cualitativamente* son radicalmente distintos. A la Física le interesan primariamente las cualidades –propiedades y leyes del Cosmos– que sólo secundariamente se cuantifican en un instrumento o modelo matemático: sería un error invertir esos dos órdenes. La Física no puede prescindir, jamás, de su apoyo metafísico: es su apoyo *real*; en cambio el apoyo matemático –por muy importante e “imprescindible” que se considere– no deja de ser un apoyo meramente *instrumental*.

Acabamos de ver que el *tiempo real* puede definirse como “medida del movimiento” y que, además, no es posible esta medida, no existe este tiempo, en ausencia de movimiento; sin embargo, existe el accidente “ubi” y también por abstracción el espacio como ente de razón fundado en la realidad del “ubi”. Por otra parte también asociamos el tiempo con la *duración*, la *permanencia en el ser*. La *duración* no exige el movimiento, está igualmente presente en entes materiales sin movimiento, en reposo absoluto respecto al substrato cosmológico del que venimos hablando en el presente estudio. Pero, por comparación con la duración de otros entes en movimiento, podemos asociar un tiempo a la misma duración en reposo (*tiempo abstracto*). En este sentido el tiempo es algo *extrínseco*, independiente de esta *duración*, mientras que es *intrínseco* si mide la presencia de movimiento. De ahí la posibilidad de utilizar el tiempo como

parámetro (tiempo real en sentido propio) para expresar las coordenadas de un cuerpo en movimiento:

$$x = x(t) \qquad y = y(t) \qquad z = z(t)$$

y a partir de éstas también las componentes de su velocidad y aceleración:

$$\begin{array}{ccc} dx(t)/dt & dy(t)/dt & dz(t)/dt \\ d^2x(t)/dt^2 & d^2y(t)/dt^2 & d^2z(t)/dt^2 \end{array}$$

Hacemos notar, sin embargo, que el *vector velocidad* está siempre en correspondencia con la *posición* del móvil; más exactamente, diremos que es *función de su posición*; “función de punto” se suele decir. No podemos variar este vector sin cambiar de posición a no ser que admitiéramos aceleraciones de magnitud infinita. No sucede lo mismo con otras magnitudes físicas, por ejemplo: la misma aceleración, la presión atmosférica, la temperatura, etc., que pueden variar de punto a punto y, además, variar con el tiempo permaneciendo en el mismo punto.

Esta propiedad del vector velocidad es más importante de lo que pudiera pensarse a primera vista como hemos expuesto en otros estudios más específicos y extensos¹². Lo que acabamos de exponer nos lleva a la conclusión ya presentada de que podemos considerar el tiempo en una doble vertiente: como *parámetro*, ligado al movimiento (*tiempo real en sentido propio*), que nos permite calcular las componentes del vector velocidad como acabamos de exponer; y se puede considerar, asimismo, como *variable independiente* de la velocidad, es decir, del movimiento

¹² Vid. J. RIUS-CAMPS, *Los Fundamentos Cosmológicos de la Mecánica y las Leyes Fundamentales de la Dinámica*. Anuario Filosófico, vol IX, pp. 21 y ss. Universidad de Navarra. 1976.

(*tiempo abstracto*); y nos permite medir la *duración* aunque se trate de un cuerpo en reposo absoluto.

De hecho, en Física, existen funciones que dependen de la *posición* y del *tiempo*, siendo independientes ambas variables, como es el caso de la presión atmosférica ya citado y, más importantes aún, los campos de *energía potencial*, *no conservativos*, esto es, que dependen en cada punto de la posición y del tiempo:

$$U = U(P, t)$$

Aunque no es aquí el lugar apropiado para exponer con detalle esta cuestión física, está claro que toda energía cinética, T , no constante, depende de una energía potencial, conservativa o no. En el primer caso se podrá escribir:

$$T + U(P) = D = \text{constante} \quad (1)$$

y en el segundo será:

$$T + U(P, t) = C(P, t) + D \neq \text{constante} \quad (2)$$

sin embargo, siempre podemos escribir:

$$T + U(P, t) - C(P, t) = D = \text{constante}$$

y en definitiva:

$$T + U^*(P, t) = D = \text{constante} \quad (3)$$

en que $U^*(P, t)$ sigue siendo una energía potencial *no conservativa*. Pero notemos que en el primer caso (1) es:

$$T = 1/2mv^2 = 1/2m(v(P))^2$$

siempre función de la posición P , por serlo $v = v(P)$, como acabamos de mostrar; de esta forma la correspondencia con la energía potencial (1), $U = U(P)$ es perfectamente correcta. No sucede lo mismo en el segundo caso (2), (3), no conservativo, pues es:

$$T(P) + U^*(P, t) = D = \text{constante}$$

en la que los términos $T(P)$ y $U^*(P, t)$ son *heterogéneos*, al ser, por hipótesis, t independiente de P en $U^*(P, t)$.

Ahora, si afirmamos, como *axioma dinámico fundamental de partida*, que la energía cinética (para velocidades no relativistas) viene expresada por:

$$T = 1/2mv^2 = 1/2mv(P)^2$$

sólo queda la solución de admitir en (3) que la masa m no se comporta como constante, sino que en general deberá ser:

$$m = m(P, t) \tag{4}$$

o por lo menos:

$$m = m(t)$$

Se pone de manifiesto aquí, desde un punto de vista estrictamente físico, que *tiempo* y *espacio* son *heterogéneos*; conclusión a la que ya habíamos llegado a partir de consideraciones de la Metafísica de la Naturaleza. También resulta manifiesta la *complementariedad* de ambas disciplinas. Insistiremos más adelante en estos aspectos. Íntimamente ligada con lo que acabamos de decir está la *irreversibilidad* que se observa en los procesos naturales y que exponemos a continuación:

3. 3. LA IRREVERSIBILIDAD DEL COSMOS.

Desde el descubrimiento del Segundo Principio de la Termodinámica sabemos que los procesos, en un *sistema cerrado*, son *irreversibles*. Puesto que el Cosmos, el Universo, es un sistema cerrado, sus procesos serán asimismo irreversibles. Es lo que designaremos más adelante con el nombre de *Segunda Ley Fundamental* del Cosmos.

Así como los procesos descritos por la Dinámica Clásica (DC) son *reversibles*, es decir, son igualmente posibles cambiando t , en $-t$; no sucede lo mismo con una Nueva Dinámica (ND)¹³ basada en la precedente exigencia (4) en que la masa m es variable con el tiempo t .

Esta ND es de *procesos dinámicos irreversibles* en general. Así queda subsanada la incompatibilidad de fondo entre la Termodinámica y la DC. Más adelante se expondrá el aspecto físico de esta cuestión y también en lo referente al Electromagnetismo –incompatible con la DC en su fundamento– que resulta *isomórfico* con los planteamientos de esta ND, desapareciendo así la incompatibilidad.

¹³ Vid. J. RIUS-CAMPS, *Dinámica de Sistemas Mecánicos Irreversibles*. Barcelona. 1993.

Es evidente también que si se exige la variación de masa (4), una partícula material en movimiento posee una energía cinética $T(P, t)$, que varía con la posición y el tiempo. Esto es equivalente a afirmar que se trata de una *partícula-onda*; y también aquí desaparece la incompatibilidad, de fondo, entre la DC y la Mecánica Cuántica, que rige los procesos de las partículas elementales, del Microcosmos en general.

Con el planteamiento *cosmológico-físico* de la ND se consigue una notable unidad entre las diversas ramas de la Física. Es otro ejemplo de la *complementariedad* entre la Cosmología y la Física, por cuyo motivo tratamos aquí esos temas.

3. 4. LA PLURALIDAD DE SUSTANCIAS COMO “TOTALIDADES INDEPENDIENTES EN SI”.

El concepto de *totalidad independiente* –independiente sólo en la estructuración que la constituye según la idea del artífice– es la sustancia, aunque esta estructuración no llegue a las profundidades de la “pura potencia” o “materia prima”, como ya indicamos. Sólo en la consideración del substrato cosmológico, o continuo del Cosmos estático, podríamos decir que su configuración responde a los clásicos co-principios *materia prima-forma sustancial*: la fase dinámica no sería otra cosa que “puro accidente” que se inhiere en este sujeto-único. Sin embargo esta distinción en “algo” que es “único” no tiene ningún interés, pues no se va a cambiar en otro Cosmos y no es preciso distinguir, por tanto, ningún último substrato: pura potencialidad.

Según se desprende de lo afirmado, tenemos una PM estática que, una vez recibida la estructuración dinámica del primer impulso creador, viene a ser la primera sustancia única del Cosmos que, por ser *dinámica e irreversible*, evoluciona según su propia naturaleza a lo largo del tiempo, es decir a lo largo de su permanencia en el ser o duración. Ahí, el Artífice, podía haber terminado su labor pero, en nuestra opinión, no fue así: ulteriores determinaciones enriquecieron el Universo *sustancia-única* del

primer momento hasta llegar a la complejidad y belleza de los seres, sustancias independientes en el sentido apuntado, que forman en su conjunto el mundo que conocemos.

Llamamos *Artífice* a la causa agente, exterior al Cosmos, que actúa según sus ideas y por propia voluntad, es decir, según su libertad. En la creación de la fase estática del substrato cosmológico (éter, continuo, “thérmostat caché”, “cuerpo α ”, etc., según lo queramos designar), hace falta un poder infinito, pues es preciso que proceda “ex nihilo”, de la nada, y esto sólo lo puede hacer DIOS. La segunda fase dinámica cabe que fuera hecha por el mismo DIOS o bien que se sirviera de causas segundas, inteligentes, externas al Cosmos material, por ejemplo las naturalezas angélicas, según se ha dicho ya.

El hombre, aunque es espíritu con inteligencia y voluntad, también es materia y, por tanto, no puede intervenir, como es evidente, en la estructuración dinámica de un Cosmos en que él mismo es parte. Sin embargo, las “cosas artificiales”, las “agregaciones” de “sustancias naturales” –según el sentir clásico–, que el mismo hombre es capaz de hacer y hace, responden a sus ideas y, por tanto, son “totalidades independientes” en el sentido definido en el presente estudio, son sustancias con pleno derecho. Cesa, pues, el interés por la distinción entre lo “natural” y lo “artificial”.

El *universal* se identifica, pues, con la *idea* que está en el intelecto del agente. Su ser es *ser en una inteligencia*, en un espíritu por tanto. La ciencia de los universales es la Lógica, que estudia los entes tal como están en nuestra inteligencia. La Metafísica de la Naturaleza estudia el ente real, el sujeto, la sustancia; el cambio sustancial; las causas; etc.; por lo tanto es una ciencia de lo *singular* a la luz de las ideas universales de las que el ente concreto participa. “No resulta extraño entonces que el predicado más universal –el ser– se diga del sujeto más

concreto –el ente–, pues nada subsiste sino en el sujeto que tiene el ser, en el ente singular¹⁴”

Esta participación de la idea, es el constitutivo formal de la sustancia, es la “totalidad” que le presta su “independencia” y su “ser en sí”; es una *estructuración* independiente del substrato material, en el sentido de que no pertenece a la naturaleza del substrato sino que ha sido actuada por una causa agente, inteligente, extrínseca a la materia. Esta participación en la materia es la causa de la contingencia de las sustancias: pueden descomponerse en otras sustancias cuando ésta se deshace; incluso esta descomposición puede llegar a la PM, sustancia–única, del Cosmos, si así la consideráramos. Si esta sustancia–única (*dinámica* la estamos pensando, pues suponemos que actúa según su naturaleza), regresara a la condición de PM *estática*, entonces no existiría el tiempo, en sentido propio; se habría llegado al “fin de los tiempos”; sin embargo, el substrato material, una vez creado de la nada, es indestructible, *impercedero*: que es una característica paralela a la *inmortalidad* propia de los entes espirituales. El hombre, en su situación definitiva, gozará de estas dos propiedades.

3. 5. LA IDEA Y EL LENGUAJE.

La idea es en un ser inteligente, espiritual, y por este motivo la idea es inmaterial y esta característica le concede la universalidad: la posee un sujeto inteligente y su contenido es independiente de toda materialización y, por ende, de toda cuantificación. Todo lenguaje supone un trasfondo material en el que es, de ahí que la idea, con toda su plenitud universal, es inexpresable por ningún lenguaje por perfecto que sea; ni siquiera el lenguaje de nuestra imaginación, pues toda imagen supone cuantificación, materia. La idea, sin embargo, posee la propiedad –para expresarlo de alguna forma– de ser participable: de ser formalizable en la materia según una “estructura”, una “totalidad”

¹⁴ Cfr. J. J. SANGUINETI, *Filosofía de la ciencia según Santo TOMÁS* . pp. 104 – 105. Eunsa. Pamplona. 1977.

que es participación, particularización, de su contenido universal: es el paso de lo universal a lo particular. El primer estadio de la idea es patrimonio del espíritu, el segundo estadio es su participación singular en la materia.

El método de la Metafísica no es la *abstracción*, propia de las de las demás ciencias, sino lo que Santo TOMÁS denomina *separatio*¹⁵. Se trata de una separación real, pues la sustancia es “totalidad”, pero una totalidad singular, concreta; no la idea universal. La Metafísica estudia los entes singulares en cuanto que *son*, y así la afirmación: ”este animal es un perro”, entendida metafísicamente indica: la idea “perro”, está *participada* en este animal *singular*, pues su sustancia –su estructura o totalidad– responde al contenido formal de dicha idea universal que sólo puede estar en el espíritu del artífice (y es su “causa formal extrínseca”, o “causa ejemplar”, según la denominación clásica). El juicio: “este animal es un perro” no expresa una identidad, pues este ente singular –animal– no agota, ni puede agotar, todo el contenido del universal “perro”. En cambio, la misma expresión, tomada en sentido nocional, atribuye todo el contenido del predicado al sujeto: ese “animal” posee todas las características de “perro” (universal), y no una participación de la idea universal, como sucede en un ente singular. Pero esta manera de proceder se refiere “al ser en cuanto conocido” y esto es lo característico de la Lógica, pero no responde al método propio de la Metafísica, que trata del ente real, singular, no del ente en cuanto pensado, aunque contemple el aspecto supremo: *ser*.

Si la idea universal fuera objeto de la Metafísica seguiríamos el camino de la Escolástica tardía que diverge del seguido por TOMÁS DE AQUINO, cuya característica es la primacía del acto de ser, que sólo poseen los entes singulares. Las ideas también *son*, pero su ser es ser en una inteligencia: espiritual. Son dos modos de ser paralelos: el de las sustancias y el de las ideas.

¹⁵ Cfr. *In Boet. de Trin.*, q. V, a. 3.

Pensamos que la Lógica: ciencia del ser en cuanto conocido, y la Metafísica, ciencia del ser real: $\tau\omicron\ \omicron\nu\ \eta\ \omicron\nu$, son dos ciencias paralelas e inseparables: la primera es nocional la segunda real. Pero el mundo y el conocimiento del mundo son dos hechos íntimamente relacionados: las *cosas*, los entes del Universo, responden a *ideas* del Artífice; y estas ideas están participadas –singularizadas– en las cosas. Por este motivo el ser de las cosas nos comunica con la idea, que es su causa ejemplar, a través del proceso complejo del conocer. Si existe correspondencia entre un determinado ente real, singular por tanto, y la idea universal que está en el espíritu que la piensa, decimos que este pensar es *verdadero*. Metafísica, Lógica y Gnoseología tratan tres aspectos de una realidad *espiritual–material* única; aunque el espíritu trasciende a la materia, ésta no se explica sin aquél, y DIOS –el único espíritu que se identifica con su *esse*– trasciende a todo ente creado, es decir, aquél cuyo *esse* no es por esencia, sino recibido de DIOS.

Las ideas presentes en la mente del sujeto ¿de dónde proceden?: o bien son innatas o bien adquiridas. El primer aspecto no ofrece problema, pero ésta no es la realidad, por lo menos en el hombre. El hombre aprehende, “lee” en el Cosmos, y de las “estructuras” o “totalidades” singulares observadas en esta “lectura” llega –a través del complejo proceso intelectual– a la idea universal: sus ideas son adquiridas. En este sentido todo el Universo se puede entender no sólo como conjunto de sustancias estructuradas por el Artífice, o artífices, según sus ideas universales que quedan, así, participadas y singularizadas en el Creado; sino como lenguaje por medio del cual otros seres inteligentes pueden hacerse con las ideas del Artífice. La idea universal se formaliza y singulariza en la materia, para luego regresar –a través del proceso intelectual– a su primigenia condición. Todo ser material responde a una idea del agente inteligente y es capaz de comunicarla a otro ser inteligente que, por su capacidad intelectual sabe “leer” lo universal en lo singular. En este sentido él sujeto que “lee” aporta *algo* de sí

mismo y que no está en el lenguaje material, singular; podemos decir que “lee más de lo que hay escrito”. El lenguaje, el que sea, es indispensable para el proceso del conocimiento, pero no es más que un “vehículo” y un “catalizador” del conocer, cuyo fundamento está en la facultad de entender propia de los seres con facultades inmateriales, espirituales. Pensar, por ejemplo, en que es el lenguaje el que estructura nuestra mente y que todo conocimiento procede exclusivamente de este lenguaje, es confundir el instrumento de comunicación –el lenguaje– con lo que se comunica. Lo que se comunica es universal y no está en el lenguaje, que lo formaliza como singular pero lo “entiende” de forma universal el que lo recibe, si es inteligente: capaz de “*intus legere*”.

CAPÍTULO 4

LA COSMOLOGÍA EN CORRELACIÓN CON LOS DESCUBRIMIENTOS FÍSICOS.

4. 1. LA NECESIDAD FÍSICA DE UN SUBSTRATO COSMOLÓGICO.

La materia creada “ex nihilo” como se acaba de exponer, tiene –en su aspecto dinámico– el sentido físico de *masa-energía*: a veces se comporta como “onda” a veces lo hace como “corpúsculo”, que no son sino aspectos complementarios de una realidad única que se nos ofrece ambivalente según la forma como la intentamos medir, experimentar. Pero la materia no se nos ofrece como algo continuo sino como un conjunto de entidades discretas y separadas; ¿qué es lo que hay “entre” estas concreciones de materia? Nada, se nos puede responder. Sin embargo sabemos que existen interacciones entre estas entidades dispersas: si son en forma de “onda” exigen la presencia de un medio donde propagarse, el éter de MAXWELL–LORENTZ; si son “partículas” que *pasan* a través de la “nada” y son la causa de interacciones entre los cuerpos que las emiten (pues se trata de un intercambio de energía), todavía quedaría por explicar, por lo menos, un fenómeno más profundo: la *inercia*. En el primer caso, el “éter” así considerado, es “algo” en el “lugar” que ocupaba la pretendida “nada”: un substrato meta-empírico, pues todos los esfuerzos por detectar, experimentalmente, su presencia han fracasado (MICHELSON-MORLEY, FIZEAU, BRANS y DICKE, etc.). En el segundo supuesto surge la pregunta ¿qué es la inercia?: Es una *cualidad* de la materia, desconcertante tanto para los físicos como para los filósofos, eso es exacto, pero ¿es la inercia una cualidad inherente a cada cuerpo, de una forma exclusiva, o es relativa a la presencia de los demás?; y otra

pregunta: ¿es una propiedad de las masas en relación mutua, o es la relación que cada una de ellas tiene con el espacio entendido, físicamente, como *substratum*? Leemos: “en una teoría coherente de la Relatividad, no puede haber inercia en relación con el espacio, sino sólo inercia de las masas en relación de unas a otras”. Pero esta afirmación supone, en los dos casos, la presencia de un substrato, pues si por espacio se entiende “la nada”, no tiene sentido hablar de relación, y si la relación es recíproca entonces se trataría de la famosa “*actio in distans*”, que repugna –a una mente bien constituida– tanto como “el todo es menor que cada una de las partes” o la afirmación: “el efecto precede a su causa”.

Además de la conservación de la materia–energía, el siguiente aspecto fundamental del mundo físico es la cualidad de los cuerpos, llamada *inercia*; desconcertante tanto para los físicos como para los filósofos¹⁶. ¿Es la inercia una cualidad inherente a cada cuerpo o es relativa a la presencia de los demás? y otra pregunta ¿es una propiedad de las masas en relación mutua, o es la relación que cada una de ellas tiene con el espacio entendido físicamente como “*substratum*”? Leemos¹⁷: “en una teoría coherente de la Relatividad, no puede haber inercia en relación con el espacio, sino solo inercia de las masas en relación de unas a otras”. NEWTON, en cambio, postulaba la existencia de un espacio, o substrato, absoluto¹⁸; le resultaba inaceptable una “acción directa a distancia” que, sin embargo, subyace en el “Principio de MACH”, aceptado por EINSTEIN como uno de los axiomas de su teoría de la Relatividad General que, por otra parte, no da cuenta suficiente de la inercia real existente en el Universo¹⁹:

“Así, la inercia estaría *influenciada* (*beeinflusst*) con seguridad, pero no estaría *determinada* (*bedingt*) por la materia presente en el finito”, en palabras del propio EINSTEIN. “Después de un

¹⁶ Cfr. J. MERLEAU-PONTY, *Cosmología del siglo XX*. pp. 42 y ss. Madrid, Ed. Gredos. 1971.

¹⁷ *Ibidem*. p. 53.

¹⁸ Cfr. los *Principia Mathematica*, publicados por primera vez en 1686.

¹⁹ *Id.* J. MERLEAU-PONTY, *op. cit.* pp. 44 y ss.

desinterés progresivo por la cuestión de la inercia, los cosmologistas de la generación contemporánea la pusieron de nuevo al orden del día: esto hace reparar en que, en ese punto, el fracaso de EINSTEIN no ha sido reparado y que nadie ha logrado dar una expresión matemática perfectamente satisfactoria del principio de relatividad de la inercia. Y de ahí que personas como HOYLE se sientan inclinadas a concluir que la verdad es que no ofrece mucho interés ese principio; y aunque fuese exacto, su valor heurístico y su fecundidad deductiva quedan muy limitados”²⁰.

Si se acepta el *substrato continuo*, la inercia no es más que la “respuesta” de éste a toda aceleración; no depende, como la gravitación, de la presencia –cercana o lejana– de otras masas, sino que es una propiedad del espacio físico *extrínseca* a todo cuerpo. “Las estrellas lejanas”, del “Principio de MACH”, no son la causa de la inercia por una “*actio in distans*” sino algo así como las balizas que nos indican la situación del substrato –directamente inexperimentable como hemos postulado– y lo mismo cabe decir de los marcos inerciales de laboratorio: giróscopo, péndulo de FOUCAULT, etc., que coinciden con el determinado por las estrellas lejanas, de manera tan exacta que excluye toda coincidencia. Esta inercia podría ser distinta en un Cosmos diferente del nuestro (supuesto que existiera y que tuviéramos un procedimiento de comparación). También cabe pensar que en nuestro propio Universo –en gran escala– variará de un punto a otro, e incluso según la dirección que se considere; pero en la escala conocida, nuestro Universo se presenta como *homogéneo e isotrópico*. La “escuela de MACH”, ante la pregunta de ¿qué pasaría si se suprimiera toda materia excepto un único cuerpo experimental: subsistirá la inercia? responde que no. Sin embargo, los partidarios de que ésta es una cualidad del substrato responderán afirmativamente. NEWTON sigue teniendo razón, según muchos cosmólogos actuales. Pero la afirmación del Primer Axioma Newtoniano de que el centro de masa (CM) de un cuerpo “aislado” seguirá en movimiento *rectilíneo y uniforme*, es incongruente con la inercia considerada

²⁰ *ibidem.* p. 53.

como propiedad *extrínseca* a esta masa (es extrínseca porque depende del substrato cosmológico) y, por tanto, esta masa nunca se puede considerar aislada inercialmente del resto del Universo respecto al cual su movimiento es rectilíneo y uniforme, pues esto es equivalente a afirmar su “no aislamiento”.

El “Principio de MACH” –equivalente, desde el punto de vista práctico, a la aceptación de un substrato– conduce al precedente resultado²¹ “En efecto, en la Dinámica clásica ocurre que cuando un cuerpo está acelerado en relación con un sistema de inercia, fuerzas de inercia *ficticias* acuden a completar la descripción de las acciones en la que está sometido; son ficticias porque la Dinámica no las atribuye, como las otras fuerzas, a una acción del entorno. Ahora bien la experiencia demuestra que los sistemas de inercia están en reposo con relación a la materia lejana (por ejemplo: el plano de oscilación del péndulo de FOUCAULT permanece fijo con relación a las estrellas); entonces, el “Principio de MACH” requiere que lo que induce las fuerzas de inercia sobre el cuerpo experimental sea la aceleración relativa del cuerpo experimental con relación a esa materia que se supone, de modo global, en reposo”. Nosotros afirmamos el “Principio de MACH”, pero no respecto a las estrellas lejanas, sino refiriendo la inercia al *substrato–continuo*, directamente inexperimentable, pero localizable gracias a los “marcos inerciales” que tenemos como referencia: sean las estrellas, el péndulo de FOUCAULT o un giróscopo²².

Existe en consecuencia un substrato, aunque su presencia resulte meta-empírica. Esto nos puede dar una pista para la comprensión de esta realidad: lo experimentable es lo *discreto*, susceptible de medida por comparación con una cantidad (discreta también) que se toma como *unidad* de medida; pero el substrato, entendido como algo continuo en sí, y que sin embargo admite discontinuidades en su seno, es inexperimentable precisamente

²¹ *Ibidem.* p. 298.

²² Cfr. J. RIUS–CAMPS, *Los Fundamentos Cosmológicos de la Mecánica y las Leyes Fundamentales de la Dinámica*. “Anuario Filosófico”, vol. IX, pp. 13 y ss. Universidad de Navarra. 1976.

por este carácter continuo. La física experimental se ocupa de esta “cara visible” del Cosmos, pero esto no invalida la necesidad y por lo tanto la existencia del substrato, que nos permite disponer de una *referencia fundamental* sin la que es imposible construir una Cosmología coherente tanto desde el punto de vista físico como metafísico.

Necesidad física de un substrato cosmológico.

Todo *punto material*, y en consecuencia todo cuerpo (sistema de puntos materiales), ocupa un lugar en el Cosmos, este lugar no es algo exclusivamente propio del mismo –de su masa m – sino que también viene determinado por la presencia de lo que podríamos llamar el “resto del Universo”, es decir, de todo lo que le es exterior. Es lo que la Filosofía desde Aristóteles, llamará “cuerpo circunscriptivo”. Un cuerpo único, aislado del resto, no ocupa lugar. El concepto de lugar corresponde al *accidente* “ubi” de la sustancia, su realidad es metafísica y, en consecuencia, también física. En el Cosmos –excepto él mismo considerado en su totalidad– no existe ningún cuerpo aislado: sus propiedades físicas vienen determinadas no solamente por su constitución interna, sino también por el mundo *exterior*; el concepto de inercia, de masa inercial, está fundado en la interacción del cuerpo en cuestión con el resto del Cosmos que le es exterior: de no existir éste no habría inercia.

El primer físico que formulara esta cuestión de forma precisa fue E. MACH²³, al decir que “las únicas aceleraciones que tienen sentido físico son las que se refieren a las masas lejanas del Universo”, esto es, las estrellas lejanas tomadas en su conjunto.

MACH –y mucho antes NEWTON– afirmaba que si desaparecieran estas masas lejanas, desaparecería la inercia. En realidad lo que ocurre es que dichas masas lejanas –estrellas,

²³ P. HOENEN, *Filosofía della Natura Inorganica*. pp. 124 – 126. Ed. "La Scuola". Brescia. 1949. *Cfr.*, asimismo, J. MERLEAU-PONTY, *Cosmología del Siglo XX*. pp. 42 y 55. Ed. Gredos. Madrid. 1971. De esta obra es interesante, también, la lectura de las pp. 44 y 53, que se refieren al mismo problema.

nebulosas, etc.— nos indican la presencia del “cuerpo circunscriptivo” de la filosofía Aristotélico–tomista, son —como ya se ha afirmado antes— las balizas que indican la presencia del “substrato cosmológico”²⁴. Respecto a la necesidad de un “substrato” se nos dice en la p. 20 de la precedente obra: “En cualquier teoría que concierna a un Universo cambiante deben hacerse suposiciones explícitas acerca de la interacción entre la materia distante y las leyes físicas locales”. Es evidente que esta “interacción” no es posible sin un telón de fondo, un substrato, que la posibilita; si no queremos caer en el absurdo de la “actio in distans” que tanto interesa en las cuestiones actuales de Cosmología física. Sin este concepto no es posible construir ninguna teoría cosmológica bien hecha, pues ésta precisa de una referencia fundamental —de unos observadores fundamentales— que siga unida al substrato. Toda teoría física que no quiera reducirse a un puro ente matemático, desconectado de la realidad, afirma —aunque sólo sea implícitamente— la presencia de este substrato y esto aún en el supuesto de que niegue su existencia como punto de partida de sus afirmaciones. No es posible ninguna comprobación real de una teoría sin acudir a esta base de referencia privilegiada: es lo que se llama un “marco inercial” al que referir las leyes físicas y el movimiento de los cuerpos (o sistemas de puntos materiales). De todo esto ya se dio cuenta, en parte al menos, NEWTON cuando afirmó²⁵ que los movimientos de rotación no eran relativos (físicamente considerados) sino absolutos. Los movimientos rectilíneos uniformes están determinados a menos de una constante: podemos saber que nos movemos, en movimiento rectilíneo y uniforme, pero no la velocidad absoluta a que nos movemos. Por otra parte, el mismo concepto de movimiento rectilíneo entraña una referencia directa al substrato cosmológico (o a las estrellas como afirmara MACH), una causa activa, aunque no existan fuerzas que actúen sobre el sistema: este es el resultado de una crítica, metafísica, al Primer Axioma de Newton: “un sistema aislado se mueve con velocidad constante”, es decir, en movimiento rectilíneo y uniforme; no es

²⁴ H. BONDI, *Cosmología*. pp. 35 y 55. Ed. Labor. Barcelona. 1970.

²⁵ *Cfr. Principia Mathematica*. 1686.

suficiente la no presencia de fuerzas para llamar “aislado” al sistema, la trayectoria rectilínea reclama la causa activa de que se ha hablado antes²⁶. El mencionado Primer Axioma newtoniano desde el punto de vista metafísico se debería enunciar así: “un sistema aislado es aquel que no está aislado”, es decir, entraña una contradicción metafísica y, como se acaba de afirmar, esta contradicción debe ser, asimismo, física (excepto en aquellos casos particulares en que, por las simetrías del sistema, se comporten “como si” estuvieran aislados y entonces las consecuencias del Primer Axioma newtoniano siguen siendo válidas).

MACH se dio cuenta de esta interacción, pero la atribuyó a las “masas lejanas”, las únicas que podía constatar experimentalmente; prefirió la “*actio in distans*”, incomprendible para una mente que acepte los principios de la metafísica de ARISTÓTELES, a la afirmación de la existencia de un *substrato* que nadie había visto y que se escapaba de toda experimentación directa; como buen empirio-criticista, o neo-positivista si se prefiere, era enemigo declarado de la Metafísica: esto fue un impedimento para que pudiera deducir consecuencias físicas de la afirmación de su propio Principio, lo mismo les ocurre a la mayoría de los físicos contemporáneos que, a pesar del atractivo que sienten por él mismo, no dudan en calificarlo de “simple conjetura ni probada ni negada”²⁷. LORENTZ fue el más honesto, desde el punto de vista metafísico: el “éter de LORENTZ” era la afirmación clara de lo que ahora se viene a llamar *substrato cosmológico*. La “contracción” de FITZGERALD – LORENTZ es real, esto es, respecto a una referencia privilegiada: inercial; mientras que la “contracción relativista” de EINSTEIN es relativa a dos bases inerciales que se mueven con movimiento rectilíneo y uniforme una respecto a la otra. En la práctica la diferencia no es mucha pues la restricción

²⁶ P.HOENEN, *op. cit.* pp. 127 – 128.

²⁷ Véase, por ejemplo, una afirmación parecida en el texto de Charles KITTEL y otros: *Berkeley physics course*, vol. 1. p. 64. Ed. Reverté. Barcelona. 1968.

einsteiniana equivale a reducir el problema al caso de como si estuviera aislado.

Si desaparecieran las masas lejanas del Universo –aunque nadie puede hacer esta prueba– no desaparecería la inercia, para ello sería preciso que desapareciera el substrato cosmológico, el cuerpo circunscriptivo, el éter de LORENTZ, el continuo o como se prefiera llamarlo²⁸. Las “estrellas lejanas” son como indicadores de su presencia, la inercia es la respuesta, externa al sistema de puntos materiales que se considere, de dicha presencia del “resto del Universo”. Sirva el ejemplo ya citado de las balizas nocturnas de una pista de aterrizaje: si se apagan las mismas no desaparece la realidad física de la pista. El error de muchas de esas afirmaciones procede de confundir el “vacío” de la física experimental con la “nada”: el fracaso de MICHELSON–MORLEY no significa la *no existencia* del éter o substrato, sino simplemente su inexperimentación directa²⁹.

El Primer Axioma newtoniano queda anulado y substituido por la siguiente *Ley*: “no existen sistemas aislados de puntos materiales”³⁰, que desde el punto de vista práctico coincide con la afirmación de MACH, aunque éste estuviera mal planteado –por exceso positivista– desde el punto de vista metafísico, como ya hemos comentado. Las fuerzas debidas a la presencia de esa propiedad, *extrínseca* al sistema, se llaman *inerciales*: centrífugas, de CORIOLIS, etc., y son fuerzas que deben ser consideradas, por su causa, *externas al sistema*. Serán “ficticias”, como se las suele bautizar, si su presencia es un mero artificio de cálculo debido a que la base de referencia no es inercial; pero serán reales y externas cuando aparecen con base correcta de referencia, esto es: inercial.

²⁸ J. RIUS–CAMPS, *Los Fundamentos Cosmológicos de la Mecánica y las Leyes Fundamentales de la Dinámica*, *op. cit.* Anuario Filosófico, vol. IX, pp. 340 y ss. Universidad de Navarra. 1976.

²⁹ Cfr. P. HOENEN, *op. cit.* pp. 118 – 126, y asimismo, H. BONDI, *Cosmología*, pp. 75 – 81. Ed. Labor. Barcelona. 1970.

³⁰ J. RIUS–CAMPS, *La afirmación del principio de MACH y sus consecuencias dinámicas*. pp. 1 – 4. Ed. ETSA, Universidad de Navarra. 1975.

El concepto Aristotélico–tomista de *lugar*, el “locus ubi”, no es, pues, una simple afirmación filosófica, sino un *modo de ser*, accidente real de la sustancia. La Metafísica, ciencia que da apoyo real a la Física, no está desconectada de la realidad –como no pocos han pretendido– sino que ésta carecería de sentido sin aquella, son *complementarias*, repitiendo nuestro anterior aserto.

4. 2. LA ESTRUCTURA DE LA MATERIA.

Acabamos de exponer el aspecto ambivalente de la materia: como algo discreto, físicamente cuantificado, y como soporte continuo de discontinuidades; éstas no tienen más entidad que la estructuración del substrato. No se trata de una teoría sobre la “doble materia”, como ya se expuso, sino de una concepción basada en un substrato único. Las teorías físicas antiguas concebían el éter como un fluido, de propiedades mecánicas excepcionales, que rodeaba a la materia llenando, por así decirlo, todos los intersticios y haciendo posible la propagación de las ondas electro-magnéticas; pero con el descubrimiento del comportamiento “corpúscular” de la luz y de la “inercia” de la radiación, unido al fracaso de famosas experiencias que querían poner de manifiesto el “viento del éter”, se abandonó el mismo concepto de éter. Sin embargo, su presencia física es del todo necesaria como se ha expuesto, sólo es preciso aclarar que este continuo, éter, substrato, etc., según se prefiera denominar, es la sustancia-única –PM– del Universo, sobre la que se ha especulado en los dos capítulos precedentes.

Si, por pura hipótesis, desapareciera la *estructuración dinámica* del substrato, desaparecería todo lo experimentable, observable, del Cosmos pero éste no quedaría aniquilado: quedaría simplemente en la fase de primera materia estática, en la que estaría ausente todo tipo de movimiento y no se podría constatar una duración temporal, sino una duración en la que el tiempo, en el sentido preciso de medida del movimiento, estaría ausente, como se dijo ya.

Esta situación *estática* no es la presente en el Cosmos, que se comporta como un *todo dinámico*, que evoluciona según leyes, cualidades, perfectamente definidas –determinísticas podríamos afirmar– siendo la “indeterminación” o “incertidumbre” algo aplicable, solamente, a nivel de lo observable. La “incertidumbre” heisenbergiana significa falta de información por parte del observador pero no que existan relaciones acausales en los fenómenos físicos.

El Universo de lo observable está constituido, hasta cierto nivel de complejidad, por esta PM –cuantificada y dinámica– que evoluciona, según sus propias leyes y según *pautas irreversibles* a tenor del Segundo Principio termodinámico y a partir del primer impulso inicial sobre la PM *continua y estática*; no vemos inconveniente en llamar “big bang” a este primer impulso. Este evolucionar del Cosmos daría cuenta de un todo diversificado: galaxias, estrellas, planetas; todos los elementos de la Tabla Periódica de MENDELEJEV; y las posibles combinaciones de la química: montes, océanos y nubes, podríamos resumir. Pero hasta aquí se trataría de una sola sustancia que actúa según su naturaleza: “operatio sequitur esse”. ¿Existe otro nivel de estructuración del Universo que no dependa de esta evolución primera?. Nos ocupamos de ello en el apartado que sigue.

4. 3. ULTERIORES ESTRUCTURACIONES DEL COSMOS. LA VIDA.

La ciencia física, en sus más profundas indagaciones, llega precisamente a la afirmación y necesidad de un substrato cosmológico y a la observabilidad, cuantificada, de la materia. Cuanto más se desciende hacia los últimos elementos materiales observables, tanto más se desdibuja –indetermina– la “cosa” a localizar y medir: esta es la afirmación del “principio de incertidumbre” de HEISENBERG. Algunos pretenden inferir, como ya dijimos, la existencia de acausalidad, en el microcosmos, como consecuencia de dicha indeterminación (P. JORDAN, por ejemplo), otros mantienen la vigencia metafísica del nexos causal y reducen la incertidumbre a mera falta de información (C.F.

VON WEIZSÄCKER, L. DE BROGLIE, entre otros). Nosotros afirmamos la necesidad metafísica de dicho nexo y, por tanto, también su obligatoriedad física.

Así pues, desde un punto de vista holístico, podemos pensar que la PM, por ser *sustancia-única*, posee una *naturaleza-única* que es causa de todo lo observable a nivel de la física, por centrarse esta ciencia en las estructuras, primeras y más simples, con que se manifiesta el despliegue dinámico de esta PM. Podemos decir que todo lo observable en el campo propio de la física son los *accidentes* –en el sentido aristotélico– con que se manifiesta este Cosmos considerado como *sustancia-única y dinámica*.

Pero la física no puede dar cuenta de toda la riqueza de contenido observable en el Cosmos material. Pueden existir estructuras sobre-impuestas, por así decir, a esta *materia-sustancia-única* de las que la ciencia física no responde; por ejemplo: la Venus de Milo, la “Piedad” de MIGUEL ÁNGEL, o el “Concorde”: esto es, todo lo hecho por el hombre que se viene designando como “artificial” frente a lo “natural”. Pero también existen estructuras naturales que se escapan a la física, por ejemplo: la vida en todas sus manifestaciones. Estas estructuras son superiores a las meramente físicas: responden a “otras ideas” en la mente del artífice, que no estaban, ni siquiera en potencia, en el despliegue evolutivo de la PM-sustancia-única, por la sencilla razón de que ésta responde, tan sólo, a “una primera idea”. La vida manifiesta, en su variedad y riqueza, no sólo “otra idea” sino un enorme número de ideas participadas en la PM, por ser esta susceptible (estar en potencia pasiva) de recibir esta sobre-estructuración en otras tantas “totalidades” independientes formalmente, pero dependientes materialmente –en interacción podríamos decir– gracias a participar de un substrato cosmológico único y dinámico.

Las teorías evolucionistas, desde DARWIN, adolecen del defecto que consiste en querer asignar a la PM-única unas virtualidades que no tiene y que debieran manifestarse en su

despliegue evolutivo, en forma de vida, por citar el ejemplo más claro. La vida, desde nuestro paradigma cosmológico, pertenece a una estructuración en “totalidades” que trasciende a las posibilidades inherentes a un substrato-dinámico cuya evolución daría, a lo sumo, “piedras” por decirlo de alguna manera –como las que hay en el planeta Marte, por ejemplo– pero jamás llegaría a tal riqueza y perfección. Sabemos que hay vida porque ahí está, pero si sólo hubiéramos contemplado el Cosmos-sustancia-única jamás hubiéramos creído en su posibilidad (supuesto que no observáramos nuestro propio cuerpo).

El “principio de incertidumbre”, ya hemos visto, limita nuestra capacidad de observación, de medición; esto es, de penetrar en los últimos y elementales niveles de estructuración cuantificada del substrato. También acota nuestra capacidad de manejar estas estructuras elementales: las moléculas, los átomos, los núcleos y las partículas últimas que –todavía no está demostrado– constituirían los eslabones que formarían las mismas partículas supuestamente elementales: los famosos “quarks”. No podemos manejar estas estructuras, como el que organiza las piezas de un “stock” para montar una máquina; pues si no las podemos localizar y medir simultáneamente, menos las podemos organizar en estructuras superiores según un diseño preconcebido; a lo sumo tendremos que acudir a las posibilidades del “azar estadístico”. La vida supone una organización que desciende al nivel atómico molecular –tesis ya citada de STAUDINGER– y esto la diferencia claramente, de lo que está al alcance del hombre³¹, cuyo operar es mediante la utilización de sustancias construidas sobre la primera-sustancia, pero no llega a su estructuración directa, o por lo menos está a un nivel tan remoto que equivale, en la práctica, a la imposibilidad de llegar. Acudir al azar es lo que hace el evolucionismo, pero esto es lo mismo que dejar sola la PM-única, con su pobre capacidad de organización, frente a la complejidad orgánica que supone la vida más

³¹ Vid., por ejemplo, J. RIUS-CAMPS y C. BASEVI, *Reflexiones sobre las ciencias experimentales y su relación con la religión. A propósito de un libro de P. JORDAN*. “Scripta Theologica”, vol. XIII/1. pp. 149 – 183. Pamplona. 1981.

elemental. Para lograr una explicación plausible se suponen intervalos temporales, de duraciones tan inmensas, que caen fuera de los presupuestos más razonables y optimistas de la ciencia. No cabe duda, dice VON NEUMANN, que con lapsos temporales suficientemente grandes casi todo se puede producir por casualidad; pero estos intervalos no han existido. Cabría pensar, para ilustrarlo con un ejemplo, que la Venus de Milo hubiera surgido del azar: mármol pentélico, rodando por las laderas del Taigeto, en virtud de terremotos, lluvias y vientos, llegó a esta maravilla del arte rodeada del producto previsible de tal acción: montones de grava.

4. 4. DIOS, “IPSUM ESSE SUBSISTENS”.

Hemos visto que las sustancias, constituidas como entidades formalmente independientes pero interrelacionadas por la materia, en su condición de substrato, son participaciones de las ideas que están en la mente de la causa agente, inteligente, que las ha causado: DIOS, los ángeles, el hombre. La idea es inmaterial y, por ende, universal: no se puede individuar, singularizar, si no es por participación en la materia. Ningún ser material agota las posibilidades de la idea. Infinidad de seres pueden responder a una misma idea del agente: un perro puede ser de muchas maneras –incluso contradictorias y, por tanto, imposibles en un mismo individuo– pero la riqueza del universal, “perro”, las

incluye *todas* en la única idea que el agente posee acerca de lo que es un perro.

DIOS es “en sí e independiente de otro”: es el único que satisface con plenitud la definición de sustancia. Las demás sustancias, sólo la cumplen de manera *análoga* aunque también real: no se trata de una metáfora. Su *independencia* no es nunca total; dependen de la materia en su “acto de ser” como último acto (aunque sea simultáneo) que recibe su formalización o estructuración en una *totalidad* material; y la misma materia es causa de que estas *totalidades* –formalmente independientes– interaccionen entre sí, que es lo mismo que afirmar su

dependencia mutua. Los entes espirituales: los ángeles y el alma humana (considerada subsistente, independiente del cuerpo) son esencias subsistentes: en este sentido agotan su propio ser, pero su acto de ser es extrínseco: podrían no ser, pues este último acto no está incluido en la idea de la cual *participan*, aunque esta participación sea plena. Sólo existe una IDEA por antonomasia: el “Verbo” de DIOS, cuyo acto de ser es *intrínseco* y cuya plenitud es *total*. La plenitud de los demás entes espirituales significa que agotan su especie, su idea, pero esta idea tiene un contenido limitado por su acto de ser y este acto, a su vez, está limitado por la esencia finita.

Queda claro que el punto más importante a discernir en toda sustancia es la distinción real entre *esencia* y *acto de ser*: esta fue la gran aportación de Santo TOMÁS DE AQUINO a la Metafísica. Pensamos que la primacía del acto de ser, propio a la filosofía tomista, es perfectamente compatible con la exposición que acabamos de presentar acerca de la sustancia, y que responde al contenido más profundo de la Física, sin necesidad de abandonar su más profunda definición: “Ser en sí e independiente de otro”.

4. 5. EL DINAMISMO METAFÍSICO DE LA MATERIA.

Desde el punto de vista de la Metafísica de la Naturaleza la materia se nos presenta siempre en actividad: la sustancia actúa sobre sí misma, en un *dinamismo intrínseco*, y sobre las demás en una actividad o *dinamismo extrínseco*; así considerada la sustancia es sujeto o *principio de actividad* y recibe el nombre de *naturaleza*. Esta actividad responde al modo de ser del ente sustancial que se considere, “omne agens agit simili sibi” o lo que es lo mismo, “operare sequitur esse”. Si los entes fueran estáticos serían incognoscibles, pues el acto de conocer supone una acción recíproca entre el cognoscente y la cosa conocida.

Es patente que la naturaleza es *principio y causa de esta actividad* que poseen los cuerpos; causa y principio se corresponden pero no son lo mismo; llamamos principio a aquello

de lo que “algo procede de alguna manera”, sin especificar, y cuando un principio es necesario para que algo llegue a ser, tanto en el orden sustancial como en el orden accidental, recibe el nombre de causa. Toda causa es principio pero no a la inversa, por ejemplo, el punto y la recta son principios de una superficie reglada pero no son su causa; en teología el Padre es Principio en la generación eterna del Verbo pero no la causa.

En este estudio metafísico del movimiento o actividad discernimos *dos modos de ser primarios* y, en consecuencia indefinibles, que desde ARISTÓTELES reciben el nombre de ser en acto y ser en potencia , o simplemente *acto y potencia*; el primero es un ser ya constituido, actualizado, el segundo tiene posibilidad de ser, está en potencia, sin confundirse con la nada, y esto asimismo en el orden sustancial y en el accidental; así decimos, por ejemplo, que una fruta está en potencia de madurar cuando aún no es madura. Estos modos de ser surgieron para explicar en qué consiste el movimiento que no puede ser potencia, pues no hay actividad aún, ni acto pues ésta se ha terminado, en cambio si que existe paso de potencia a acto, hacerse, “feri” en latín, que expresa la esencia del movimiento: “actus entis in potentia quatenus in potentia” o también “actus imperfectus et imperfecti”. La potencia es principio del movimiento pero no su causa, pues toda causa debe estar en acto. Para que algo pase de potencia a acto es preciso una causa en acto que lo haga, es la *causa agente* o *eficiente*, que es otro ser , distinto, exterior al que se produce: es una *causa extrínseca*. Pero, ¿qué mueve a la causa agente a actuar?, otra causa agente, y así sucesivamente hasta llegar a una Causa Primera: DIOS, pues no puede existir una cadena infinita de causas en acto; esta es la “segunda via“ de TOMÁS DE AQUINO para llegar a DIOS.

En algún momento de esta concatenación de causas agentes se debe llegar necesariamente a una causa inteligente que se mueva por sí misma a actuar, a conseguir un *fin*, que no es otra cosa que la realización de la *idea* existente o concebida en su mente: “omne agens agit propter finem” necesario para que la causa agente actúe, es la *causa final*, que es *extrínseca* también.

La idea es plasmada en el fin material que se consigue pero es externa al mismo, es el *ejemplar*, el *universal* del que participa el ente *singular*, se le denomina *causa ejemplar* o *formal extrínseca*, pues el *acto* que se realiza en la materia responde a esta idea y es algo *intrínseco* a la misma, necesario para que sea tal ser sustancial o accidental, y recibe el nombre de *causa formal intrínseca* o simplemente *causa formal* accidental o sustancial según se trate de un fin sustancial o accidental. Las ideas siempre son universales pero pueden referirse, ser causa ejemplar, de modos de ser sustanciales o accidentales. Hablar de ideas “referentes a accidentes”, no es exacto, pues no los podemos pensar separadamente de alguna idea que expresa una sustancia. La causa formal es un *acto intrínseco* realizado en la materia, sujeto de tal acto, actualizada; ésta es, pues, un modo de ser en potencia necesario para la consecución del fin y es por tanto causa: *causa material*. Si se trata de un cambio a nivel accidental, la sustancia o sujeto permanece, si lo que cambia es la sustancia el cambio es sustancial; sabremos que se trata de un acto sustancial si responde a una *idea esencialmente diferente* de la que hacia referencia antes de tal cambio, si la idea es *la misma*, en este caso el cambio es accidental y se corresponde, como acabamos de apuntar, con una idea de algo accidental, por ejemplo un cambio de color o simplemente de lugar.

En resumen podemos decir que hemos llegado a los conocimientos fundamentales del *acto* y de la *potencia*, de la *materia* y de la *forma* y de las *cuatro causas*: dos *intrínsecas*: *material* y *formal*, y dos *extrínsecas*: *eficiente* y *final*. Estas causas *no son independientes* pues la actividad es única, existe una *unidad de acción entre las causas*, con la primacía de la causa final: “causa causarum”. También hemos entendido la esencia del movimiento como *paso de potencia a acto*, y la diferencia entre *cambio accidental* y *sustancial* según las ideas a que hacen referencia. Este es uno de los puntos clave de nuestro pensamiento desde el comienzo del presente estudio: la *primacía de la idea*, causa ejemplar. En definitiva, el único que puede decidir si una cosa es sustancialmente distinta de otra es el sujeto inteligente que tiene la idea de cada una de ellas y sabe que se

trata de dos ideas diferentes en el orden sustancial, si fueran iguales es lo mismo que decir la misma idea y se trataría de dos cosas iguales. Dos cambios accidentales son iguales si responden a la misma idea en el orden accidental, con las reservas indicadas más arriba. Insistiremos más adelante en estos aspectos.

4. 6. EL DINAMISMO FÍSICO DE LA MATERIA.

El substrato cosmológico que podríamos suponer estático, sin determinar, en su inicio creacional –es lo que indicamos como *continuo* o PM al comienzo del presente trabajo–, es posible determinarlo *discontinuuamente*; al caos inicial suceden otras actuaciones hasta llegar al Cosmos actual. Si se hubiera dado una única actuación –un “big bang” por ejemplo– cuyo despliegue hubiera sido el Universo tal cual es ahora, se trataría de una sustancia única, pero como ya hemos afirmado, hay evidencias de que no fue así: la presencia de *vida* es la más clara y contundente. El *dinamismo estrictamente físico* hubiera constituido galaxias, estrellas y planetas y todas las posibilidades de la química orgánica e inorgánica (y no parece que trascienda este dinamismo). Pero la vida, aún en sus estadios más simples, escapa a las posibilidades evolutivas de la materia inerte tal como la conocemos, otras intervenciones, otras ideas sustanciales, debieron ser plasmadas, actualizadas, para alcanzar esta meta. Los “seis días de la creación” del Génesis, indicarían de forma sencilla al par que ordenada, científica e histórica a la vez, estas sucesivas intervenciones del Creador uniendo la materia al espíritu cuando aparece el hombre, trascendiendo el Universo y uniéndose a él en el misterio de CRISTO, VERBO de DIOS encarnado.

También este *dinamismo físico* posee sus principios o leyes, y sus causas primeras, que estudia la Dinámica en sus diversos sectores: Clásica, Relativista, Cuántica, Electrodinámica, Termodinámica, etc. Unificarlos en una *dinámica física única* es una meta no alcanzada aún. La *dinámica metafísica* antes analizada está en la base de esta última y no puede existir contradicción entre ambas, de ahí el interés de su estudio paralelo.

La mencionada *Primera Ley Fundamental*, siguiendo el esquema admitido, sería el *Principio de conservación de la materia-energía*, Primer Principio de la Termodinámica, que se corresponde con una *simetría* respecto al tiempo, visto desde el punto de vista de la Dinámica Cuántica. Desde una visión metafísica diríamos que la materia, entendida como determinación discontinua del substrato, puede recibir muy diversas formas, actos, que no desaparecen, en su conjunto, si así no lo dispone el CREADOR.

La *Segunda Ley Fundamental*, se refiere a la *irreversibilidad* que se observa en el Cosmos, presente ya en la irreversibilidad del tiempo, y expresada físicamente por una *función de estado* termodinámico, la *entropía*, esencia del Segundo Principio de la Termodinámica. La DC, cimentada en los Tres Axiomas newtonianos, es *reversible* y de ahí su incompatibilidad con esta Segunda Ley Fundamental. Esta irreversibilidad es una cualidad, un modo de ser, que compete en primer lugar a la Metafísica (irreversibilidad del tiempo entendido como medida del movimiento) y, en consecuencia, también a la Física.

La *Tercera Ley Fundamental* se desprende de nuestras observaciones en pro de la existencia del *substrato cosmológico*, y viene a afirmar la *imposibilidad de sistemas aislados*, imposibilidad que es primariamente metafísica, pues el substrato es único. El Primer Axioma newtoniano está en contradicción con esta Ley y lo mismo sucede con el Segundo Axioma, *fundamental*, de esta dinámica, pues el Primero es un caso particular de éste cuando la aceleración en un *marco inercial* es nula, y esto hace prever que pueda ser *insuficiente* en determinados casos a pesar de su utilidad y exactitud en otros muchos. Esta Tercera Ley Fundamental, aquí enunciada, es equivalente al Principio de MACH, ya citado en lo que precede, que viene a decir que “las únicas aceleraciones que tienen sentido son las referidas al Cosmos tomado como un todo”, las “estrellas

lejanas”; es decir, con respecto al “substrato cosmológico”, *referencial absoluto*.

Estas *Tres Leyes Fundamentales* son, además, *Causas primeras* metafísico-físicas del Universo por incidir necesariamente en el ser de las cosas. En la Primera Ley Fundamental es necesario perfilar que esta conservación de la energía se refiere, primariamente, a un marco inercial en reposo respecto al substrato absoluto, pues la energía cinética es diferente según sea el referencial de inercia elegido; así, la afirmación de que todos los marcos inerciales son equivalentes, en el sentido de que no existe ninguno privilegiado, absoluto, está en contradicción con esta Ley de conservación de la energía en el Universo, puesto que resulta imposible determinar la energía cinética total del mismo. Esta conservación será sólo *relativa* respecto a marcos inerciales.

4. 7. EL CONTÍNUO – DISCONTÍNUO Y LA CUANTIFICACIÓN DE LA MATERIA.

Si existe el *continuo* también debe estar presente lo *discontinuo*, pues ambos extremos se exigen: la discontinuidad separa en partes la extensión continua, aunque sólo sea para limitarla en su unidad primigenia, pues no es posible un continuo material sin límites; en otro extremo, cualquier parte material que consideremos es continua si no es dividida en otras partes, que a su vez serán continuas, hasta llegar a la parte más elemental indivisible. La Naturaleza se nos presenta así, cuantificada, y nos conduce a la consideración teórica y experimental de *partícula-onda*. Además la materia es, asimismo, algo *extenso*, divisible en partes; *virtuales* si la consideramos *en potencia* de ser dividida y *reales*, esto es *en acto*, si la división ya se ha efectuado; en el primer caso decimos que hay *continuidad* entre las partes y en el segundo existe *contigüidad*. Esta propiedad de la materia es su primer modo de ser accidental que recibe el nombre de *accidente cantidad*, inseparable de la sustancia y *primero* de los accidentes, pues los demás se inhieren a la sustancia a través de este accidente, de ahí su consideración de *quasi-sustancial*. La cantidad en su aspecto *continuo* da origen a

los entes matemáticos geométrico-topológicos mientras que en su aspecto *discreto* está en la formulación del concepto de número natural que, articulado por los “axiomas de PEANO”, es el fundamento de la Aritmética del número natural y de sus sucesivas generalizaciones. Otro accidente íntimamente relacionado con la cantidad es el *ubi, lugar*, que ya hemos estudiado en lo que precede juntamente con los dos entes de razón, pero con fundamento real, que se denominan *espacio y tiempo*. También el *movimiento* está en dependencia íntima con la cantidad, pues todos los *movimientos propios* posibles entrañan la necesidad última del movimiento local, esto es de cambio de lugar.

4. 8. EL AZAR O INCERTIDUMBRE Y LA ACAUSALIDAD.

El azar o incertidumbre entendidos de modo absoluto suponen la ausencia de causa, y puesto que todo ente responde a una idea en la mente del artífice sin la que no puede existir, sea a nivel sustancial sea a nivel accidental, es inmediato que se trata de un imposible existencial; sin una idea causa final y causa formal extrínseca no puede existir nada. Así, al hablar de azar, de incertidumbre, de caos, es una forma de expresar la ausencia de información, más o menos profunda –nunca total– en nuestro modo de conocer un determinado ser. Así sucede en determinados campos de la física, pero precisamente se trata de diferentes modelos de azar, con su propia ley de distribución de los eventos, aplicables al estudio de diversos problemas que –por falta de información– no son tratables directamente; el estudio estadístico nos da acceso a parte de la información que de otro modo resulta inaccesible.

El hecho de que sea un “azar” con “ley de distribución de los eventos” indica ya de por sí la ausencia de azar absoluto; se trata simplemente de un itinerario probabilístico para conocer la causa que de otra forma resultaría imposible o extraordinariamente complejo. Prescindimos aquí de los *sucesos al azar* debidos a la concurrencia de causas independientes,

puesto que resultan irrelevantes en la realidad en la que lo que prima, lo que se observa, es la direccionalidad de los procesos, esto es, la presencia de *finalidad*. Ejemplos análogos se presentan en otras ciencias como la biología, la medicina, la economía, etc.

El evolucionismo absoluto no tiene entidad científica, pues la ciencia se define como el estudio de las cosas, los seres, por sus causas, y si no hay causa no hay ciencia. Un evolucionismo constructivo, *emergentista*, tomado en el sentido de que a partir de lo menos se consigue lo más, es decir, a partir de seres inferiores obtener seres de complejidad superior simplemente por selección al azar absoluto, no tiene sentido ni vale la pena de que nos detengamos en este problema si no fuera por la importancia histórica que ha tenido y sigue teniendo en determinados sectores, en los que tal posibilidad nisiquiera se pone en duda y se consideran retrógrados y acientíficos a los que intentan hacerlo. Naturalmente que este proceder es lo más ajeno a la ciencia pero la realidad humana a veces es así.

CAPÍTULO 5

POTENCIA Y ACTO EN LOS ENTES MATERIALES.

5. 1. MATERIA Y FORMA.

En este nuevo enfoque de la Filosofía de la Naturaleza encajan perfectamente los co-principios *materia y forma* –expresión material de los principios metafísicos *potencia y acto*–, pero sin necesidad de la *materia prima*, pura potencia, como substrato para explicar el cambio sustancial. La *materia* la forman sustancias, ya constituidas, que reciben una nueva estructuración dinámica que las unifica para formar otra sustancia, formalización de una *idea*, de un *proyecto* podríamos decir, distinto, como ya se expresó en los párrafos precedentes. Esta nueva estructuración dinámica, *inseparable* de la materia, sería la *forma*, actualización de aquella idea.

Con este planteamiento se evitan las interminables disquisiciones acerca de los compuestos sustanciales y los que no lo son; a los primeros se les denomina con el nombre de “mixtos” o “compuestos” y a los segundos como simples “agregados”. El hombre no puede acceder al nivel sustancial, sus “artefactos” son, a lo sumo, pura imitación de sustancias, como ya se dijo; ni siquiera los entes materiales –si se exceptúan los vivientes– son fáciles de discernir como sustancias. La diferencia entre *mixto* y *agregado* resulta extremadamente difícil en ocasiones, máxime a nivel atómico molecular y sub-atómico. Lo mismo sucede cuando se buscan los últimos elementos de la materia, las sustancias más elementales podríamos decir. Actualmente, con el

modelo *standard*, se reducen a los *quarks* y los *leptones*, los primeros componen las partículas pesadas (protones, neutrones, etc., y los segundos son partículas ligeras (electrones, positrones, etc.). Pero ni siquiera les es aplicable el concepto exacto de partícula, ni es posible su consideración aislada en muchos casos. Las máquinas, las obras de arte, los muebles, las herramientas, etc., son sustancias con el mismo derecho que lo es un perro o una cigüeña: son actualizaciones de ideas diferentes según el criterio de su autor. Aducir que los artefactos se distinguen de los entes naturales porque se deben a un *proyecto externo* o idea humana, tiene poca importancia, pues las sustancias naturales aparecen asimismo como un proyecto racional. La información que se despliega en los vivientes puede ser considerada como la *racionalidad materializada* ¿De quién este proyecto racional? indudablemente de alguien, y este alguien es externo, sea un ángel o el mismo DIOS. Tampoco cabe aducir que el impulso motor, la actividad de los artefactos es *extrínseca*, pues en las sofisticadas máquinas actuales existe asimismo una actividad intrínseca, gracias a las complicadas estructuras de la electrónica; si cesara el movimiento ordenado de los electrones gobernado por los componentes electrónicos y por la fuente interna de energía eléctrica, cesaría la actividad, se destruiría la máquina. También los vivientes mueren, se destruyen, si cesan las corrientes nerviosas por algún motivo, por ejemplo un veneno que bloquee las sinapsis neuronales.

Aunque es lícito y posible considerar el Cosmos material inerte como una sustancia única, esto no es obstáculo en este nuevo paradigma de la Filosofía de la Naturaleza para que se puedan considerar sustancias las diversas partes que la componen, pues son actualizaciones de ideas cuya realización está implícita en el desarrollo de la información contenida en las leyes que gobiernan los procesos naturales. Lo mismo sucede en un animal cuyos diversos órganos responden a ideas bien precisas: el cerebro, los ojos, los riñones, etc.; algunos de ellos incluso se pueden transplantar. La sustancia nueva que emerge de su unión en el animal que se considera, lo es por la nueva estructura dinámica que los constituye en un *sistema total* que depende de

todas sus partes, pero no se identifica a modo de *conjunto total* sino por responder a una *idea nueva* del artífice. Es bien sabido que la definición de sustancia como “aquello que es en si e independiente de otro” sólo se puede aplicar a DIOS en sentido pleno, pues no existe en el Universo ningún ser independiente totalmente de los demás. Sin embargo las ideas sí que son *diversas e independientes* entre sí en la mente que las posee, ni siquiera es posible tener dos ideas idénticas; son *únicas y universales* por ser patrimonio del espíritu. La diversidad de sustancias responde a la multiplicidad de ideas posibles, que son su causa ejemplar o formal extrínseca. La posibilidad de que exista pluralidad de individuos de la misma especie viene dada por la materia “*quantitate signata*” y no por la forma, por su estructuración dinámica podríamos decir. Ya en PLATON forma e idea se identificaban; aquí distinguimos que la primera es la materia a la que actualiza y es singular, mientras que la segunda informa una mente y es universal.

En la presente cosmovisión hemos prescindido del co-principio *materia prima* por no ser necesario y, al mismo tiempo, se eluden las dificultades que entraña; en esta línea de las dificultades, nos parece esclarecedora la exposición que sigue³²:

El hilemorfismo.

“Se denomina ‘hilemorfismo’ la doctrina aristotélica según la cual la esencia de las sustancias materiales está compuesta por materia (*hylé*) y forma (*morfé*). Obviamente, puesto que se trata de la esencia de las sustancias, la materia de que se habla es la ‘materia prima’, y la forma es la ‘forma sustantancial’.

El concepto de ‘materia’ es utilizado por ARISTÓTELES en diferentes contextos a lo largo de sus obras, y no tiene un significado unívoco. Tampoco existe unanimidad en cuanto a las interpretaciones de esos sentidos. Por ejemplo, se han planteado

³² Extraído de: M. ARTIGAS, *Filosofía de la Naturaleza*. pp. 145 – 146. 4ª ed. EUNSA. Pamplona. 1998.

dudas acerca de la autenticidad de la interpretación tradicional, según la cual existe una materia prima única, común a todos los cuerpos –substrato puramente indeterminado que entra en la composición de todos los seres materiales–, e incluso se ha afirmado que esta interpretación es ajena a ARISTÓTELES.

En esta línea, WILLIAM CHARLTON ha examinado los pasajes aristotélicos que pueden referirse a la materia prima, y concluye que no da pie para la interpretación tradicional: la materia sería siempre en ARISTÓTELES, algo concreto y ya determinado. Afirma que la doctrina tradicional tiene su origen en el *Timeo* platónico; se habría producido uniendo el lenguaje de PLATÓN y el concepto de ARISTÓTELES acerca del factor material, o sea, adaptando el substrato aristotélico de modo que cumpliera la descripción platónica. Esa unión se habría dado en los estoicos, se encontraría bien establecida en la filosofía sincretista del primer siglo antes de CRISTO y los primeros siglos después de CRISTO, habría sido recogida por la teología cristiana ya desde SAN AGUSTÍN, y se habría fosilizado en el comentario de CALCIDIO al *Timeo*, que fue casi la única fuente de metafísica antigua hasta el siglo XII.

Desde luego, la interpretación tomista del hilemorfismo se sitúa en el marco de una metafísica creacionista. Los conceptos tomistas están tomados, en buena parte, de ARISTÓTELES; sin embargo, en este caso como en muchos otros, lo aristotélico es interpretado dentro de una metafísica que, en algunos importantes aspectos, no es aristotélica.

Sólo aludimos a estos problemas con objeto de señalar que la interpretación del hilemorfismo aristotélico y de su desarrollo histórico no es una tarea sencilla. Por nuestra parte, hemos examinado el hilemorfismo procurando no traicionar el pensamiento de ARISTÓTELES ni de la tradición aristotélica. Continuaremos nuestro trabajo en esta línea, prescindiendo de la exégesis histórica”.

Respecto a la *forma*, podemos añadir que se relaciona íntimamente con el concepto de *estructura espacio-temporal* que corresponde a la actualización de una determinada *idea –causa formal extrínseca–* en la materia, por tanto esa estructuración

expresa el *plan*, el *modelo*, el *fin* conforme al cual se produce tal ente; asimismo incluye el dinamismo propio de toda sustancia; no se trata, en modo alguno, de una formalización meramente estática. Así, si proyectamos, por ejemplo, un ordenador, proyectamos una máquina activa; si lo consideramos estático, parado su funcionamiento, deja de ser un ordenador, es lo que vulgarmente se dice un “trasto”, un residuo de ordenador.

5. 2. NECESIDAD E INMUTABILIDAD.

En la Cosmología aristotélica el mundo era eterno y, en esta línea de pensamiento, también lo serían las formas; esto ya no era admisible para los pensadores de los siglos XIII y XIV, como tampoco lo es ahora. Incluso fue condenado por jerarquía eclesiástica de aquella época, subrayando la contingencia y final temporal del mundo. La cosmovisión actual afirma también esa contingencia y mutabilidad de los entes, naturales o fabricados por el hombre, por tanto las formas son también contingentes. Se afirma, asimismo, que lo que se genera o corrompe es la sustancia concreta y no esos co-principios materia y forma; menos puede decirse que se corrompe la materia prima, por ser pura potencia. En el paradigma que exponemos aquí no se presenta esa dificultad y podemos admitir la contingencia de las formas, pues son actos en la materia que pueden cesar, tanto en el orden accidental como en el sustancial. Las formas entendidas como ideas en una mente, son necesarias e inmutables, pues, por ser *universales*, son causa ejemplar de todas las sustancias existentes y posibles y no caben mutaciones adicionales: todas las posibles están expresadas por esta universalidad³³. La necesidad de las ideas es relativa a la existencia de sustancias, por ser expresión de la *finalidad* que se observa en todos los seres; todo lo que existe exige un *proyecto*, podemos añadir. Las formas espirituales no son contingentes en su ser pero lo pueden ser en su obrar, que no es necesario, de lo contrario no sería posible la libertad; sólo DIOS es necesario *per se*. Algunos seres, como el *substrato cosmológico* tal como lo

³³ Vid. M. ARTIGAS, *op. cit.* pp. 144 – 145.

entendemos aquí, son necesarios una vez creados de la nada, y lo mismo les sucede a los ángeles y a nuestras almas, pero es evidente que esa necesidad es causada, es decir, piden la existencia de un Primer Ser Necesario *per se*, que es DIOS. Este es el itinerario de la III vía de SANTO TOMÁS para demostrar la existencia de DIOS.

5.3. PRINCIPIOS Y CAUSAS INTRÍNSECOS Y EXTRÍNSECOS.

Acabamos de ver que acto y potencia, forma y materia son co-principios universalísimos en todo ser en los dos primeros, y restringidos a los entes materiales, o sustancias, los segundos. La forma es acto en la materia, ésta está en potencia de ser actualizada, es pasiva; esta actualización exige un ser en acto que la lleve a término: la *causa agente*, y esta, a su vez, necesita de un *fin*, de una *idea* a realizar, pues se observa que el Cosmos no es fruto del azar, no es caótico sino totalmente pensado. En lo que sigue desarrollaremos con más detalle esas ideas; veámoslo:

Siguiendo el desarrollo de esta NC, constatamos la existencia de una PM, ya en acto, no confundible con la “materia prima”, pura potencia, y cuyas características ya expresamos, en forma axiomática, como propiedades del *continuo*. A partir de esta PM, en su seno aparecieron las *discontinuidades*, es decir, *estructuras espacio-temporales* formalizadas dinámicamente en este substrato cosmológico (SC), es lo que conocemos como masa-energía, susceptible de conocimiento por nuestros sentidos directamente o mediante la experimentación. El inicio podría ser el “Big Bang”, generalmente admitido, u otro comienzo diferente. Esta estructura inicial evoluciona y se organiza en estructuras espacio-temporales (“pautas”, o “patterns”, se las suele designar) cada vez más complejas hasta llegar a constituir galaxias, estrellas, y en su seno los elementos de la tabla Periódica, que a su vez se organizan en moléculas, hasta llegar a formar todas las sustancias inertes como las conocemos.

La *materia* es inseparable de su *formalización* en estructuras espacio-temporales; las sustancias poseen esta composición fundante, *intrínseca*, de ahí el nombre de *hilemorfismo*. Se trata de dos co-principios pero, si principio es “aquello de lo que algo procede de alguna manera”, sin exigir más, evidentemente la *materia* y la *forma* son *principios intrínsecos*. Sin embargo, al ser necesarios para la existencia de tal sustancia, forman parte de su ser, caen dentro de una categoría más restringida de principios que reciben el nombre de *causas*, y además *intrínsecas*, inseparables de su ser. Se designan con el nombre de *causa material* y *causa formal*; la primera es pasiva, está en potencia de ser actualizada por el acto formal de la segunda.

Puesto que en esta NC no se precisa la “materia prima”, pura potencialidad, no se presentan, como ya se dijo, los complejos problemas de los criterios de sustancialidad. Evidentemente también en esta NC toda sustancia tiene propiedades de *totalidad*, tanto si es natural como si es fabricada por el hombre. Esta totalidad será débil y sencilla en las sustancias más elementales; por ejemplo en la sustancia “silla”, tiene una totalidad que la define independientemente de las diversas sustancias que forman las partes que la componen: responde a la *idea, proyecto*, de silla y no de otra cosa. En la misma línea también la “Piedad” de MIGUEL ÁNGEL responde a una idea, *causa ejemplar o formal extrínseca*, que le confiere esa totalidad independiente del mármol de Carrara en que fue esculpida. La Naturaleza en su evolución llega a producir el mármol, pero nunca podrá hacer esta obra de arte, esta sustancia. Podemos decir que la entidad final no es suma, o yuxtaposición, de las entidades de que se compone, las trasciende. Esta *causa formal extrínseca* no es otra cosa que la *idea* que se *propone realizar* la causa agente inteligente, y en este sentido es también un *fin*, que se distingue del *fin* como *realización*, distinto asimismo del *fin o finalidad* por cuyo motivo se realiza tal ente: “id cuius gratia aliquid fit”. Así, “el fin es lo primero en la intención y lo último en la ejecución”. Es la *causa final* que pone en acción las demás causas; “causa causarum” en síntesis clásica.

Asimismo el Cosmos como sustancia-única tiene propiedades holísticas que no poseen sus elementos o partes, que pueden ser consideradas sustancias si responden a diferentes ideas en la mente del Creador. Serán electrones, positrones, neutrinos, fotones, átomos o moléculas, ... en el ámbito del microcosmos. Son discontinuidades en el seno del continuo, o substrato cosmológico que constituye la PM, en acto, no “materia prima” como ya se expuso. El hecho de que estas discontinuidades puedan ser consideradas masa-energía, partícula-onda, no es ningún obstáculo en la formulación de la NC. Este Cosmos dinámico ha evolucionado, y evoluciona, desde su comienzo: el momento en que aparecen las discontinuidades –o discontinuidad– primarias, podría ser el “big bang” en opinión de muchos. De esta forma llegamos al Cosmos actual. Esta evolución, globalmente considerada, es *irreversible*, por lo menos en la fase actual de “expansión de Universo”, según opinión generalmente admitida. Esta evolución, que es *constructiva* según las propiedades de este Cosmos, considerado como sustancia-única (CSU) que despliega sus potencialidades, es incapaz de llegar a las sustancias superiores que forman lo que llamamos *vida*, o las que puede fabricar el hombre. De ahí que el evolucionismo darwinista o neo-darwinista que pretende llegar a la construcción de las sustancias vivientes por simple evolución del cosmos material, sea insuficiente. En los vivientes se observa un grado de *finalidad* que no se corresponde con las posibilidades evolutivas del CSU. No solamente existe *finalidad* en los procesos biológicos, sino *equi-finalidad*, es decir, cuando un determinado proceso falla y no puede alcanzar su fin, otro se pone en marcha para que se alcance. Desde la NC decimos que cada viviente responde a un fin distinto, a una idea o proyecto diferente, no es algo meramente “emergente”, que ya estaría en potencia en este CSU; se trata sencillamente de *otra idea* del Creador, que es su *causa final extrínseca* o causa ejemplar; lo mismo que una silla o la “Piedad” lo son respecto a la madera o el mármol respectivamente.

Transcribimos a continuación el *capítulo II* de un trabajo muy interesante sobre la “evolución” que nos parece clarificador

acerca de lo que puede suceder cuando se abandona la *complementariedad* entre la Filosofía de la Naturaleza y las demás ciencias; en este caso la Biología³⁴:

CHAPTER II: The reality.

“Science is knowledge of a certain kind, which is arrived at by using a certain method. Induction, which is the chief method of science, starts from particular instances to arrive at general principles. Once discovered, these principles can be used as a source of knowledge, both theoretical and practical.

As an example, think of the principles of thermodynamics. No one would dream today of building a perpetual motion machine in defiance of these principles, for everyone *knows* in advance that such an attempt would be a waste of time. But before these principles were fully understood and stated in their final form, lots of inventors wasted their sleep, their money and their talents on all kinds of ingenious contraptions that litter today the museums of the world.

Since a true principle is a source of knowledge, whenever one such is discovered it does not fail to bring new knowledge. The science in question progresses, both theoretically and practically. The field of communication is perhaps the best example of scientific development build on true principles.

Evolution is claimed to be such a principle “without which”, N. J. BERRIL warns, “the general, orderly picture we have of the infinitely complex living world, present and past, collapses into chaos ⁽¹⁾ .

Such a proposition can be tested. If true, we should find that by removing all evolutionary reference from a text, say, of anatomy, physiology, or taxonomy, the text would become unintelligible.

The first example is taken from *The Life Of Mammals* by J. Z. YOUNG. On the p. 157 we find: “The Shoulder girdle *in fishes*

³⁴ S. BORRUSO, *Evolution at the End of its Tether*, chap. II. Strathmore Eschool, P.O. Box 25095. Nairobi. Kenia. silbor@strathmore.ac.ke

was a point of attachment for the segmented body musculature, as well as a support from the limbs. In the amphibia and reptiles it has retained both functions and hence has a complex structure. With the raising of the body off the ground, however, it takes on the new function of transmitting the weight of the body to the limb, and for this purpose it becomes modified and simplified until it consist in mammals of two elements, the scapula and the clavicle, or often of the former alone.”

The text in Italics contains all evolutionary references. By eliminating them we get: “The shoulder girdle takes on the function of transmitting the weight of the body to the limb, and for this purpose it consist in mammals of two elements, the scapula and the clavicle, or often the former alone.” Far from obtaining an unintelligible text, we get a terse statement of fact, intelligible at first sight.

The second example, taken from p. 35 of the same book is physiological: “*In the early stages of the evolution of high temperature alteration of heat production was probably the main means of temperature regulation, as it still is today in monotremes and bats.*” The expurgated text reads: “Alteration of heat production is the main means of temperature regulation in monotremes and bats.” Again, far from getting a *less* intelligible statement, we get a *more* intelligible one.

The third example, taken from *A General Textbook Of Entomology* by I. D. IMMS, is taxonomical: “the study of *generalised* insect embryos reveals the fact that insects pass trough a developmental stage in which the head bears five pairs of appendages and the body is composed of fourteen segments, each bearing a pair of limbs, and a terminal non-segmental telson. The appendages of the first three body segments (legs) and of the 14th segment (cerci) *continue to* develop while most of all of the others *remains vestigial (i. e. do not)*. *These embryological data confirm the anatomical view that the ancestors of the insects were myriapodan.*” What remains after removing the evolutionary garb is an embryological explanation free from taxonomical references, which in any case are not shared by all entomologists.

Examples could be multiplied at will: the result is always the same. They give the impression that, far from being ‘all-

encompassing principle', evolution is like a foreign body, the elimination of which brings relief and clarity.

The oft-repeated assertion "the fact of evolution is accepted by the great majority of scientists, and few would dispute it" ^(II) can also be tested. The test, however, does not consist in *listening* to what scientists have to say, for that can be taken for granted. The test consist in *observing what scientists do* with evolution in their working lives, in order to see whether evolution is a true working principle in their day-to-day investigations.

If we observe this we find that, rather disconcertingly, all scientists *do things* as if the idea of evolution had never crossed their paths. This rather strong statement, of course, needs substantiation.

Let us begin with the practitioners of the so-called 'exact' sciences: physics and chemistry. Evolution means, whenever defined, "a constant and progressive change from primitive to more advanced forms", and if this definition were truly 'all-encompassing', it should encompass physics and chemistry as well as biology. But if physicists and chemists really *accepted* evolution as their working principle, consistency with such an acceptance would make havoc of their investigations. The 'progressive change from primitive to more advanced forms' would expect between on piece of investigation to the next, for in between the chemist's chemicals, the physicist's apparatus and all the materials they work with, could take a leap forward by which matter would now interact in a new, unexpected, and perhaps 'more efficient way'.

The fact is, however, that neither physicists nor chemists work like that. Without exception they ignore evolution in their working lives, and only mention when talking to the non-scientific public; troublesome difficulties can thus be dodged painlessly.

What of biologist? The advent of electron microscope has opened many new vistas since World War II. ARISTOTLE was able to speak of 'homogeneous' tissues and 'heterogeneous' organs. The invention of the light microscope two thousand years later showed that tissues, too, are in no way as 'homogeneous' as he thought. The forty-plus years of electron

microscopy have pushed heterogeneity down to truly microscopic levels. Biology textbooks still mention 'protoplasm', 'proteins', 'chloroplasts', etc., using terms inherited from the time when such things could be taken for undifferentiated structures, but it is quite clear that such terms, however convenient, are today bereft of any real meaning. Even a 'mitochondrion', a cellular organelle which plays a vital role in the cell energy interchange, has been shown to be a veritable machine of bewildering complexity, performing chemical feats that would bring the NOBEL price to any chemist bright enough, or *lucky* enough, to duplicate them in his laboratory.

The first difficulty is then that biologists have been deprived of any basis for even suspecting the existence of undifferentiated 'primitive' structures. All the talk of proto –this and proto– that is based on memories from the balmy days of the light microscope, but such a proto-world has been shattered beyond recovery by the powerful searching beams of the electron microscope. Put it another way, if the theory of evolution had to wait until 1960's to be proposed, it would have been stopped dead by the total lack of material on which to base hypotheses of 'undifferentiation', primitiveness, 'simplicity', 'generalisation' and such like.

The second difficulty is that no complex structure, no 'machine', natural or man-made, *is of any use until fully assembled*. For this simple reason, no biologist has ever been able to describe the evolution of *any* biological structure, however simple. Why so? For the same reason that no engineer would be able to describe the function of a boilerless steam engine, a propshaftless lorry or a wheelless bicycle. A biologist finds himself in the same difficulty whenever he tries to describe the function of an eye without retina, an ear without the organ of CORTI, a structure half way between a reptilian scale and a feather, or anything else half way between a starting and a finishing point.

The challenge to describe such a slow development has been issued many times, and declined just as often. Now such failure of the human imagination, this most fertile of human powers, is significant. Imagination is always able to go beyond reality, concocting all kinds of chimeras, centaurs, unicorns and the rest. It has even succeeded in forestalling reality by centuries, as

LEONARDO's drawings and JULES VERNER's novels have shown. But in the case of evolution it has been checked: it is able to describe only the starting and finishing points of a process of transformation, but not the intermediate stages. The slow, gradual assembling of tissues into organs, of organs into systems, etc., *defies description*. *A fortiori* it must defy reality, for in the same way as an engine will not work until the last spark plug has been secured, the tank filled with petrol and *all* its parts have been connected with one another in the proper order and according to specifications, no biological structure such as an organ like the liver, a tissue like muscle or an organelle like the nucleus of a cell can be expected to work if incomplete, or for that matter if unconnected with its normal environment.

Yet another bug plaguing a biologist's professional life is the glaring inconsistency between the declared aims of research and evolutionary philosophy. This latter holds that the slow development of structures from simple to complex ones, occur by chance, following only the laws of physics and chemistry. There is no purpose and no finality, both of which terms have in fact been expunged from the scientific vocabulary. But when anatomists, physiologists, histologists, etc. delve into the complexities of organs, processes and tissues, they do not so in order to discover and describe the *functions*, or, which is the same, *the purpose* of whatever they are studying. This is because any assembly of heterogeneous parts into a whole inescapably suggests that the whole is there for a purpose.

And here is the inconsistency: many a scientist would not hesitate to spend his lifetime to discover the purpose of something assembled purposelessly; Do they realise that if there is no purpose in the parts there cannot be purpose in the whole? Can they be taken seriously when they affirm that the complexity, say, of the brain is the result of the casual coming together of certain types of cell, blood vessels, connective, etc.?

If the evolutionist happens to be a taxonomist, i. e. one who orders and classifies living organisms, his difficulties are of another kind. The very *naming* of organisms is, whether he realises it or not, an antievolutionary practice. W. R. THOMSON writes: "The phylogenetic reconstruction usually suggests a continuum. This agrees with the view of DARWIN and also with the modern version of Darwinism. For the Jesuit

theorist, TEILHARD DE CHARDIN, the organic world, historically considered, must be regarded as one gigantic developing organism rising without a break from the inorganic substratum. In a correspondence with an admirer ^(III) he explained that one may designate points at which taxonomic categories (e. g. Orders and Families) come to be, it is clear from the content and from repeated assertions elsewhere, that this would be like designating points in the in the flight of an arrow, where we really cannot say ^(IV) that the arrow *is* but merely that it *would be there* if it were at rest. The Neo-Darwinians holds an essentially similar opinion, since, for them, the organic world has developed through the accumulation by ‘natural selection’ of minute favourable heritable mutations.

This doctrine, if universally accepted, would have a profound and detrimental effect on the principle of classification and the concept of species. This is vividly apparent in the recent work of G. G. SIMPSON. SIMPSON holds, first, that a species is a population and that, from the population of the primordial amoeba to that of man, the transition has been a continuum. The division of the continuum into sections is therefore arbitrary, and the continuum may just as well be called *Amoeba protheus* as *Homo sapiens*. In fact, it should not be called either but can be named only as a whole just like the flight of an arrow, which can be correctly named as a continuous movement from A to Z in which we cannot name a section, calling it the section which is between I to K . It would be there if it stopped, but that situation is merely potential, never actual.

The position of these evolutionists is easier to state than to maintain. In fact, as soon as SIMPSON begins to talk about real organisms, he gives them names attached to genera and species, such as *Eoippus*, *Nannippus*, *Equus caballus*. In the same way, PATTERSON and STONE ^(V) adopt the names which have been provided by the ordinary taxonomists” ^(VI). W. R. THOMPSON, F. R. S., was himself a taxonomist of no mean calibre. He points out: “That classification is not based on phylogeny can easily be demonstrated to any taxonomist who is conscious of his working principles. Suppose that, by some curious co-ordinated mutation, the egg of a house-sparrow gave rise to something morphologically indistinguishable from a woodpecker. would the ornithologist classify it as a house-sparrow because of its descent, or as a woodpecker because of its morphology? No

doubt he would find the case embarrassing, but he would be obliged to classify the organism as what it is, particularly as there is really a place for it in the system of classification.

Though the philosophical position of the evolutionist is that the population of individuals we call a species is merely a moment of the flowing continuum, they continue, as RADL^(VII) pointed out, to describe and name species, just like anyone else; the evolutionary and fixist viewpoints are in fact merely the two aspects of their split personality (...). Furthermore in recent years there has developed, among certain of the more critical working taxonomists, a distinct reaction against the attempts of the evolutionary theorists to dominate their field. Professor A. BLACKWELDER^(VIII), whom I have quoted elsewhere, but whose statement deserves repetition because of its philosophical significance, pointed out some years ago that the many persons who expected that evolutionary theory would have a profound influence on systematics, have been surprised to discover that it did not; and that on the contrary, it is usually impossible to know, by an examination of his work, whether a systematist believe in evolution or whether he has ever heard about it"^(IX).

In the meantime the rumblings of the unconvinced grow louder. But before we go any further let us ask one question. Is all this unusual? Has it ever happened before? Let us look for an answer in a half forgotten page of the history of science".

NOTES

- I J. BERRILL: *Biology In Action*. Mead & Co., p. 701.
- II DALLAIRE, S. J. : *Revue de l'Université Laval*, XVIII (1964) p. 5. Quoted by THOMPSON in op. cit. below.
- III JACQUES MARITAIN: *La Philosophie Bergsonienne*, Paris 1930. Quoted by W. R. THOMPSON in op. cit. below.
- IV G. G. SIMPSON: *Principles Of Animal Taxonomy*, New York 1961. Quoted W. R. THOMPSON in op. cit. below.

- V PATERSON & W. S. STONE: *Evolution In The Genus Drosophyla*, New York 1952. Quoted by W. R. THOMPSON in op. cit. below.

- VI W. R. THOMPSON, F. R. S. : *The Status Of Species*. Reprinted from *Philosophical Problems In Biology*. Edited by V. SMITH, pp. 71 - 73 *passim*.

- VII E. RADL: *The History Of Biological Theories*. Oxford 1930. Quoted by W. R. THOMPSON in op. cit.

- VIII A. BLACKWELDER: *Survey Of Biological Progress* IV (1952), 1 - 7.

- IX W. R. THOMPSON: op. cit.

5. 4. LA CAUSA FINAL Y LA UNIDAD ENTRE LAS CAUSAS.

Después de esta larga cita acerca del evolucionismo, y siguiendo nuestro método cíclico de exposición, vamos a continuar la disgresión afirmando, con ARISTÓTELES y SANTO TOMÁS, la prioridad del acto sobre la potencia y que nada se actualiza si no es por otro ser en acto; es necesaria una *causa agente externa, extrínseca*, que cause la causalidad de las otras dos, material y formal. A su vez la causa agente no se mueve a actuar por sí misma, necesita de otra causa agente que la actualice hasta llegar en este proceso a una causa primera, Acto Puro, que es DIOS, puesto que una serie infinita de causa agentes no es posible. Es la “segunda vía” de SANTO TOMÁS.

Pero esta concatenación de causas agentes subordinadas exige que, a partir de cierto punto en este ascenso, la causa agente sea inteligente, pues las cosas que se observan se hacen por un *fin*: “*id cuius gratia aliquid fit*” como ya se dijo más arriba y, al mismo tiempo, lo que se realiza se hace según un “proyecto” o “idea”, causa *formal extrínseca* pero también *intrínseca*, pues está intrínsecamente relacionada con la causa formal intrínseca como

ya se vio. Todos estos aspectos son explicitación de una *causalidad final única* que causa la causalidad de las causas agentes inteligentes y estas, a su vez, de otras que no lo son y reciben el nombre *causas agentes instrumentales*. Además, esta cinco causas en su actuación no se dan separadamente: “*causae ad invicem sunt causae*”, sino que forman una *única unidad causal*. Insistimos, una vez más, en la importancia de la causa formal extrínseca, *idea, universal* por *ser-en-un-espíritu*, para conseguir el fin –lo último en el orden de la ejecución– que no es otra cosa que la formalización, singular y limitada, de esa idea en la materia. Esto sólo lo puede hacer DIOS, los ángeles y nosotros los hombres; de ahí que la causa final sea la que actualiza de raíz las otras tres, es la “*causa causarum*” de que ya se habló.

Queda claro, pues, que si llamamos *materia* a algo creado de la nada, ésta se reduce al *substrato cosmológico*; sólo podría desaparecer por aniquilación, es *indestructible*; paralelo material de los entes espirituales que son *inmortales*.

El “Fin de los tiempos”, del que nos habla la Sagrada Escritura sería la desaparición de la actual estructuración del substrato: “porque pasa la forma (o figura) de este mundo...”³⁵ o bien la “*transmutatio*” de que nos habla SAN PABLO en esta misma epístola:

“Se siembra cuerpo animal y se levanta espiritual. Que por esto está escrito: el primer hombre, ADÁN, fue hecho alma viviente; el último ADÁN, espíritu vivificante. (...) Voy a declararos un misterio: No todos dormiremos, pero todos seremos *inmutados*. En un instante, en un abrir y cerrar de ojos, al último toque de la trompeta –pues tocará la trompeta–, los muertos resucitarán incorruptos y nosotros seremos *inmutados*. Porque es preciso que *lo corruptible* se revista de *incorrupción* y que este ser *mortal* se revista de *inmortalidad*.³⁶”

³⁵ 1 Cor. 31.

³⁶ 1 Cor. 44 - 45 , 51 – 53 .

El alma, forma sustancial, informa el cuerpo en una unidad superior: el hombre; pero esta información, aunque sustancial, no es la definitiva en el “homo viator”; ahora somos “alma viviente”, cuya vida es limitada por la precariedad del cuerpo dado por herencia carnal, después será, definitivamente, “espíritu vivificante” unidad indisoluble con el cuerpo que le corresponde: “numéricamente el mismo” según el AQUINATE, palabras oscuras de entender, que podríamos indicar diciendo que la correspondencia entre alma y cuerpo *será exacta*, sin limitaciones maniqueas debidas a la materia, sino enriquecido el hombre por las posibilidades que le abre esta unión, intrínseca, con el substrato cosmológico, que es él mismo que subyace ya en el Cosmos presente. De ahí el sentido más profundo de las palabras de JESUCRISTO: “el Reino de los Cielos ya está entre vosotros”; cuando resucitemos lo haremos en el mismo substrato cosmológico actual. La suerte de los condenados será totalmente distinta: serán precipitados en las “tinieblas exteriores”, un Cosmos distinto del nuestro –asimismo material, pues, con gran probabilidad, habrá hombres condenados–, y separado definitivamente de nosotros por el “abismo” de la nada³⁷. La expresión más dura del Infierno, desde el punto de vista material, es la de ser echados fuera del Cosmos de los elegidos.

³⁷ *Cfr.* con la parábola evangélica del “rico epulón y el pobre LÁZARO”.

CAPÍTULO 6

ACTIVIDAD DE LOS CUERPOS Y LEYES FÍSICAS.

6. 1. COMPLEMENTARIEDAD ENTRE LA COSMOLOGÍA Y LA FÍSICA.

Para expresar la *complementariedad* de la que venimos tratando entre la *Cosmología* (o *Metafísica de la Naturaleza*) y la *Física*, nos parece que puede ser útil reproducir completa la primera parte de un artículo nuestro sobre este tema³⁸. Aunque ya se han citado algunos párrafos del mismo en el decurso de las presentes reflexiones, hemos optado por la repetición de los mismos para no perder claridad y unidad de exposición.

LOS FUNDAMENTOS COSMOLÓGICOS DE LA MECÁNICA Y LAS LEYES FUNDAMENTALES DE LA DINÁMICA.

MATERIA Y FORMA.

1. Los co-principios, *materia* y *forma*, en que se cimienta la Metafísica de la Naturaleza o Cosmología pudieran parecer, a algunos, simples elucubraciones históricas que, a partir de la antigüedad clásica centrada en ARISTÓTELES, han llegado hasta nuestros días, que ya no precisan para nada -y menos en el quehacer científico- de esta infraestructura. No deja de ser sorprendente, sin embargo, que los mejores pensadores de la física contemporánea, no se puedan deshacer de la Metafísica si no es con cierta violencia intelectual; primero, consigo mismos; luego, una vez convencidos y acostumbrados al nuevo dogma

³⁸ J. RIUS-CAMPS, *Anuario Filosófico*, vol. IX. pp. 324 – 352. Universidad de Navarra. Pamplona. 1976.

ideológico autofabricado, creído y recibido, en ocasiones sin crítica alguna, imponerlo a los demás. Otros, más honrados intelectualmente, acaban admitiendo la igualdad de derechos entre las opiniones que han recibido por educación y las que vislumbran como otras posibles opciones y que, en no pocos casos, son los cimientos inalterables de la Metafísica. Quizá sea conveniente intentar, poniendo nombre propio a las ideas, exponer algunos de esos intentos antimetafísicos junto con ejemplos del redescubrimiento de la perenne verdad que yace en la misma estructura de la realidad física y del pensar del hombre. Es la expresión del fracaso del *mecanicismo* moderno, iniciado por DESCARTES, y de la “afilada navaja” de OCKHAM que no penetra hasta el íntimo ser de las cosas ni la profundidad, analíticamente in formulable, del alma del hombre, sede de la inteligencia -limitada por la materia y la temporalidad- que trasciende la realidad experimentable. La ley de *causalidad*, centro de la Cosmología, es el punto en que se establece el debate. Mientras LAPLACE afirmaba que “debemos considerar el estado presente del Universo como el efecto de su estado anterior y como la causa del que siga”, MACH se encuentra en la polaridad contraria: “no hay causa ni efecto en la naturaleza; la naturaleza simplemente es, ya que la conexión entre causa y efecto sólo existe en la abstracción que hacemos con el fin de reproducir, mentalmente, los hechos”. MAX PLANCK es más moderado: “puede decirse que la ley de causalidad es, ante todo, una hipótesis... pero aunque sea una hipótesis, se trata de una hipótesis fundamental, que representa el postulado necesario para dar sentido y significado a la aplicación de todas las hipótesis en la investigación científica”.

El principio de causalidad va directamente unido al concepto de *determinismo*. Para algunos, “la ciencia, en el pasado, es una descripción y, en el futuro, una creencia” (KARL PEARSON); se trata de una mera *probabilidad* de coincidencia. LOUIS DE BROGLIE diría, “el muro del determinismo tiene una fisura cuyo ancho viene expresado por la constante de PLANCK”. Pero esta *indeterminación* no es metafísica sino puramente experimental; sin embargo no faltan los que le han dado un carácter trascendente, sacándolo, incluso, del marco de la física para aplicarlo al espíritu –que por supuesto niegan– y entonces la verdad ya no es única, se reduce a un puro “argumento de plausibilidad”: es el positivismo llevado a las mismas entrañas

del pensar: GUSTAVE JUVET³⁹ deja la posición indeterminista en su lugar exclusivamente experimental: “la observación o la experiencia no pueden expresar fenómenos físicos en el lenguaje del espacio y del tiempo con un rigor indefinidamente perfectible; las aproximaciones sucesivas de la experiencia y de la teoría tienen en él un límite; no pueden encerrar la realidad en las redes de mallas, cada vez más pequeñas, porque es imposible que su fabricación sobrepase una tenuidad medida por el número h ”. HEISENBERG formuló su famoso “Principio de Indeterminación” y no pretendió darle más alcance que el puramente experimental; “con la indeterminación, no niega toda causalidad, como tampoco EINSTEIN niega con la relatividad la mecánica clásica. Ambos proponen una crítica más severa y un afinamiento de nuestros conceptos”⁴⁰.

Otra idea que repugna, físicamente considerada, es que esta causalidad, necesaria entre el agente y su efecto, pueda darse sin *contacto*, sin *nexo* entre ambos. Nexos que deben ser reales, físicos; no basta la relación meramente nocional; sin embargo, tal posibilidad depende del concepto de causa que se admita. Antes se trataba de la existencia de la idea causal; ahora se trata—admitida ésta— de cómo actúa: ahí vuelven a dividirse las opiniones: unos admitirán la *causalidad material*, la “res extensa” cartesiana; otros irán más lejos, se quedarán con lo puramente fenomenológico y el apriorismo espacio-temporal de IMMANUELE KANT. Algunos se fijarán en el *aspecto formal* eliminando la realidad material: todo lo que es experimental es algo imponderable: la *energía*; son los seguidores, más o menos cercanos, de ideas leibnizianas y fundadores del *energetismo* que intenta ser una tendencia anti-mecanicista. Cuando los físicos quieren huir de esta trampa ideológica, caen entonces en el *positivismo* de AUGUSTO COMPTE: limitémonos a estudiar la relación entre fenómenos, podríamos oír, y dejemos las diatribas especulativas para los filósofos. No es raro hallar, incluso en manuales de física, expresiones tales como: “este modo de hablar es algo metafísico, puesto que la afirmación de que las estrellas fijas no están aceleradas rebasa nuestro conocimiento experimental presente”⁴¹.

³⁹ G. JUVET, *La Structure des Nouvelles Théories Physiques* . p. 141 . Ed. Alcan. París. 1933.

⁴⁰ P. F. SCHURMANN, *Luz y Calor*. p. 148. Espasa-Calpe. Madrid . 1948.

⁴¹ C. KITTEL, y otros, *Mecánica. Berkeley Physics Course*, vol. 1. p. 60.

Para los primeros, el *nexo* sería puramente material, mecánico, y la materia puramente medible, *cuantificable*; para los seguidores de MACH vendría implícito en las transformaciones energéticas, la energía es lo único experimentable: nace una especie de materialidad imponderable equivalente a un formalismo material. El energetismo, que fundara LEIBNIZ, toma carta material de naturaleza en 1855 con RANKINE: es fruto de una crítica negativa al mecanicismo, partiendo de que todos los fenómenos físicos no son más que manifestaciones y transformaciones de energía, y le acusa de dar poca entidad al hecho experimental y excesiva a la hipótesis que, en la mente del físico, sustituye a la misma realidad. La energética de RANKINE no era idealista, como propusiera LEIBNIZ, sino “experimental, empírica, determinista, deductiva y matemática”⁴². Esta física energetista ya había sido iniciada por MAYER, aunque no se atrevió a negar la materia; fue MACH el principal impulsor de esta doctrina en su famosa *Mecánica*⁴³, en que desarrollaba esas ideas bajo el título de “explicación cinética animada de un espíritu antimetafísico” y añadirá que “la explicación mecánica de todos los fenómenos naturales no es más que un prejuicio de orden histórico”.

En el fondo, ni RANKINE ni MACH, están demasiado lejos de DESCARTES, como no lo estaban COPÉRNICO, KEPLER, galileo, NEWTON o HUYGHENS. La doctrina mecanicista estaba empeñada, durante más de dos siglos, en construir un modelo matemático de la naturaleza, mediante el estudio de la materia y sus movimientos, siguiendo las Leyes Newtonianas que serían aplicables a las masas y movimientos, invisibles, de los átomos. Era una teoría puramente *cuantitativa*: primero una geometría de la naturaleza, seguida de una Mecánica analítica que completada con los conceptos de *masa, inercia, acción igual a reacción* (introducidos por GALILEO, NEWTON, HUYGHENS) condujeron al mecanicismo cuyos hallazgos, en parte, aún siguen en pie. Sin embargo, a mediados del XIX, tan soberbio edificio se tambalea: SADI CARNOT descubre y formula el “Segundo Principio de la Termodinámica”: los fenómenos naturales no solamente son cuantificables sino que presentan una *asimetría*, un *sentido único* en su evolución: existe una cualidad que no pueden explicar las todopoderosas

⁴² P. F. SCHURMANN, *op. cit.* p. 208.

⁴³ E. MACH, *Mecánica*, editada en 1903.

ecuaciones de la mecánica newtoniana: la *irreversibilidad* de los procesos naturales. Aquí aparece un aspecto, meramente formal, difícilmente cuantificable. La materia, por sí sola, no explica ni este aspecto ni que la energía se esfume para transformarse en otro tipo de energía: MAYER enuncia el “Primer Principio de la Termodinámica”, históricamente posterior al segundo (y que, según se supo años después de la muerte de SADI CARNOT, éste había descubierto mucho antes, como pudo probarse por sus manuscritos, entregados a la Academia de Ciencias Francesa, por su hermano –cuarenta y seis años más tarde– en 1878). Los energetistas intentan una solución mediante el formalismo energético; sin embargo su Cosmología, desprovista de materia, está basada en la *continuidad* de la energía y en el determinismo. Pero a fines del siglo XIX no había pruebas experimentales convincentes de la existencia del átomo, postulada desde LEUCIPO y DEMÓCRITO, pasando por GASSENDI; MACH podía seguir considerando superflua la hipótesis atómica.

Continuo, discontinuo, constituyen una constante polaridad desde los albores de la física y de la filosofía. PLANCK inclina definitivamente la balanza experimental en favor de este último aspecto: nace la *Mecánica cuántica* y el energetismo es abandonado.

EINSTEIN, con la afirmación de la equivalencia entre masa y energía: $E = mc^2$, elimina la pretendida distinción entre el mecanicismo y las teorías energetistas. Finalmente, a partir de 1925 con DE BROGLIE y WERNER HEISENBERG, y más tarde con ERWIN SCHRÖDINGER y DIRAC, nace la *Mecánica ondulatoria*; se intenta lo que es mentalmente contradictorio: unir el aspecto material, corpuscular, discontinuo, con la visión ondulatoria, energética, continua (basada en un *substrato* o éter continuo). Llegamos nuevamente al positivismo, a los hechos experimentales; se prescinde de toda intuición sensorial y de las antiguas concepciones físicas, que buscaban un modelo imaginable, para dar una descripción totalmente abstracta –basada en valores perfectamente medibles– que nos da un modelo matemático de una realidad que se esfuma –en un análisis microcósmico– detrás del Principio de Indeterminación. El nexo causal es únicamente lógico-matemático: conceptos como “acción directa a distancia”, son perfectamente admisibles en un modelo de este tipo.

2. Al final, después de la ardua diatriba entre mecanicistas y energetistas, la moderna Mecánica Cuántica busca un apoyo más profundo, no puede quedarse a nivel de los hechos positivos, medidos en el laboratorio y encuadrados en un modelo matemático. La sistemática Kantiana encuadra muy bien con esa visión positivista-indeterminista de la realidad; así se expresa CARL F. VON WEIZSÄCKER⁴⁴: “La insuficiencia de las opiniones ingenuamente realistas y positivistas, hoy en colisión con el sistema de KANT, encarna el planteamiento en la dirección tomada por KANT. Las soluciones que KANT ha dado a sus planteamientos básicos no aparecen, a la vista de la física moderna, ni verdaderas ni falsas, sino ambivalentes. Al tratar de ensayar aquí, llevados de la mano de los conocimientos de hoy, un discernimiento entre una interpretación recta y otra falsa de las tesis kantianas, establecemos un principio de crítica de la filosofía de KANT y, al mismo tiempo, un punto de partida para la ulterior elaboración filosófica de la física moderna”. P. F. SCHURMANN⁴⁵, nos aclara, algo más, esa tendencia que será una “vía media” entre DESCARTES y LEIBNIZ: “para KANT la experiencia nos da la información necesaria acerca de las cosas *en sí* que existen realmente, pero cuya única intervención en nuestro conocimiento es estimular nuestros sentidos y permanecer inaccesibles. Sobre estas impresiones, nuestra facultad de conocer, con su organización intelecto-sensorial, construye nuestra imagen del mundo. Para ello tiene como bases fundamentales de toda percepción, las nociones de *tiempo* y de *espacio* que son *formas* de nuestra sensibilidad. Con el entendimiento, que también tiene sus formas o *categorías*, damos forma y relacionamos las impresiones de la sensibilidad...” En esta Cosmología ciertas nociones son “a priori”, dadas por la sensibilidad y por el entendimiento; ahí están el *espacio*, el *tiempo*, la *causalidad*. Esta visión del mundo se inicia en el pasado siglo con físicos tan eminentes como HERTZ que, siendo partidario de MACH en algunos aspectos, coincide con KANT al afirmar que “las imágenes que nuestro intelecto construye deben satisfacer las condiciones de admisibilidad, de exactitud y de conveniencia. Mientras la exactitud está fijada por la experiencia, la admisibilidad está librada a nuestro intelecto y como condición *a priori*”⁴⁶.

⁴⁴ C. F. VON WEIZSÄCKER, *La Imagen Física del Mundo* . pp. 76 y ss. Ed. B.A.C. Madrid. 1974.

⁴⁵ P. F. SCHURMANN, *op. cit.*. p. 205.

⁴⁶ P. F. SCHURMANN, *op. cit.*. p. 211.

Los energetistas defendían una posición basada en el baluarte del “Segundo Principio” termodinámico, que tenía difícil entrada en el mecanicismo; sin embargo, con la teoría cinética de gases de MAXWELL, BOLTZMANN y GIBBS, y el concepto estadístico de *entropía*, desaparecieron estas dificultades; por si fuera poco, el triunfo del atomismo proclamado definitivamente por OSWALD⁴⁷, frente a la continuidad, dejaba fuera de combate la Cosmología energética. Los mecanicistas habían triunfado definitivamente... La cuantificación de la materia y las poderosas leyes determinísticas -aunque fueran estadísticas- daban razón suficiente de nuestro Cosmos. Así hasta los años 30, en que se abre camino otra visión del Microcosmos, dada por el “Principio de Incertidumbre” Heisenbergiano. El mecanicismo es incapaz, también, de englobar toda la razón de ser del mundo real. La moderna Mecánica Cuántica se mantiene en una postura meramente positiva no vaya a caer también en una *cristalización* tan inconveniente como las precedentes. Sin embargo, es tentación constante del científico buscar la *unidad* de las cosas; así se expresaba E. POINCARÉ: “la ciencia se acerca a la unidad, condición necesaria de su posibilidad”. A menudo el hombre olvida de donde parte el impulso motor de sus investigaciones, aquello que realmente las hace posibles: la búsqueda de *algo*, que al mismo tiempo se presenta al entendimiento como apetecible por la voluntad: algo que es *bueno*; pero este acercamiento a la realidad no puede hacerse sin ninguna ley, con los datos meramente experimentales, es preciso que exista una *unidad*, dada por leyes que distingan el comportamiento *verdadero* de las cosas y excluyan la falsedad, el error. Así llegamos a *lo que es* en sus diversas manifestaciones: y nos conduce al ser de las cosas englobado en los cinco *trascendentales*, puntales de la auténtica Metafísica de la naturaleza.

La Metafísica Aristotélico-tomista, a partir de OCKHAM y DESCARTES, fue duramente atacada; no por su insuficiencia, por nadie probada, pues sus cimientos son tan sólidos que sus negadores –si son consecuentes– niegan sus propios puntos de partida para destruirla; fue atacada quizá por el deseo de novedad, por el intento de no tener una plataforma, *única*, para todos los pensadores; por la soberbia de no admitir una “filosofía perenne”, base del buen pensar. Además, en no pocas ocasiones,

⁴⁷ Bien a pesar suyo, pues era autor de la obra titulada: *La Derrota del Atomismo*.

la *verdad* repugna a quien no se comporta según ella: los hombres a menudo han buscado “un conjunto de falsos doctores que lisonjeen sus bajas pasiones”⁴⁸ y SÓCRATES tuvo que beberse la cicuta por su sabiduría frente a los sofismas de sus detractores.

Los físicos, los científicos en general, están más cerca de la perenne verdad, de la Metafísica, que muchos filósofos: corrientemente ni se plantean tales problemas, sino es al fin de su vida y como resultado de una reflexión profunda sobre sus propios conocimientos físicos: así C. VON WEIZSÄCKER, BONDI, LEMAITRE, W. HEISENBERG. Sin embargo, son hombres de su tiempo y están influidos por las ideas en boga, como lo estaban PARMÉNIDES y PLATÓN, SAN AGUSTÍN y su amigo, maniqueo, FAUSTO. Algunos logran desenmascarar errores fundamentales y entonces nace una nueva visión que sustituye a la anterior (en el campo de la física por ejemplo), pero estos cambios suponen, frecuentemente, una toma de postura filosófica como se ha visto en el estudio que precede. Los físicos actuales no son excepción y buscan con avidez una infraestructura que dé unidad a sus conocimientos. En el ambiente en que han nacido y vivido, en la mayor parte de los casos, la Metafísica no sólo está “desacreditada” o se la mira con recelo, sino que ni siquiera se la conoce. ARISTÓTELES, PLATÓN, PARMÉNIDES, vislumbra-ron e incluso llegaron al conocimiento de los *cinco trascendentales, de la causalidad* y de los co-principios *materia-forma*, que explican la unidad y multiplicidad de los seres... Llegaron a estas conclusiones pagando “un gran precio”, en medio de un mundo lleno de *mitos* y de *sofistas* cuya característica intelectual más sobresaliente era el afán de novedades⁴⁹. Con el advenimiento de CRISTO vino la Verdad al mundo y lo que antes sólo se lograba “a gran precio”, a partir de ese momento “se tiene por nacimiento”.

Ante ese ambiente actual en que se desarrolla la ciencia y en el que la Metafísica ha perdido su lugar, no es extraño que se hable de *ambivalencia*, de *relativismo*, y se llegue a una desconexión de la realidad. La filosofía kantiana tiene todas las características de una pseudo-metafísica en la que el ser de las cosas ya no es objetivable: la realidad misma queda desconectada. De ahí las preferencias honestas de muchos físicos contemporáneos, de gran

⁴⁸ 2 *Tim.* 4, 3-4.

⁴⁹ 2 *Tim.* 4, 3.

talla, por esta visión cosmológica que les presta la Ontología que les falta.

Las cuatro causas aristotélicas: *causa materialis*, *formalis*, *efficiens*, *finalis*, han quedado muy empobrecidas: la primera es inaccesible y la formal y final quedan identificadas con el agente que, con base en sus “categorías”, es la única causa y se halla, además, fuera de la realidad física. C. F. VON WEIZSÄCKER⁵⁰ lo expresa así: “La Edad Moderna no conoce otra causa más que aquella que se halla fuera de la cosa. De este modo se eliminan, en primer lugar, las dos primeras causas, las cuales se hallan presentes en la cosa misma; materia y forma designan, según esta manera de hablar, la esencia, pero no la causa del objeto. De esta manera de hablar, así modificada, brota la polémica de los científicos de la naturaleza a comienzos de la Edad Moderna, falseando el sentido original de ARISTÓTELES y en contra de la tesis escolástica de que las formas sustanciales, o las cualidades, podrían ser causas... Si el saber es poder, ha de conocer, ante todo, los medios de producir las cosas y los fenómenos, o al menos ha de influir en ellos. Ha de conocer la *causa efficiens* de cada uno. El criterio para saber si conoce verdaderamente la *causa efficiens*, es que pueda predecir correctamente el hecho desencadenado por ella. De este modo se ha transformado tanto el concepto de causa, que en la ciencia natural moderna el principio de causalidad se vino a identificar justamente con el principio de plena predicabilidad de los fenómenos naturales. La expresión matemática de este concepto de causalidad es la representación de los fenómenos naturales por medio de ecuaciones diferenciales que exponen el cociente temporal diferencial de las magnitudes, que caracterizan el estado de la cosa, por medio de estas mismas magnitudes; el estado determina, de un tiempo a otro, incluso su variación temporal”. La matemática moderna postula que no existe diferencia entre la determinación eficiente y final de un proceso. El último reducto de la antigua causalidad metafísica es la *forma matemática* en que se apoya la física: una especie de *causa formalis* extra material; pero la Metafísica queda mutilada de tal manera que más bien es pseudo-metafísica, como se ha afirmado antes. En el fondo, todo el valor formal de la física, dejando aparte el nebuloso contacto con la realidad a través del fenómeno y de las “categorías” espacio-temporales de la sensibilidad, está en la

⁵⁰ C. F. VON WEIZSÄCKER, *op. cit.* p. 165.

ciencia matemática (no olvidemos que KANT era matemático y sus errores provienen de aplicar a la filosofía los métodos válidos para objetos puramente matemáticos). Así se comprende el intento de HILBERT⁵¹ de reducir la lógica a una *meta-matemática* (palabra acuñada por él mismo), un sistema formal *consistente y completo*: una fundamentación absoluta de los métodos y teoremas de la matemática. Sin embargo, el teorema de GÖDEL implica que tal sistema no es, simultáneamente, *consistente y completo*. La física contemporánea se ha refugiado en KANT, por un tiempo parece estar segura; los mecanicistas fueron desalojados por el “Principio de Incertidumbre”. ¿Qué otro Principio puede desacreditar esa, ya antigua, postura filosófica? precisamente la insuficiencia de la meta-matemática antes apuntada. A. DOU⁵² lo expresa así: “El teorema de GÖDEL se ha generalizado en diversas direcciones y, en general, la lógica matemática está hoy en un período de desarrollo extraordinario. Desde el punto de vista de los fundamentos de la matemática la importancia del teorema es evidentemente extraordinaria y esencialmente significa que hay que renunciar al optimismo que había manifestado HILBERT en un principio... También parece obvio que el teorema de GÖDEL supone cierta *limitación* del poder deductivo de la lógica. Algo así como el Principio de Indeterminación de HEISENBERG en Mecánica Cuántica, pero aquí, al parecer, en el plano mucho más abstracto y profundo de la matemática o lógica pura... A veces parece que se interpreta el hecho de que sepamos que la interpretación de la fbh (*fórmula bien hecha*) es verdadera, a pesar de ser independiente en (el sistema) S, como si la inteligencia humana, y consiguientemente la capacidad del cerebro humano, estuviera por encima de todo lo que pudieran dar de sí los calculadores artificiales; pues se admite la identificación de las funciones computables, por un computador, con las funciones recursivas y éstas son precisamente las representables en S. Se concluye, entonces, que el hombre en su función cognoscitiva o intelectual no puede ser, ni siquiera en teoría, totalmente sustituido por máquinas o robots. Todo esto parece que de momento es en efecto así”.

3. Ni el mecanicismo, ni el energetismo, ni la postura última analizada de corte kantiano, pueden dar razón suficiente

⁵¹ A. DOU, *Fundamentos de la Matemática*. p. 105. Ed. Labor. Barcelona. 1970.

⁵² *Ibidem*. pp. 109 y 110.

de la realidad material que se les escapa o, lo que es todavía más grave, aunque se prescindiera de la accesibilidad a la misma, lo que entonces se esfuma es la propia realidad pensante. ARISTÓTELES inicia, y SANTO TOMÁS completa, la más potente y congruente Cosmología con la intuición genial de la doctrina del *acto* y la *potencia*, aplicable a los dos niveles del ser: el puramente entitativo, que comprende el modo más general de ser, que incluye *todos* los seres –materiales y espirituales– con la clara distinción de los co-principios, *esencia* y *existencia*; y el puramente material, con la composición de *materia* y *forma*, que constituyen los co-principios del ser corpóreo. Dios trasciende los dos niveles, el hombre trasciende la materia: la supermáquina pensante, como lo quisieran reducir algunos, se escapa de la materia, incluso de la lógica: su forma sustancial es *espiritual*; es una realidad con unas cualidades que esquivan toda experiencia cuantificable y todo intento de formulación “consistente y completo”.

En el mecanicismo, al prescindir de la causa formal, se le escapan las *cualidades* de los seres corpóreos; sólo indirectamente –a través de las Leyes de la Naturaleza– cabe un acercamiento a las mismas en forma cuantificada. Pero la experiencia nos muestra que lo que “*primo et per se*” conocemos son, precisamente, esas cualidades. En las formulaciones energetistas y fenomenológicas, las cualidades, que están en la línea de la causa formal, quedan desconectadas de la realidad física; que deja de ser la realidad accesible, objetivable, cuyas cualidades son objetivas, es decir, son el “sello del artista” que las ha plasmado. Las Leyes de la Naturaleza, conocidas y formulables, no son suficientes para dar cuenta de *todas* las cualidades de los seres: existe un *exceso de ser* que no puede formular ninguna teoría, aunque sea con el recurso a procesos probabilísticos, a los que tan acostumbrados nos tienen ciertos científicos, que requieren miles de millones de años (incluso billones si fuera preciso) para llevarse a cabo, y que nos recuerdan los números fabulosos de las cosmogonías indostánicas.

Hay ideas, que durante años se han considerado como acientíficas, y que expresan ese “exceso de ser”, además de las insuficiencias señaladas en el presente estudio. La más importante es la Creación “*ex nihilo*”, por un Ser trascendente, DIOS. Otra idea sería la existencia de un alma, trascendente, en

el hombre. Respecto a la primera, cada vez son más numerosos los científicos a los que la hipótesis existencial de un tiempo $t = 0$, es decir, “el comienzo de los tiempos”, no repugna sino que es, por lo menos, tan científica como la no existencia de principio. BONDI⁵³ se expresa así:

“Hablando en general, han sido dadas tres respuestas a la cuestión del principio, y las opiniones sobre los méritos relativos de cada una se encuentran muy divididas:

a) El principio es un punto singular en la frontera de la ciencia física. Cualquier cuestión relativa a su naturaleza o a sus antecedentes no puede ser contestada por la física y por consiguiente no es de carácter pertinente a ella.

b) El principio fue un estado especialmente simple; el más simple, armonioso y permanente que pueda pensarse. Dentro de él se encontraban, sin embargo, los orígenes del crecimiento y evolución que en algún momento, indefinido, iniciaron la cadena de complicados procesos que lo han convertido en el Universo que conocemos.

c) No hubo principio. A gran escala el Universo probablemente permanece inmutable o quizá sufriendo cambios cíclicos. En todo caso su edad es infinita.

Más adelante se verá el proceso por el cual se alcanzan estas tres distintas respuestas. De momento baste decir que una teoría debe, por lo menos, conducir al *problema de la creación* y que las opiniones difieren en cuanto a la naturaleza de la respuesta concreta”.

Para identificar esta disparidad de opiniones actual frente a la idea de Creación, puede servir la siguiente anécdota relatada por C. F. VON WEIZSÄCKER⁵⁴: “En 1938, cuando yo era un joven físico teórico en Berlín dí una comunicación al *Physikalische Colloquium* de aquella universidad sobre la transmutación de los elementos en el Sol... yo estaba muy orgulloso de mi descubrimiento, y para demostrar su plausibilidad subrayé el

⁵³ H. BONDI, *Cosmología*. p. 17. Ed. Labor. Barcelona. 1970.

⁵⁴ C. F. VON WEIZSÄCKER, *La Importancia de la Ciencia*. p. 140. Ed. Labor. Barcelona. 1968.

punto de que podía asignar al Sol una edad que ajustara muy bien en la edad del Universo, obtenida mediante interpretación de los espectros de las nebulosas, idea que entonces era muy reciente. Pero en este punto tropecé con la violenta oposición del famoso físico-químico WALTHER NERNST, que pertenecía a una generación anterior y que ocupaba entonces la cátedra de física de dicha Universidad. NERNST dijo que la opinión de que podía haber una edad del Universo no era ciencia. Entonces explicó que la duración infinita del tiempo era un elemento básico de todo pensamiento científico, y que negarla sería negar los fundamentos mismos de la ciencia. Tal idea me sorprendió mucho, y aventuré la objeción de que era científico formar hipótesis acordes con las insinuaciones de la experiencia y que la idea de la edad del Universo era una de esas hipótesis. Él replicó que no es posible hacer hipótesis científicas que contradigan los fundamentos mismos de la ciencia. Estaba muy enojado... Lo que me impresionó de NERNST no fueron sus argumentos, en los que temo que sigo creyendo que no había sustancia; lo que me impresionó fue su enojo. ¿Por qué estaba irritado? ¿Qué intereses vitales del hombre WALTHER NERNST, que había nacido a fines del siglo XIX, y estaba seguro de morir en el XX, qué intereses vitales de ese hombre podían ser violados por la posibilidad de que el Universo no hubiera existido desde un tiempo infinito, sino que hubiera empezado su existencia hacía cinco mil millones de años?... Ni el platónico, creyente en la inmortalidad del alma, ni el cristiano, creyente en la resurrección en una tierra nueva, bajo un nuevo cielo, se sentirán turbados por el descubrimiento de que este mundo material pudiera tener una duración finita por razones inmanentes. Creo que no me equivoqué al suponer que NERNST, como en general los científicos de su generación, no era hombre positivamente religioso, y me pareció (y aún me parece) natural la conclusión de que en su estructura mental el Universo infinito e imperecedero había ocupado el puesto del Dios eterno y del alma inmortal”.

Hemos visto que uno de los postulados más sólidos de la física actual es la *Primera Ley Fundamental* de la Mecánica: la conservación de la energía, mejor dicho de la *masa-energía*, después de la identificación einsteiniana $E = mc^2$, admitida con la misma solidez; con las excepciones de las teorías que, para mantener constante la densidad de materia-energía en un Universo en expansión, proponen la creación constante de la

misma; así la “teoría del estado fijo” de BONDI y GOLD (1948)⁵⁵ y la de HOYLE, que parte de las ecuaciones de campo de la Relatividad General modificadas convenientemente. Sin embargo no existe, al parecer, confirmación experimental de esta creación constante y, en cualquier caso, no se trata de la creación “ex nihilo”, sino de una hipótesis. Queda claro, sin embargo, que todas las Cosmologías tropiezan con este hecho creacional, como advierte el mismo BONDI.

Para nosotros, aunque pensamos es fundamental en Mecánica esa *Primera Ley*, no la tomamos en este sentido absoluto de creación “ex nihilo”, pues a fin de cuentas esta observación se refiere a lo *cuantificable*, medible en el laboratorio. Nos parece más conveniente la hipótesis creacional de un *substratum* cosmológico, de un *continuum*, que sirva de apoyo necesario a toda teoría cosmológica: la *base inercial* que, implícitamente, aceptan todas las formulaciones cosmológicas, donde emplazar los “observadores fundamentales” de los que ninguna de ellas puede prescindir. Este *continuum*, lo postulamos en oposición a lo discontinuo, cuántico, que es el objeto de toda medida experimental. Además, como se expuso en un trabajo anterior⁵⁶, los postulados que definen las propiedades de este *continuum* serían los siguientes:

- a) “*Existe el continuo*” (en último extremo creado “ex nihilo” por Dios). Realmente sería lo único material existente. El substrato cosmológico vendría a ser su traducción física.
- b) “*El continuo admite discontinuidades*”. Constituirían lo que llamamos materia-energía.
- c) “*El continuo es metaempírico*”. Lo que se experimenta, se mide, son sólo relaciones entre discontinuidades.
- d) “*El continuo es indestructible*”. Perecer, moverse localmente, es propio de lo discontinuo. Sólo podría perecer por decreto de su Creador. La introducción de discontinuidades en el seno del continuo sería el comienzo del Cosmos observable. El

⁵⁵ Cfr. H. BONDI, *op. cit.* p. 159.

⁵⁶ J. RIUS-CAMPS, *La Afirmación del Principio de Mach y sus Consecuencias Dinámicas*. pp. 10 y ss. E.T.S.A. Pamplona. 1975.

tiempo, entendido como “medida del movimiento” desde ARISTÓTELES, es pura discontinuidad dinámica sucesiva; es el tiempo experimental, medible, de los físicos. El “comienzo de los tiempos” y el “fin de los tiempos” se refiere a este tiempo discontinuo, diferente de la “duración”, permanencia en el ser, propia del substrato cosmológico. Esta duración, por ser continua, no admite medida física, es metaempírica. No repugna que el substrato cosmológico, o continuo, no tuviera principio juntamente con el tiempo; pertenece a la Teología dar razón de este hecho. El enojo de NERNST, antes citado, queda físicamente fuera de lugar. El tiempo $t = 0$, hace referencia al inicio de la materia-energía, es necesariamente finito, pues es la medida de un número de discontinuidades dinámicas que se suceden idénticas, y no tiene sentido que este número sea infinito. En cambio el substrato, por ser continuo, podría haber tenido una duración infinita, es decir, no precisa de un comienzo ni de un final. Los cristianos sabemos que tuvo un comienzo por Revelación de Dios⁵⁷, pero no tiene por qué tener un final; en cambio sabemos que sí se dará el “fin de los tiempos”.

e) “*El continuo no fluye*”. El movimiento, entendido como variación topológica, es de lo discontinuo, cuántico. En este sentido el continuo no puede admitir discontinuidades espaciales infinitamente divisibles en acto: la materia energía está cuantificada, como sabemos desde PLANCK; lo mismo podemos afirmar del tiempo.

Podemos concluir de todo lo que antecede, que la cuestión del Fundamento Cosmológico de la Física, y en particular de la Mecánica, no es algo meta-científico como han afirmado no pocos, sino que es de capital importancia. De ahí el interés que tienen, en nuestra opinión, estas digresiones sobre los *Fundamentos Cosmológicos* de la física. En lo que sigue se expondrán, en sus líneas genéricas, las *Tres Leyes Fundamentales* de la Mecánica siguiendo la misma visión cosmológica.

Se ha tratado ya de la *Primera Ley Fundamental*, que hace referencia directa al aspecto cuantificable de la materia-energía; se apoya en el aspecto más material del ser de las cosas; la

⁵⁷ Génesis I, 1. “En el principio creó Dios el cielo y la tierra”.

cantidad, primera expresión de la *materia*, que DESCARTES llamaría “res extensa” y confundiría con la *sustancia*, dando nacimiento al mecanicismo moderno. Sin embargo, y siguiendo fielmente a ARISTÓTELES y a SANTO TOMÁS, los seres corpóreos también poseen *cualidades*, objetivas, que dicen relación directa a la *forma sustancial* y no se pueden reducir a simples aspectos cuantificables. Son, como ya afirmamos al principio, lo que “primo et per se” conoce el sujeto. Estas cualidades *son* del objeto material, no una creación derivada de las formas “a priori” de la sensibilidad y del entendimiento con base en una fenomenología estricta.

Si se descuida este segundo aspecto cualitativo, negándole la objetivabilidad, no sería nada extraño que la ciencia física perdiera posibilidades en su desarrollo, es decir, en su capacidad de conocer las profundidades de la Naturaleza. En el apartado que sigue, se intentará dar fundamento cosmológico a las que llamaremos *Segunda y Tercera Leyes Fundamentales* de la Mecánica, con base en las precedentes ideas y en la crítica de los Principios newtonianos desde la perspectiva de la Filosofía de la Naturaleza. Se completará la exposición en los capítulos siguientes.

4. Además de la conservación de la materia-energía, el siguiente aspecto fundamental del mundo físico es la cualidad de los cuerpos llamada *inercia*; desconcertante tanto para los físicos

como para los filósofos⁵⁸. ¿Es la inercia una cualidad inherente a cada cuerpo o es relativa a la presencia de los demás?. Y otra pregunta: ¿Es una propiedad de las masas en relación mutua, o es la relación que cada una de ellas tiene con el espacio entendido físicamente como “substratum”? Leemos⁵⁹: “en una teoría coherente de la Relatividad, no puede haber inercia en relación con el espacio, sino sólo inercia de las masa en relación de unas a otras”. NEWTON, en cambio, postulaba la existencia de un espacio, o substrato, absoluto⁶⁰; le resultaba inaceptable una “acción directa a distancia” que, sin embargo, subyace en el

⁵⁸ Cfr. J. MERLEAU-PONTY, *Cosmología del Siglo XX*. pp. 42 y ss. Ed. Gredos, Madrid. 1971.

⁵⁹ *Ibidem*. p. 53.

⁶⁰ Cfr. los *Principia Mathematica*, publicados por primera vez en 1686.

“Principio de MACH”, aceptado por EINSTEIN como uno de los axiomas de su teoría de la Relatividad General que, por otra parte, no da cuenta suficiente de la inercia, real, existente en el Universo “Así, la inercia estaría *influenciada (beeinflusst)* con seguridad, pero no estaría *determinada (bedingt)* por la materia presente en el finito”, en palabras del propio EINSTEIN. “Después de un desinterés progresivo por la cuestión de la inercia, los cosmólogos de la generación contemporánea la pusieron de nuevo al orden del día: esto hace reparar en que, en ese punto, el fracaso de EINSTEIN no ha sido reparado y que nadie ha logrado dar una expresión matemática perfectamente satisfactoria del principio de relatividad de la inercia. Y de ahí que personas como HOYLE se sientan inclinadas a concluir que la verdad es que no ofrece mucho interés ese principio; y aunque fuese exacto, su valor heurístico y su fecundidad deductiva quedan muy limitados”⁶¹.

Si se acepta el *substrato continuo*, la inercia no es más que la *respuesta* de éste a toda aceleración; no depende, como la gravitación, de la presencia –cercana o lejana– de otras masas, sino que es una propiedad del espacio físico, *extrínseca* a todo cuerpo. “Las estrellas lejanas”, del Principio de MACH, no son la causa de la inercia por una *actio in distans* sino algo así como las balizas que nos indican la situación del *substrato* –directamente inexperimentable como hemos postulado– y lo mismo cabe decir de los marcos inerciales de laboratorio: giróscopo, péndulo de FOUCAULT, etc., que coinciden con el determinado por las estrellas lejanas, de manera tan exacta que excluye toda coincidencia. Esta inercia podría ser distinta en un Cosmos diferente del nuestro (suponiendo que existiera un procedimiento de comparación). También cabe pensar que en nuestro propio Universo –en gran escala– variará de un punto a otro, e incluso según la dirección que se considere; pero en la escala conocida nuestro Universo se presenta como *homogéneo e isotrópico*.

La “escuela de MACH”, ante la pregunta de: ¿Qué pasaría si se suprimiera toda materia excepto un único cuerpo experimental: subsistiría la inercia? responde que no. Sin embargo, los partidarios de que ésta es una *cualidad* del substrato responderán afirmativamente. NEWTON sigue teniendo razón

⁶¹ J. MERLEAU-PONTY, *op. cit.* pp. 44 y ss.

según muchos cosmólogos actuales. Pero su punto más débil es el Primer Principio: “un cuerpo aislado se mueve con movimiento rectilíneo y uniforme”; se refiere a un punto material y es extensible al centro de masas (CM) si se trata de un sistema aislado. Sin embargo este enunciado encierra contradicción, pues su movimiento es recto respecto a cualquier marco inercial, los únicos en que son válidos los tres Principios newtonianos, y estos referenciales son *externos* al sistema, aislado por hipótesis, y, en consecuencia, no pueden ser utilizados para afirmar que el movimiento será rectilíneo y uniforme. Vistas las cosas así, la *inercia* es una cualidad *externa* al sistema y las “fuerzas de inercia” de la Mecánica Clásica (MC), en lugar de “fuerzas aparentes”, son *reales y externas* al sistema⁶², supuesto referido

a un marco inercial. Si el marco no fuera inercial, es evidente que pueden aparecer fuerzas aparentes, en el pleno sentido de la palabra, como es bien sabido. La afirmación del “Principio de MACH” de que “las únicas aceleraciones que tienen sentido son las que se refieren al movimiento respecto a las estrellas lejanas”, es decir, respecto a un marco inercial, viene a corroborar las precedentes conclusiones puesto que las “estrellas lejanas” son evidentemente externas al sistema. La afirmación de que “*no existen sistemas inercialmente aislados*” la denominamos *Tercera Ley Fundamental* de la Mecánica.

Algunos físicos han intentado probar la validez del Principio de MACH por caminos diferentes al einsteiniano (y otras

⁶² El “Principio de MACH” –equivalente desde el punto de vista práctico a la aceptación de un substrato– conduce a este resultado aunque MACH no lo hiciera así, probablemente llevado de su visión positivista, más exactamente empirio-criticista de la realidad. J. MERLEAU-PONTY en op. cit., pág. 298, dice: “En efecto, en la Dinámica Clásica ocurre que cuando un cuerpo está acelerado en relación con un sistema de inercia, fuerzas de inercia ficticias acuden a completar las acciones a las que está sometido; son ficticias porque la Dinámica no las atribuye, como las otras fuerzas, a una acción del entorno. Ahora bien la experiencia demuestra que los sistemas de inercia están en descanso con relación a la materia lejana (por ejemplo: el plano de oscilación del péndulo de FOUCAULT permanece fijo con relación a las estrellas); entonces, el Principio de MACH requiere que lo que induce las fuerzas de inercia sobre el cuerpo experimental sea la aceleración relativa del cuerpo experimental con relación a esa materia que se supone, de modo global, en reposo”.

Nosotros afirmamos el Principio de MACH, pero no respecto a las estrellas lejanas, sino refiriendo la inercia al substrato-continuo, directamente inexperimentable, pero localizable gracias a los marcos inerciales que poseemos como referencia: las estrellas o galaxias, el péndulo de FOUCAULT, el giróscopo, etc.

Cosmologías análogas), partiendo de un paralelismo con la teoría electromagnética de MAXWELL. Así D. W. SCIAMA⁶³ que tiene un precedente en FÉLIX TISSERAND (1872) que intentó, en base a su teoría, explicar el comportamiento anormal del perihelio del planeta Mercurio, pero fracasó en su intento. En fechas más recientes, los físicos BRANS y DICKE han pretendido dar comprobación experimental, íntegra, al Principio de MACH. Pero, para la mayor parte de los físicos por no decir todos, dicho principio continúa siendo una “mera conjetura no probada ni negada”.

Se han expuesto y justificado la *Primera Ley Fundamental*: conservación de la materia-energía, y la *Tercera Ley Fundamental*: no existen sistemas inercialmente aislados; ¿Cuál puede ser la *Segunda Ley Fundamental*? Evidentemente el Segundo Axioma de la Termodinámica nos da ya alguna luz sobre su posible contenido, pero no es aplicable a problemas estrictamente mecánicos; éstos son siempre *reversibles* en el marco de la MC, mientras que aquél se refiere precisamente a la *irreversibilidad* de los procesos termodinámicos. Las fuerzas que actúan sobre una masa en movimiento vienen dadas por el Segundo Principio Newtoniano: la ecuación fundamental de la Dinámica, y las ecuaciones del movimiento que se derivan de ella son siempre reversibles respecto a la variable tiempo. Sin embargo, y siguiendo con la crítica metafísica (y por tanto con consecuencias físicas) a dichos Principios, resulta que cuando la aceleración es nula el Segundo Principio nos remite al Primero: el movimiento es rectilíneo y uniforme; pero sabemos que éste no es exacto, luego tampoco lo será siempre y necesariamente aquél. La expresión de la fuerza no tiene por qué ser, en general, tan simple: el vector *aceleración* multiplicado por una constante de proporcionalidad que denominamos *masa*. Como se expone en trabajos, cronológicamente posteriores a la primera publicación del presente en 1976, la masa puede variar con el tiempo cuando está sometida a un Potencial función de la posición y del tiempo, y en la expresión general de la *fuerza*, en la Nueva Dinámica (ND) que emerge, aparecen términos nuevos en los que, además de la masa y la aceleración, intervienen el vector velocidad de la partícula y la variación de la masa con el tiempo. Resulta sorprendente, y gratificante al mismo tiempo,

⁶³ D. W. SCIAMA, “On the origin of inertia”, *Monthly notices of the Royal Astr. soc.* (1953, nº 1. pp. 34 – 39.

que dicha expresión sea isomórfica con la “fuerza de LORENTZ” del Electromagnetismo; las ecuaciones que rigen esta ND son también isomórficas con las “ecuaciones de MAXWELL”; es más, éstas son un caso particular de aquéllas en su aspecto formal. En los capítulos siguientes se expondrán algunos puntos más acerca de este particular.

Siguiendo con la exposición de los fundamentos cosmológicos de esta ND, podemos decir que la *Primera Ley Fundamental* tiene su punto de partida metafísico en el co-principio, la *materia*, de los seres corpóreos y el primero de los *accidentes* que la determinan: la *cantidad*; este es el motivo de que esta ley sea esencialmente cuantitativa y cuantificable. La *Tercera Ley Fundamental* no hace referencia directa a la esencia misma del ser de las cosas, sino al hecho de que los seres no son aislados, puesto que por *naturaleza* interaccionan. Además, el hecho de que todo ser material ocupe un “lugar”, que no es algo exclusivamente propio sino que está determinado por la presencia de los otros cuerpos, no es una cuestión meramente abstracta de relaciones de distancia, sino que se trata de una interacción física, dinámica (en el Microcosmos nada está en reposo, en todo caso este reposo sólo existió antes del “inicio de los tiempos”, cuando el *continuo* estaba en perfecto “silencio”, y volverá cuando todo regrese al “primitivo silencio”⁶⁴ al “fin de

los tiempos”); el único cuerpo que no ocupa lugar es el Universo, el Cosmos considerado como un todo, de ahí que sea éste el único sistema realmente aislado, el objeto más amplio que estudia la Cosmología.

Otro *accidente*, inevitablemente unido a la *cantidad* a la que *cualifica* es el que, desde ARISTÓTELES, se denomina *cualidad*: su ser es más bien en la línea *formal*; sólo indirectamente se puede cuantificar, pero es lo más inteligible que tienen las cosas. La *Segunda Ley Fundamental* sería la expresión física, cuantificada, de la cualidad más elemental que tienen los cuerpos cuando se alteran; pues en el fondo de toda alteración está el *movimiento local* aristotélico, de ahí que esta *Segunda Ley* esté directamente relacionada con el *tiempo*, medida intelectual de todo movimiento que, al relacionarlo con la medida del espacio, entre el lugar inicial y el final, da origen al concepto

⁶⁴ *IV Liber Esdrae*, 6, 39 y 7, 30.

de *velocidad*. Esta *Ley* diría primariamente: “las cosas se mueven” (sería el $\pi\alpha\nu\tau\alpha \rho\epsilon\iota$ de HERÁCLITO de ÉFESO), para añadir: “según unas determinadas condiciones”. Las cosas se mueven, propiamente, porque no están aisladas a causa de la inercia (*Tercera Ley*), y además conservándose la masa-energía (*Primera Ley*), pero esta interacción, este movimiento, es en el *sentido* marcado por la *Segunda Ley*. El “Segundo Principio de la Termodinámica” es una expresión parcial de dicha *Segunda Ley Fundamental*, cuando se trata de la interacción de un número muy grande de partículas; es una ley estadística. No deja de ser aleccionador que este Principio, *Segundo*, se descubriera antes que el *Primero*, como se dijo anteriormente; desde el punto de vista de la Metafísica de la Naturaleza, debía ser así: las cualidades son lo primero que aprehende el intelecto, la cuantificación viene luego.

Como se expondrá más adelante, en esta ND las trayectorias que describen las partículas materiales de un sistema no son, en general, *reversibles* como sucede en la Dinámica Clásica (DC); la irreversibilidad termodinámica –que considera un número quasi-infinito de partículas en interacción– es consecuencia estadística de la irreversibilidad de cada una de estas trayectorias. Así, paradójicamente, se resolvió antes el problema que plantea un sistema de infinitos cuerpos, mientras quedaba sin resolver el “sencillo” de tres. Por otra parte, es bien conocida la incompatibilidad de fondo entre la DC y el Segundo Principio de la Termodinámica. Más adelante, en el siguiente capítulo, se intentará la formulación matemática de la *Segunda Ley Fundamental*, por la vía de definir la *entropía mecánica* de un sistema formado por un número finito de partículas. También es posible reformular mecánicamente la entropía clásica de un sistema termodinámico, sin acudir directamente a los conceptos de calor y temperatura, o bien a la expresión estadística de BOLTZMANN.⁶⁵

5. Como se verá, la posibilidad de formular matemáticamente tal concepto de *entropía mecánica*, para sistemas de

⁶⁵ J. RIUS–CAMPS, *Formulación Mecánica de la Entropía de un Sistema*, registrado en Barcelona, 1992. En este trabajo se intenta dar una expresión, estrictamente mecánica, de la entropía de un sistema termodinámico a partir de los conceptos mecánicos de energía potencial y de energía cinética del mismo. Será presentado, en estas “Reflexiones sobre Cosmología”, más adelante (capítulo 8).

finito número de cuerpos en interacción, se asienta en el hecho de que la energía cinética de un sistema puede variar no sólo *cuantitativamente* sino también *cualitativamente*, incluso en el caso en que se mantenga constante. Este aspecto, a nuestro entender, había permanecido desconocido hasta el presente y más su expresión formal. Sin embargo, aparte de la visión parcial aportada por el Segundo Principio termodinámico, no había pasado inadvertido a pensadores tan antiguos como ARISTÓTELES y SANTO TOMÁS DE AQUINO. Es evidente que su conocimiento respondía a una visión intuitiva, estético- jerárquica del Cosmos, pero no por eso menos real; no se podía pedir ni esperar más a nivel de los conocimientos científicos de su época. En la nuestra no deja de sorprender que tal hecho, de ser cierto como afirmamos, haya llegado tardíamente; quizá sea por nuestra educación positivista y antimetafísica. Pensamos es de justicia citar algunos textos de estos dos grandes pensadores y concluir, así, este primer capítulo.

ARISTÓTELES exige una *potencia activa*, localizada en el *medio* que rodea al *móvil* aislado, para que su movimiento permanezca; no se entiende esta permanencia en el movimiento sin esta causa activa, *externa* al móvil. No se trata del aire o del agua en inmediato contacto (como pretendían otros pensadores griegos, incluyendo PLATÓN). El Estagirita no cae en este

“desafío al sentido común”⁶⁶, como mal entendió DUHEM, sino que se trata de una propiedad *activa* de *todo* el medio, no de las partículas en inmediato contacto: ¿algo así como el éter postulado por LORENTZ?⁶⁷. Hace falta una *causa* y además en *contacto*: la “*actio in distans*” le repugna; la moderna “teoría de campos” no es más que la negación de dicha acción directa a distancia. Tenemos en esta potencia activa del medio la causa de la inercia: es la intuición de la *Tercera Ley Fundamental*.

ARISTÓTELES se apercibió de que no todos los movimientos de los cuerpos son equivalentes en perfección, ni siquiera en el más sencillo de todos: el *movimiento local*, que sólo afecta directamente al accidente *Ubi* (pero al que se reducen, en último

⁶⁶ DUHEM, *Etudes sur Léonard de Vinci*, I. p. 109 y ss. *Le système du monde. Histoire des doctrines Cosmologiques de Platon a Copernic.* pp. 321 y ss.

⁶⁷ Cfr. P. HOENEN, *Filosofia della Natura Inorganica.* pp. 128 y ss. Ed. La Scuola. Brescia. 1949.

término, todos los demás movimientos *proprios*). En conceptos actuales diríamos que no todas las energías cinéticas son equivalentes desde el punto de vista cualitativo aunque puedan serlo cuantitativamente, como ya se indicó y se expondrá más adelante. Siguiendo con las ideas del Filósofo, leemos en la Física⁶⁸: “Podría alguien preguntarse si todo movimiento es comparable con todo otro movimiento o no lo es. Si todo movimiento es comparable, y si todo cuerpo de igual velocidad es el que se mueve en un tiempo igual a lo largo de una cantidad igual, entonces podemos dar con una línea igual a una recta, o bien mayor o más pequeña... Sin embargo ¿qué habrá que decir del círculo y de la línea recta?. Sería absurdo compararlos si el movimiento circular y el movimiento rectilíneo no fueran semejantes... Y, sin embargo, si ellos son comparables, venimos a parar a la consecuencia que hace poco anunciábamos: la igualdad entre la línea recta y el círculo. Ahora bien, estas líneas no son comparables luego tampoco lo son sus movimientos... ¿No será entonces que la velocidad no tiene el mismo significado en uno y otro de aquellos dos casos?”. Pasa luego a ocuparse de los movimientos de *alteración* que sólo son comparables cuando pertenecen a la misma especie y concluye: “Lo mismo ocurre a propósito del movimiento: hay igualdad de velocidad cuando en un tiempo igual se han producido dos movimientos iguales en magnitud y en *cualidad*. Pero si durante este tiempo una parte de la magnitud ha sufrido una alteración y la otra ha sido trasladada ¿Será esta alteración igual a la traslación y de la misma velocidad?. Esto es absurdo, y la razón de ello es que el movimiento tiene sus especies distintas. Por tanto, si las cosas trasladadas en una magnitud igual durante un tiempo igual poseen la misma velocidad, entonces la línea recta y el círculo son iguales. ¿Dónde está la razón de ello, en que la traslación es de un género o en que es un género la línea?. En efecto, el tiempo es siempre indivisible en especies. El movimiento, pues, y las trayectorias tienen correlativamente distintas especies, pues la traslación tiene distintas especies si las tiene el lugar en que se produce el movimiento... De manera, pues, que tendrán una misma velocidad las cosas movidas a través de la magnitud durante el mismo tiempo, y entiendo por “el mismo” lo que es indistinto bajo la razón de especie y ello lo será igualmente en relación con el movimiento. De esta manera es necesario estudiar la diferenciación del movimiento... Pero llamamos

⁶⁸ ARISTÓTELES, *Física*, lib. VII, cap. 4.

velocidad igual la de la alteración del ser cuyo cambio es el mismo en un tiempo igual. ¿Qué es necesario entonces comparar, el receptáculo de la modificación o la modificación?. En este caso, al ser la salud la que es la misma, se está en el derecho de admitir que no hay en ella ni más ni menos, sino tan sólo semejanza. Si, por el contrario, la alteración es distinta, por ejemplo, cuando las alteraciones son un blanqueamiento y una curación, no se puede llamar idéntico a nada de esto ni tampoco más igual que semejante, por cuanto hay allí especies de alteración y porque ellas no constituyen entre sí una unidad, con mayor razón que no la constituyen las traslaciones rectilíneas y circulares”. ARISTÓTELES califica como específicamente diferentes el movimiento rectilíneo y el circular. Este último puede tener velocidad constante, no así el rectilíneo que algún instante debe empezar a decrecer hasta pararse y luego, en todo caso, volver a aumentar; no concibe como posible un movimiento rectilíneo hasta el infinito: “el crecimiento y el decrecimiento no pueden ser continuos, sino que hay en ellos un estado intermedio en que se detienen”.

ARISTÓTELES intuye por esta vía que existe algo, una *cualidad*, que diferencia los movimientos de traslación entre sí; concretamente en los dos casos límite: circular y rectilíneo. La *Segunda Ley Fundamental* viene a formular esta cualidad, como ya hemos anunciado al hablar de *entropía mecánica*.

Santo TOMÁS DE AQUINO⁶⁹ comentando al Estagirita dirá: “El movimiento circular de los cuerpos celestes no tiene contrario, y por eso no se da en ellos violencia; en cambio, el movimiento de los cuerpos inferiores tiene contrarios, como son los movimientos hacia arriba y hacia abajo. Luego los cuerpos celestes tienen una virtud más universal que los cuerpos inferiores. Es así que las virtudes universales son motores de las particulares como consta por lo dicho. Por lo tanto, los cuerpos celestes mueven y dirigen a los cuerpos inferiores”. He aquí un bosquejo de lo que ahora llamaríamos *irreversibilidad* de un proceso. Más adelante, y en el mismo capítulo, continúa: “porque el movimiento circular es también el primero entre los movimientos locales: en cuanto al tiempo, porque sólo en él puede ser perfecto, como se prueba en el libro VIII de la Física; en cuanto a la naturaleza, porque es el más simple y de mayor

⁶⁹ T. DE AQUINO, *Summa contra gentes*, Lib, 3, capítulo 82.

unidad, ya que en él no se distingue ni principio, ni medio, ni fin, sino que todo es medio. Y también en cuanto a la perfección, porque revierte a su principio. En tercer lugar, porque sólo el movimiento celeste es siempre regular y uniforme; mientras que en los movimientos naturales de los cuerpos pesados y leves aumenta la velocidad en el fin, y en los violentos disminuye. Luego es necesario que todo movimiento celeste sea causa de todo otro movimiento”. Intuye el Aquinate, por un camino diferente, lo mismo que viera el Filósofo con antelación de siglos.

6.2 CONSECUENCIAS FÍSICAS DE LA COSMOLOGÍA METAFÍSICA Y LA COMPLEMENTARIEDAD

Para completar las presentes “Reflexiones sobre Cosmología”, nos parece interesante traer a colación algunos resultados físicos cuya investigación se inició en 1974 y finalizaron recientemente en sus aspectos esenciales.

Las conclusiones más importantes hacen referencia a que deben ser revisadas las *tres leyes de conservación* de la Física: dos ecuaciones vectoriales para la *conservación del momento lineal* y para la *conservación del momento angular* respectivamente, y una ecuación escalar para la *conservación de la energía* en sistemas aislados. Las dos primeras siguen siendo aplicables cuando se dan determinadas circunstancias, tales como la presencia de simetrías en el sistema de que se trate, etc. La última es exacta, siempre y cuando refiramos la posición de los diversos sistemas en interacción a un *marco de referencia inercial*, fijo al *substrato cosmológico absoluto* del que venimos tratando en el presente estudio, de lo contrario es imposible saber cuál es la energía total, pues ésta depende del referencial. Efectivamente, si se afirma, como es habitual, que todos los marcos inerciales son *equivalentes*, y que no existe ninguno, *privilegiado* —en reposo absoluto tal como aquí se supone—, esto equivale a afirmar la *no conservación de la energía*, pues es imposible saber cuál es la energía total del Cosmos. La *Primera Ley Fundamental* aquí presentada supone, pues, la posibilidad de

acceder a este *referencial absoluto*, en reposo respecto al *substrato cosmológico*. Sin embargo, como consecuencia de la *continuidad del substrato*, éste es meta-empírico, inaccesible a la experiencia (“fracaso” de MICHELSON–MORLEY) como ya se afirmó. Así, pues, la conservación de la energía sólo será *relativa* a un determinado referencial, pero no se podrá afirmar de manera *absoluta* esta *Primera Ley Fundamental*.

A continuación, siguiendo el propósito indicado al inicio del presente capítulo, reproducimos algunos trabajos nuestros que dan una visión sucinta de algunos resultados, tratados ampliamente en estudios más específicos. Nos parece que pueden ser útiles para comprender el alcance cosmológico-físico de la Cosmología filosófica y poder afirmar, con base experimental, la *complementariedad* de ambas disciplinas.

La *irreversibilidad cosmológica*, metafísica y física a la vez, queda sintetizada en la *Segunda Ley Fundamental*. La *Tercera Ley Fundamental* exige la existencia de un *substrato cosmológico absoluto*. La *Primera Ley Fundamental* se identifica con la *conservación de la materia-energía*. Los cuatro capítulos restantes están dedicados a sendos estudios fisico-matemáticos, cimentados en esas *Tres Leyes*, y cuyos títulos son los siguientes:

–*Los Fundamentos de una Nueva Dinámica (ND)*. (Cap. 7).

–*Entropía Mecánica*. (Cap. 8).

–*Irreversibilidad de la Trayectoria de una Partícula Material*. (Cap. 9).

–*Dinámica Absoluta*. (Cap. 10)

CAPÍTULO 7

FUNDAMENTOS DE UNA NUEVA DINÁMICA (ND).

7. 1. INTRODUCCIÓN.

La *Dinámica Clásica* (DC) se desarrolló a partir de GALILEO y en NEWTON se formuló a partir de sus *tres* famosas *Leyes*; más adelante se expresó en forma *analítica*, una vez conocidos y depurados los conceptos de *energía cinética* y *energía potencial*, gracias a los trabajos de D’ALEMBERT, EULER, LAGRANGE, GAUSS, HAMILTON, Esta *Dinámica Analítica*, sin embargo, aunque más elegante y susceptible de ser generalizada en otros dominios de la física, no aporta nada sustancialmente nuevo al contenido de las leyes newtonianas, incluso algunos problemas arduos, como el famoso de los “tres cuerpos”, exigen este primer planteamiento para ser abordados.

Por otra parte esta DC conduce ya en los primeros pasos de su desarrollo analítico a *Leyes de conservación*, expresables mediante ecuaciones, que facilitan y simplifican la comprensión y tratamiento de muchos problemas dinámicos. Estas leyes se concretan en *siete ecuaciones, integrales del movimiento*, que expresan la *conservación de la energía* (ecuación escalar); *conservación de momento lineal* (ecuación vectorial); *conservación del momento angular* (ecuación vectorial). Estas leyes de conservación *prohíben* determinados comportamientos físicos y si esta prohibición se ajusta a la realidad observable, bien prohibidos están. Así, por ejemplo, en un *sistema aislado* del “resto del Universo”, se deben conservar la energía, el momento lineal, y el momento angular que lo caracterizan. Así, queda prohibida una “propulsión sin reacción” que quizá se nos había ocurrido como posible cuando éramos niños y desconocíamos

estas limitaciones de la Mecánica. Y ahora preguntamos ¿Y si no fuera siempre necesariamente así?, ¿Si la DC no fuera tan acorde con la realidad como pretende?; y no nos referimos a los problemas de altas velocidades comparables con la de la luz, o bien a las bien conocidas incompatibilidades de fondo con el Electromagnetismo y la Termodinámica, sino a problemas dinámicos corrientes en los que hasta ahora la DC se aplica de manera inexorable. Podemos citar, a título ilustrativo, el por qué un gato, dejado caer de espaldas, se da la vuelta en menos de un palmo de su caída; un saltador de palanca gira y hace “tirabuzones” en uno u otro sentido según las órdenes del entrenador; un astronauta no podrá regresar a la nave sin una cuerda de unión o una pistola de gas; o bien la solución del problema de los “tres cuerpos”. Sin embargo, como hemos probado teórica y experimentalmente, tales problemas exigen un marco más amplio que el de la DC –que sólo sirve de primera aproximación– y un inmenso panorama se abre a nuestros ojos que, de ser cierto como estamos convencidos, supone uno de los mayores vuelcos en la historia de la Física y una nueva revolución tecnológica de proporciones gigantescas en lo que nos es dado intuir. Este nuevo marco queda reflejado en una Nueva Dinámica (ND) que hemos desarrollado tanto en sus *fundamentos cosmológicos*, esto es, *metafísico-físicos* como en sus aspectos *físico-matemáticos*⁷⁰. En esta ND queda abierta la posibilidad de una “propulsión sin reacción”, y lo primero que se nos ocurrió fue observar atentamente la Naturaleza y tratar de descubrir algún comportamiento real de este estilo: estaba ahí, desde milenios y ante nuestros ojos; se trataba del vuelo de los insectos que, en la mayor parte de los casos por lo menos, desafía la dinámica de fluidos conocida; en 1977 hicimos la prueba de hacerlos volar en el “vacío” de 13 mb, correspondientes a la presión parcial de vapor de agua a 15° C, que no se puede suprimir, de lo contrario

⁷⁰ Vid. J. RIUS–CAMPS: pueden consultarse los estudios:

Los Fundamentos Cosmológicos de la Mecánica y las Leyes Fundamentales de la Dinámica, Anuario Filosófico, vol. IX, Universidad de Navarra, 1976; revisado y corregido en 1993.

Dinámica de Sistemas Mecánicos Irreversibles, Barcelona, 1985; última edición 1993.

el insecto se deforma e inmoviliza. Por su interés, reproducimos a continuación nuestro artículo publicado en “Investigación y Ciencia” en Febrero de 1986:

El vuelo del abejorro

SIKORSKY, famoso diseñador aeronáutico, había mandado colocar el siguiente rótulo en el vestíbulo de su oficina técnica: “el abejorro, según los cálculos de nuestros ingenieros, no puede volar en absoluto, pero el abejorro no lo sabe y vuela”.

Son bastantes los estudios acerca del vuelo de muchos insectos y todos tropiezan con enormes dificultades cuando tratan de explicar los mecanismos de sustentación a través de la dinámica de fluidos estacionarios. Veamos algunos ejemplos.

TORKEL WEIS-FOGH escribía hace once años (en 1975) en *Scientific American* que “el aspecto más importante (la sustentación) de esos insectos y otros voladores dependía en buena parte de efectos aerodinámicos no estacionarios, hasta el presente desconocidos, que para ellos son beneficiosos y no un estorbo como lo serían en los aeroplanos fabricados por el hombre”. En otro trabajo sobre el *Haplothrips verbasci*, ARNOLD M. KUETHE se expresaba en términos parecidos: “El desconocimiento de los detalles acerca del mecanismo de vuelo, a tan bajo número de REYNOLDS, indica la necesidad de extensas observaciones durante el vuelo para determinar el movimiento de las alas-barra y de los cilios y, asimismo, la necesidad de profundizar en el estudio de los detalles por medio del microscopio electrónico, y también de mediciones encaminadas a precisar las propiedades del conjunto de cilios...”

Podríamos añadir numerosísimos testimonios más. El lector encontrará un claro planteamiento del problema en el artículo que JOEL G. KINGSOLVER publicó en estas mismas páginas sobre la ingeniería de la mariposa (Octubre de 1985). Entre otras cosas describía las dificultades halladas en el complejo vuelo de los insectos, muchas de ellas insalvables, recurriéndose de nuevo a las hipótesis de TORKEL WEIS-FOGH.

He venido investigando, desde hace años, empírica y teóricamente, en un nuevo planteamiento de la dinámica del que la clásica sería un capítulo restringido. Entre otras cosas nos abre la posibilidad de que exista propulsión y sustentación incluso en ausencia de atmósfera. En efecto, ¿Cómo explicar, desde el punto de vista dinámico, el vuelo de los insectos?. Evidentemente no es razonable en el marco de la dinámica newtoniana en el que la conservación del momento lineal, en un sistema aislado, prohíbe este tipo de sustentación y propulsión.

En el campo de la cosmología se detectaron, ya hace muchos años, las insuficiencias teóricas de la mecánica newtoniana en sus axiomas de partida. Así, el “Primer Principio” afirma que un punto material (o un sistema) aislado describe una trayectoria recta con velocidad constante; pero el movimiento debe estar referido a unos ejes coordenados inerciales, que son externos al punto material (o sistema) considerado, con lo que el aislamiento que se postula queda en entredicho, pues nos conduce a la afirmación contradictoria de que un sistema aislado goza de la propiedad de no estar aislado. Este es “el punto más débil del soberbio edificio de la mecánica newtoniana” (P. HOENEN, 1948). Es necesario corregir este primer principio afirmando que no existen sistemas inercialmente aislados.

Con este nuevo punto de partida, unido al axioma de la conservación de la energía, se inicia la elaboración de esta nueva dinámica comenzando por el caso más sencillo en que la energía potencial es conservativa, para generalizarlo, en un segundo paso, al caso no conservativo. Nos conduce al sorprendente resultado de que, además de las fuerzas de inercia newtonianas, en las que sólo intervienen las aceleraciones de las partículas y sus respectivas masas, existen otras fuerzas de inercia –hasta ahora desconocidas– en las que intervienen, además, las velocidades de las partículas, cuya masa puede comportarse como no constante en el caso no conservativo. Estas fuerzas resultan ser isomórficas con la “fuerza de LORENTZ” del electromagnetismo, cuyo origen es puramente empírico.

En el caso conservativo, la partícula queda afectada tan sólo de una fuerza adicional a las clásicas: *fuerza de arrastre* la hemos llamado, que se superpone a la newtoniana y es normal a la trayectoria; goza de la cualidad de cambiar de signo cuando el punto material invierte el sentido de su movimiento sobre la

trayectoria. Tenemos un ejemplo en el cometa HALLEY, que podría presentar asimetría a su paso por el perihelio, es decir, el arco de entrada puede no ser idéntico al de salida.

Vayamos a la observación empírica. Nos servirá de banco de prueba el abejorro, *Bombus terrestris*. El utillaje con el que contemplé la sustentación “anormal” del insecto en el vacío, constaba de una bomba de vacío, un recipiente de cristal, una válvula de tres vías y un manómetro de precisión (*véase la ilustración adjunta al final de este artículo*). La bomba de vacío debe ser de las conocidas con el nombre de “trompas de agua”, empleadas para filtrado en los laboratorios de química. No debe emplearse ningún otro tipo de bomba por una razón muy simple: es del todo necesario mantener la presión parcial de vapor de agua a la temperatura ambiente, con el fin de que el insecto no se hinche ni se deforme, como ocurriría si usáramos otro tipo de bomba aunque el vacío que se consiga sea más elevado. Además, gracias a su rapidez y eficacia, el insecto mantiene sus posibilidades de acción en el vacío durante uno o dos minutos como máximo. A la temperatura ambiente de 15 grados CELSIUS, se consigue un vacío de 10 tor (13 milibares) que frente al valor normal de la presión atmosférica (1013 milibares) supone un vacío del 98,7 %.

Como recipiente de cristal transparente, donde colocar el insecto, es muy adecuado un “quitasatos” de 1000 centímetros cúbicos, con un cerramiento hermético de caucho y una salida lateral donde enchufar el tubo de presión, también de caucho, para hacer el vacío en el momento oportuno. No interesan recipientes mayores que el indicado, con el fin de minimizar el tiempo de vaciado –unos diez segundos– y así disponer del máximo período de observación. El insecto se introduce por la abertura superior y luego se cierra herméticamente.

La válvula, de las llamadas de “tres pasos” –las hay muy simples y baratas fabricadas en cristal–, intercalada en la tubería de presión, conecta la bomba de vacío con la salida lateral del “quitasatos”. Esta válvula nos permite restablecer la presión atmosférica en el recipiente, después de haber hecho el vacío, sin necesidad de desconectar la bomba, y mantener el vacío por tiempo indefinido una vez realizado. Sirve también para comprobar el nivel de vacío logrado, mediante un manómetro conectado en derivación. Por lo que al manómetro de bajas

presiones se refiere, son muy seguros los de mercurio o bien los manómetros de precisión con lectura digital.

Es sabido que los insectos activan su capacidad de vuelo si alcanzan la temperatura adecuada. (Bueno será, pues, colocar cerca del recipiente una lámpara tipo “flexo”, que además de iluminar proporciona el suficiente calor por radiación).

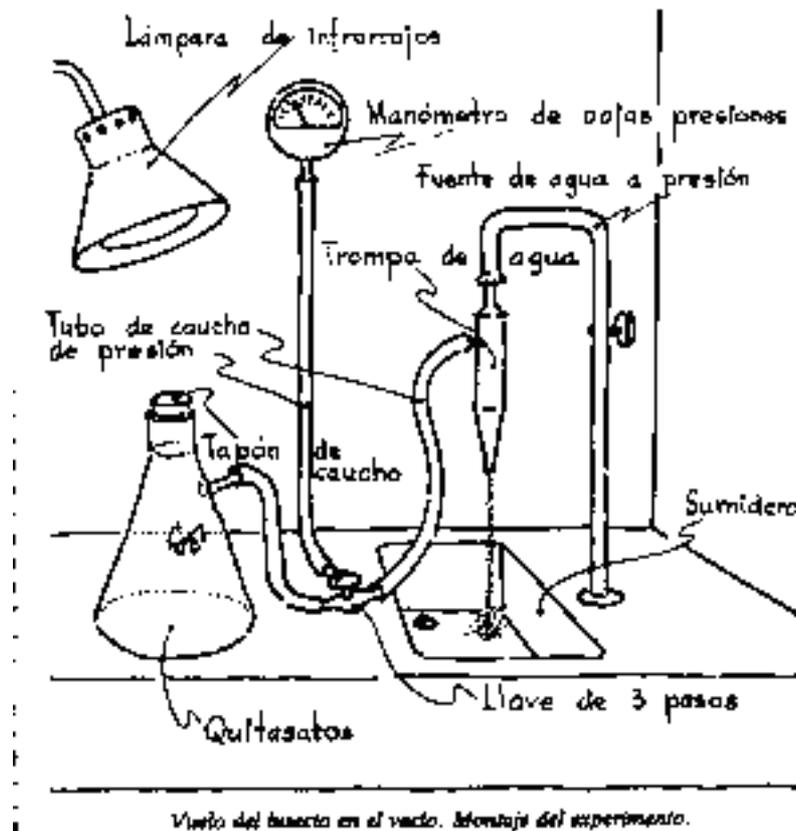
Los resultados observacionales a que se llega son sorprendentes: durante uno o dos minutos el insecto sigue volando, o arranca a volar, sin diferencia perceptible con el vuelo a la presión atmosférica normal, incluso el tipo de vuelo en flotación, sin movimiento en sentido vertical ni horizontal. La posición de las patas del insecto es la habitual en vuelo, esto es, recogidas y plegadas hacia atrás.

La frecuencia de aleteo es una característica de cada insecto que varía entre límites muy estrechos en cada especie: alrededor de 300 hertz para el abejorro y 150 hertz para la mosca. La sustentación tiene una variación aproximadamente lineal con la densidad del fluido, de modo que el vuelo en estas condiciones –si lo quisiéramos explicar aerodinámicamente– supondría que el insecto es capaz de levantar un peso casi 100 veces superior al propio a la presión atmosférica normal; lo que no parece científicamente admisible.

En el caso del vuelo de los insectos el problema es, en general, no conservativo y en esta Nueva Dinámica -que hemos presentado en sus líneas genéricas al comienzo del presente artículo- aparecen fuerzas, hasta el presente desconocidas, responsables de su sustentación y propulsión (sin necesidad de aire) que permiten la explicación del hecho empírico que presentamos. Esto es consecuencia de que en este nuevo planteamiento dinámico no rigen, en general, las leyes de conservación del momento lineal y del momento angular.

La dinámica clásica sigue siendo perfectamente aplicable a aquellos casos en que el sistema se comporta *como si* estuviera inercialmente aislado, por simetrías, aceleración tangencial nula, órbita circular, etc., o bien las nuevas fuerzas resultan despreciables respecto a las debidas exclusivamente a las masas y aceleraciones de las partículas.

La *irreversibilidad* termodinámica “el extraño y molesto segundo principio” (J. MERLEAU-PONTY) incompatible con la dinámica clásica (teorema de MISRA-POINCARÉ), queda de manifiesto como corolario del nuevo planteamiento dinámico, así como el dualismo *partícula-onda*. Las ecuaciones de MAXWELL del Electromag.-etismo son deducidas como un caso particular límite de esta ND. Es de notar que D. W. SCIAMA en 1953, FÉLIX TISSERAND 80 años antes y, más recientemente, BRANS y DICKE, intentaron un proceso inverso: construir una teoría de gravitación isomórfica con el electromagnetismo de MAXWELL.



Podemos añadir, además del caso citado:

– La *conservación del momento angular* no permite resolver, en el caso general, el problema de los “tres cuerpos” al no

converger los desarrollos serie, y si se aplica a casos singulares se llega a situaciones de *caos* en muchos de ellos⁷¹..

– Las operaciones que debe hacer un astronauta, en situación de ingravidez, para darse la vuelta dentro de la nave espacial sin tocar las paredes no coinciden con las previstas por los especialistas en DC.

– Los saltadores de longitud, mientras vuelan en el salto, hacen una serie de rápidos movimientos de brazos y piernas que no sentido en el marco de la DC. Estos hechos son análogos a los citados más arriba a propósito saltadores e trampolín o de un gato que se da la vuelta⁷².

7.2 CONCLUSIONES Y APLICACIONES FÍSICAS

a) El proceso expositivo lógico nos lleva a conclusiones y aplicaciones a partir de los principios y leyes teóricos establecidos; sin embargo la creatividad, la búsqueda, la síntesis, siguen el camino inverso en no pocas ocasiones. En el presente trabajo así ha sucedido, de forma que este capítulo corresponde, por lo menos en parte, a un conjunto de hechos experimentales que condujeron al análisis teórico de los principios y leyes que los rigen.

Las *leyes de conservación* de la DC dan cuenta de la mayoría de procesos corrientes, por lo menos con suficiente aproximación (por ej: el movimiento de los planetas y sus satélites) y otros factores tales como el rozamiento, la viscosidad, los regímenes turbulentos, etc., enmascaran el problema cuando debieran tomarse en consideración los efectos que se desprenden de las especulaciones teóricas precedentes. Ésta sería, en nuestra

⁷¹ C. DE LA FUENTE MARCOS, *El problema de HILL de los tres cuerpos: una nueva deducción de las ecuaciones del movimiento*. “Revista Española de Física”, vol. 9, nº 4. p. 45. 1995.

⁷² Vid. C. FROHLICH, *La física del salto mortal y del salto de tirabuzón*, en *Investigación y Ciencia* (versión castellana de *Scientific American*), nº 44. Mayo de 1980. pp. 90 – 100.

opinión, la causa de que no se hubieran formulado a su debido tiempo las *Tres Leyes Fundamentales de la Dinámica* que hemos desarrollado en otros trabajos y ya expuestas precedentemente⁷³.

La Metafísica aristotélico-tomista, reclamaba una mejor consideración y aprecio de los aspectos cualitativos del Cosmos –de la Dinámica en particular– que sólo la afirmación de la accesibilidad y objetivabilidad de la *esencia* de las cosas, en las mismas cosas, podía suministrar. Las “metafísicas trascendentales” –que preferiría denominar pseudo-metafísicas– nos apartan del Mundo y, en consecuencia, sólo nos ayudan a profundizar en conocimientos derivados de las leyes y cualidades que ya conocemos, pero –en sentido estricto– pueden “perderse soluciones” si no tomamos en consideración algunas cualidades de la *cosa en si*, que no tienen por qué darnos, necesariamente, los modelos de la realidad basados en apriorismos inmanentistas.

b) En uno de los primeros trabajos, registrados, en que se intuía esta Nueva Dinámica que presentamos aquí, llegábamos a la conclusión –por un camino totalmente heurístico y no exento de errores, por desconocimiento total, entonces, de la ND– de que era posible burlar las leyes de conservación del *momento angular* y de la *cantidad de movimiento* en un sistema libre de vínculos. En la ND, como ya se ha dicho, es fácil construir sistemas que no conserven el momento angular; para la no conservación del momento lineal es preciso, como ya se ha indicado, que exista *disipación* de energía cinética por *radiación* para desacoplar las fuerzas actuantes sobre el sistema, de lo contrario su resultante es nula y no es posible esta “propulsión sin reacción”⁷⁴.

Esto nos sugirió la posibilidad, de que en la Naturaleza existieran seres vivos cuya movilidad estuviera basada en las *Tres*

⁷³ Vid. trabajos citados en la nota 1. Estas *Tres Leyes* son: 1) La *Conservación de la Energía*; 2) La formulación de la *Entropía Mecánica*, como *Segunda Ley Fundamental*; 3) La afirmación de que: “No existen sistemas inercialmente aislados”.

⁷⁴ J. RIUS-CAMPS, *La Afirmación del Principio de MACH y sus Consecuencias Dinámicas*. Pamplona. 1975.

Leyes Fundamentales de la ND. La respuesta más clara está, en nuestra opinión, en el vuelo de la mayoría de insectos, del que ya hemos tratado antes, cuyo aleteo alcanza frecuencias muy elevadas, con un número de REYNOLDS bajísimo que prohíbe la sustentación basada en la aerodinámica conocida. En el apartado que sigue se citan algunos ejemplos y afirmaciones al respecto, entresacados de las publicaciones más recientes.

c) En el diminuto insecto *Haplothrips verbasci*⁷⁵, se observa que sus dos pares de “alas” no son más que barras batientes de sección aproximadamente elíptica, provistas de finísimos y muy flexibles cilios, que no pueden servir de superficie de sustentación sino que su finalidad sería -en nuestra opinión- más bien evitar la resistencia del aire al facilitar el régimen laminar; la rapidísima oscilación de las alas-barra perdería eficacia al producirse turbulencias. En el apartado dedicado a “discusión e indicaciones” de uno de dichos trabajos se afirma⁷⁶: “El desconocimiento de los detalles acerca del mecanismo de vuelo, a tan bajo número de REYNOLDS, indica la necesidad de extensas observaciones, durante el vuelo, para determinar el movimiento de las alas-barra y de los cilios y asimismo la necesidad de profundizar en los estudios de los detalles por medio del microscopio electrónico, y también de mediciones encaminadas a precisar las propiedades físicas del conjunto de cilios...”. Otro estudio⁷⁷ termina con las siguientes palabras: “por lo tanto, se debe concluir que se posee poca y fidedigna información acerca de las fuerzas aerodinámicas generadas en el batir de alas y que el problema se debe poner de nuevo en estudio”. Y en la publicación *Scientific American*, en un artículo dedicado a la sustentación –fuera de lo corriente– de

⁷⁵ Cfr. *Swimming and flying in Nature*, Ed. Plenum Press - N.Y., London, vol. 2, pp. 803 y ss. 1975, correspondiente al trabajo: *On the mechanics of flight of small insects*, por A. M. KUETHE. University of Michigan. Ann Arbor. Michigan.

⁷⁶ *Ibidem*, del mismo autor. p. 812.

⁷⁸ *Ibidem*, p. 810. Del trabajo: *Aerodynamic forces and their calculation in insect flight*, por W. ZARNACK. Universität des Saalandes. West Germany.

determinados insectos, se afirma⁷⁸ : “El aspecto más importante, (la sustentación de) esos insectos y otros voladores que yo he discutido, depende en buena parte de efectos aerodinámicos no estacionarios, hasta el presente desconocidos, que para ellos son beneficiosos y no un estorbo, como lo serían en los aeroplanos fabricados por el hombre”.

Es evidente, pues, el desconocimiento acerca del vuelo y sustentación de los insectos. Si no existe error en todo lo expuesto y en las pruebas experimentales realizadas, la explicación resulta clara y sencilla en el marco de la ND aquí presentada: volarían aún en la ausencia de atmósfera o, por lo menos, buena parte de su sustentación y maniobra se debe a las fuerzas, adicionales a las de la DC, que contempla la ND; el aire actúa fundamentalmente para posibilitar la función respiratoria.

Nota final:

Los estudios más recientes, acerca del vuelo de los insectos, siguen aproximadamente en el mismo nivel de estancamiento que en 1975. Podemos indicar aquí que en Mayo de 1977, se realizaron pruebas de hacer volar insectos (Himenópteros: *Bombus terrestris* y dípteros: *Calliphora vomitoria*) en atmósfera muy enrarecida (13 mb, equivalente al 98,7 % de la presión atmosférica normal: 1013 mb). Esta experiencia se ha repetido después varias veces. Véase nuestro artículo: *El vuelo del abejorro*, en “Investigación y Ciencia”, Febrero de 1986, pág. 41, que hemos reproducido antes.

En la revista “Nature”, vol. 344, 5 de Abril de 1990, aparece un interesante estudio: *Unconventional aerodynamics*, por ROLAND ENNOS, que expresa con claridad los problemas de la

⁷⁸T. WEIS-FOGH, *Unusual mechanisms for the generation of lift in flying animals*, “Scientific American”. Nov. 1975.

investigación más reciente. A modo de ilustración entresacamos algunos fragmentos:

“More evidence has appeared showing that insects fly by mechanisms quite unlike those used by aeroplanes and helicopters. ZANKER and GOTZ have measured the instantaneous forces produced by tethered *Drosophila melanogaster* flies and find that they cannot be explained by conventional aerodynamic theory. The forces are also evidence that these flies have unusual methods for producing lift... Studies over the past twenty years of the aerodynamics of insects in free flight have usually concluded that the forces resulting from a conventional lift mechanism would not be adequate to support or propel the insect, and this has been verified by the results of ZANKER and GOTZ...” y termina el artículo diciendo: “Their results have two important implications. First, it is clear that to solve the problem of how insects control their flight will be extremely difficult; even if we discover exactly how the large numbers of direct flight muscles control the fine details of wing movement, we will not be able to solve this problem until we have a better understanding of unsteady aerodynamics. Second, studies of the aerodynamics of aerofoils in unsteady motion are urgently needed. Such investigation might not only clarify how animals fly, but would help us to improve our own aerodynamic designs; insects and birds are, after all, far more manoeuvrable than helicopters and aeroplanes.”

7. 4. EPÍLOGO.

Hemos intentado dar una visión de conjunto tanto de los hechos experimentales como de los fundamentos teóricos, limitándonos en este caso a exponer aquellos aspectos fundamentales de esta ND que nos han parecido imprescindibles.

No se nos escapan las dificultades que puedan surgir para comprender el sentido físico de esta ND, máxime la variación de *masa* con el *tiempo*, que nada tiene que ver con la variación relativista, que depende de la *velocidad* y al ser ésta función de la *posición* también lo será la masa, como ya hemos expuesto. La

masa inercial en la ND no se comporta como una constante de proporcionalidad que nos relaciona el vector fuerza con el vector aceleración, como sucede en la *ecuación fundamental* de la DC; evidentemente la ND se reduce a la DC en aquellos casos particulares en que la masa no varía, como son los movimientos *uniformes*, en que la aceleración tangencial es nula. De ahí el gran éxito que tuvo la Mecánica Newtoniana al ser aplicada al movimiento de los astros, cuyas aceleraciones tangenciales son prácticamente nulas. Es notorio que en aquellos casos en que esta aceleración existe sensiblemente se presentan dificultades, pensamos en las discrepancias a propósito del “perihelio del planeta Mercurio” y en muchos cometas como el ENCKE, que ofrece sorprendentes variaciones en su período orbital⁷⁹ también existen problemas similares con la estabilidad de satélites artificiales con órbitas muy excéntricas. No deja de ser enigmática la distribución del momento angular en el sistema solar, que es muy pequeño en el SOL y se concentra mayormente en el planeta JÚPITER; en la ND, al no conservarse el momento angular, caben perfectamente estas discrepancias.

No cabe duda que esta ND abre unas perspectivas insospechadas no solamente por su interés científico sino también en el campo de las aplicaciones; piénsese, por ejemplo, en la repercusión que pueda tener el *vuelo de los insectos* que hemos estudiado, de ser aplicado a sistemas de propulsión.

Muchas exposiciones teóricas de los diversos campos de la Física deberán ser revisadas, posiblemente, a la luz de esta ND que aporta una mayor unidad entre la *Dinámica*, el *Electromagnetismo*, la *Termodinámica* e incluso muchos aspectos de la *Mecánica Cuántica*, como la noción de *corpúsculo-onda*, que resulta perfectamente asequible si la masa del corpúsculo es función del tiempo como sucede en la ND.

⁷⁹ Vid. el artículo de F. L. WHIPPLE, *La rotación de los cometas*, en *Investigación y Ciencia*, nº 14. p p. 66 y ss. Mayo de 1980.

Consecuencia inmediata de esta ND es la, presencia de CAOS en multitud de fenómenos físicos. Problemas dinámicos dados por definitivamente resueltos en la DC, como el comportamiento del péndulo esférico por citar solo un ejemplo, resulta que su trayectoria es *caótica* –nunca vuelve a pasar por el mismo punto- dentro de un cierto orden descrito por lo que ha venido en llamarse *atractores*. *Irreversibilidad* no implica *desorden absoluto*, *CAOS absoluto*; pueden existir ciertas regularidades y periodicidades. Por ejemplo, la dinámica atmosférica presenta regularidades en los diversos climas; las cuatro estaciones del año nos indican claras periodicidades; sin embargo *nunca se repetirán idénticas*. Hechos como el "cambio climático" pueden ser debidos más a la presencia de CAOS que a la actividad del hombre. La posibilidad de nuevas glaciaciones puede ser asimismo consecuencia natural del CAOS. No insistimos más sobre este aspecto tan importante y actual de la física, baste de momento esta breve anotación.

CAPÍTULO 8

ENTROPÍA MECÁNICA.

La *Segunda Ley Fundamental* hace referencia a la *irreversibilidad* del Cosmos que, desde el punto de vista metafísico, se expresa por la *irreversibilidad del tiempo*, “medida del movimiento según un antes y un después”. La Física también da cuenta de esta irreversibilidad con el Segundo Principio termodinámico, mediante la *función de estado* denominada *entropía*.

Aparte de su formulación mediante los conceptos de *calor* y *temperatura*, o mediante el planteamiento estadístico de BOLTZMANN, nos parece interesante expresar dicha *función de estado* en términos exclusivamente mecánicos. De esta forma se consigue su unidad en el marco de la ND de manera más clara y sencilla. A continuación transcribimos –al respecto y parcialmente– un estudio cosmológico-físico para complementar el cosmológico-filosófico, siguiendo nuestro propósito⁸⁰.

FORMULACIÓN MECÁNICA DE LA ENTROPÍA DE UN SISTEMA.

8. 1. INTRODUCCION.

¿Qué es la entropía? A partir de CLAUSIUS manejamos habitualmente este concepto, pero sigue presente su oscuridad, probablemente debida a que es extraordinariamente abstracta, como afirmara HENRI POINCARÉ. Con los trabajos de BOLTZMANN, en el alborar del presente siglo, se entendió algo más su significado gracias al estudio estadístico del

⁸⁰ Cfr. J. RIUS-CAMPS, *Formulación Mecánica de la Entropía de un Sistema*. Barcelona. 1996.

problema. La entropía venía definida en función de la probabilidad termodinámica W :

$$S = kLn W + S_0$$

Siendo k la constante de BOLTZMANN; con la ventaja de que S_0 no es indeterminada, como sucedía en la definición clásica. El presente estudio pretende llegar a una comprensión mecánica del problema *entrópico*, basada en el principio de conservación de la energía de un sistema aislado y en los conceptos de *energía cinética* y *energía potencial* en que se resuelve, en definitiva, la *energía interna* del mismo.

Nos llamó la atención la necesidad de que la energía interna U deba ser *aditiva* para poder aplicar el principio de BOLTZMANN, que nos permite hallar la distribución canónica de la energía en un conjunto de partículas en equilibrio estadístico. También se exige esta *aditividad* si queremos que la entropía, en su definición clásica, sea aditiva. En el presente trabajo se adopta esa exigencia para definir la entropía, juntamente con la necesidad de que el sistema se halle en equilibrio.

Por otra parte la probabilidad termodinámica W de un *macroestado*, está vinculada estrechamente con la correspondiente "*función de distribución de velocidades*" y ésta queda caracterizada por el parámetro β , función a su vez de la *velocidad media cuadrática* v , de traslación de las moléculas del sistema. Todo esto nos dio pié a pensar que entre la entropía S y la energía cinética U_c del sistema, podría existir una estrecha relación.

Las precedentes consideraciones son de índole fundamentalmente heurística, pero esto suele suceder en el planteamiento de muchos problemas que luego se resuelven por caminos lógicos a partir de principios bien sentados y definidos.

Para llegar a formular la entropía de un sistema partiremos de las habituales exigencias:

- que sea *aditiva* o *extensiva*.

- *monótona creciente* con la energía interna del sistema.

- *sin dimensiones*.

- *homogénea de primer orden*.

También distinguiremos entre *sistema simple*, como aquél en que todas sus partes son homogéneas entre sí, y *sistema compuesto*, de dos o más sistemas simples separados por barreras o paredes, sean éstas rígidas o deformables. En este sentido tal sistema es heterogéneo. Definiremos la entropía partiendo de tales sistemas simples y homogéneos, de modo análogo a como se procede en mecánica estadística. Bastará, en general, la consideración de sistemas compuestos de *dos subsistemas simples*, pues los resultados son inmediatamente ampliables a cualquier número de ellos.

En los apartados que siguen se expondrán los puntos fundamentales, procurando no descender a detalles prolijos en aras de claridad y sencillez.

8.2. ENERGIA INTERNA.

Habitualmente se postula la *aditividad* de la energía interna U de un sistema, pero se trata de una condición muy fuerte que no satisfacen la mayoría de los problemas reales. Obviamente esta energía es suma de dos términos: la energía cinética U_c y la energía potencial U_p , de modo que:

$$U = U_c + U_p$$

El primero es siempre aditivo y viene definido por:

$$U_c = \sum \frac{1}{2} m_i v_i^2 = \sum \frac{1}{2} N_i \mu_i v_i^2 = \frac{1}{2} m v^2$$

con $m = \sum N_i \mu_i = \sum m_i$ y $v = v. m. c. =$ velocidad media cuadrática del sistema

siendo m_i la masa molar (o molecular si consideramos moléculas) de cada una de sus partes o subsistemas simples (si se trata de un sistema simple, su homogeneidad exige que todas las m_i sean iguales). El segundo término U_p se compone en general de dos partes: una aditiva y otra no aditiva:

$$U_p = U_p^{adit} + U_p^{no\ adit}$$

Asimismo, la energía interna la podemos descomponer en dos partes:

$$U = (U_c + U_p^{adit}) + U_p^{no\ adit}$$

El término entre paréntesis corresponde a la energía aditiva por serlo siempre U_c . Vemos, pues, que postular la *aditividad* de U es una simplificación *excesiva*; incluso en los gases ideales, cuya energía interna es totalmente cinética (*principio de equipartición*), no deja de estar presente el *potencial del choque elástico* que, en parte al menos, no es aditivo al depender del número de choques por unidad de tiempo y éstos de la distancia media entre moléculas (función de la densidad, que varía con el volumen, en un sistema cerrado).

Por otra parte, la *aditividad* de la entropía –en la formulación clásica– exige que la energía interna lo sea también. Puesto que la entropía es una función *extensiva* sólo podrá depender de la parte aditiva de U en la nueva formulación que presentamos en lo que sigue.

La energía interna, según la termodinámica, vendrá expresada por la *ecuación fundamental*:

$$U = U(S, v, N_1, \dots, N_r)$$

en función de la *entropía*, el *volumen* y los n^{os} *molares*. Al depender del volumen v , no será aditiva en general, puesto que las variaciones volumétricas comportan modificación de las distancias de las diferentes partes (o moléculas) y, por lo tanto, variación de la energía potencial no aditiva. Al ser la entropía –por hipótesis de partida– función *continua, diferenciable y monótona creciente* de la energía interna, podemos escribir la precedente ecuación fundamental en la forma:

$$S = S(U, v, N_1, \dots, N_r)$$

y si el sistema es *aislado*, entonces la *energía interna* U es constante:

$$U = U_c + U_p = \text{constante}$$

que expresa el “Primer Principio”. En este caso el volumen se debe considerar constante. Además deberá ser:

$$\left[\frac{\partial U}{\partial S} \right]_{v, N_1, \dots, N_r} > 0$$

siendo S aditiva, sólo podrá depender –de modo directo– de la parte aditiva de U y, por lo antes visto, tampoco dependerá de v . Nuestro propósito es hallar una expresión para la entropía que satisfaga esta condición. De modo que será:

$$S = S(U^{adit}, N_1, \dots, N_r)$$

De forma indirecta puede depender de la fracción energética no aditiva, en cuanto la energía cinética U_c está en relación con este potencial que influye en sus variaciones, y ya hemos visto que U_c es aditiva; pero éstas ya quedan incluidas en su valor instantáneo. La última expresión la podemos escribir:

$$S = S(U_c + U_p^{adit}, N_1, \dots, N_r)$$

si exigimos que el sistema sea *cerrado*, entonces es:

$$S = S(U_c + U_p^{adit})$$

(y “a fortiori” si es *aislado*)

La entropía, como veremos, sólo tiene sentido en sistemas en equilibrio estable (o quasi-estable, esto es, infinitamente lentos). Aquí necesitamos de otra hipótesis adicional, que viene

justificada por el teorema del virial en muchos casos, y es que, en cada sistema simple, se verifica:

$$U_p^{adit} = constante \cdot U_c$$

el valor del coeficiente constante será *característico* de cada sistema. Así, de la precedente resulta:

$$U^{adit} = U_c + U_p^{adit} = U_c(1 + constante) = AU_c$$

y es:

$$S = S(U^{adit}) = S(AU_c)$$

Esta conclusión es importante, pues nos permitirá entender ¿qué es la entropía?, a través de un prisma distinto de los habituales, fundamentados en consideraciones calóricas o estadísticas.

En un sistema aislado, que es restrictivo respecto a la materia, la energía y el volumen, será $U = constante$, pero la energía cinética puede variar y, por ende, la entropía.

La última dependencia funcional de S , nos permitirá hallar su expresión, con la condición de equilibrio estable, una vez hayamos definido la temperatura de un sistema simple y, en consecuencia, homogéneo.

8.3. TEMPERATURA DE UN SISTEMA SIMPLE Y EXPRESIÓN DE LA ENTROPÍA.

Definimos la *temperatura*, como es habitual, a partir de la condición de monotonía creciente respecto a la energía interna:

$$T = \left[\frac{\partial U}{\partial S} \right]_{v, N_p, \dots, N_r} > 0$$

que en nuestro enfoque del problema, y en un sistema aislado, podemos escribir:

$$T = \frac{\partial U^{adit}}{\partial S} = \frac{AdU_c}{dS}$$

$$[\text{con } U_c = (1/2)N\mu v^2]$$

Tratándose de un sistema homogéneo, todas las moléculas serán iguales, de la misma masa μ , de modo que la masa total del sistema simple será:

$$m = N\mu$$

(siendo N el nº de moléculas)

Imponemos a la temperatura la condición de que tenga las dimensiones de una energía que, en nuestro caso y dada la simplicidad de su expresión, serán las de U_c ; además debe ser función intensiva. La expresión más sencilla es:

$$T = a \frac{2U_c}{N} = a \frac{N\mu v^2}{N} = a\mu v^2$$

siendo a una constante *característica* de cada sistema simple y v la *velocidad media cuadrática* (v.m.c.) de las moléculas que lo componen. A partir de esta expresión y de la anteriormente hallada resulta:

$$dS = \frac{AdU_c}{T} = \frac{Amvdv}{a\mu v^2} = \frac{AN\mu dv}{a\mu v} = \frac{A}{a} N \frac{dv}{v}$$

cuya integración inmediata nos conduce a:

$$S = \frac{A}{a} N L n v + S_0$$

equivalente a:

$$S = \frac{AN}{2a} \text{Ln}(\frac{1}{2}mv^2) + \bar{S}_0 = \frac{AN}{2a} \text{Ln}U_c + \bar{S}_0 = c \frac{N}{2} \text{Ln}U_c + \bar{S}_0$$

que es aditiva, continua, diferenciable y monótona creciente con U_c , esto es, con U^{adit} . No tiene dimensiones. La constante $c = A/a$, es asimismo característica de cada sistema simple.

No satisface el postulado de NERNST – PLANK, puesto que toma valores infinitos cuando la temperatura tiende a cero. Para resolver esta dificultad se puede proponer la siguiente expresión:

$$S^* = cN \text{Ln}(v+1) + S_0^*$$

cuyo primer término se anula con T , cuando $v \Rightarrow 0$, pero ahora la expresión para la temperatura será algo diferente. En efecto:

$$T^* = \frac{AdU_c}{dS^*} = \frac{AN\mu v dv}{cN \frac{dv}{v+1}} = a\mu v(v+1)$$

en que $T^* = T$, cuando $v \gg 1$. Esta última expresión es válida en aquellos casos reales en que la velocidad cumple esta última condición, aun en las proximidades del cero absoluto. Tiene la ventaja de que el nivel de referencia S^*_0 , no queda indeterminado; podemos elegir $S^*_0 = 0$, cuando $T^* = 0$.

8.4. EQUILIBRIO TÉRMICO DE UN SISTEMA COMPUESTO.

Para mayor sencillez, y sin pérdida de generalidad, supondremos un sistema compuesto por dos sistemas simples: (1) y (2). Su energía cinética es:

$$U_c = U_c^{(1)} + U_c^{(2)}$$

y la energía interna aditiva será:

$$U^{adit} = AU_c = A_1U_c^{(1)} + A_2U_c^{(2)} = \\ = \frac{1}{2}A_1N_1\mu_1v_1^2 + \frac{1}{2}A_2N_2\mu_2v_2^2$$

la correspondiente entropía será:

$$S = S^{(1)} + S^{(2)} = c_1N_1Lnv_1 + c_2N_2Lnv_2 + S_0$$

Para que exista equilibrio no es suficiente que $dU = 0$, pues es posible que la energía interna sea constante (sistema total aislado) y sin embargo no exista equilibrio. Es preciso exigir, además, que la entropía sea extremal:

$$dS = dS^{(1)} + dS^{(2)} = 0$$

Si los dos subsistemas simples considerados están separados entre sí y aislados mediante paredes rígidas y adiabáticas, que no permiten tampoco la transferencia de materia, entonces son *independientes*. Su energía interna es constante y si están en equilibrio estable, la entropía de cada uno también lo es. Supongamos ahora que –sin transferencia de materia– ambos sistemas entran en interacción, esto es, intercambian energía (por ejemplo a través de una separación diatérmica); cesa el equilibrio y el sistema compuesto evoluciona hacia una nueva situación de equilibrio. Si ésta se alcanza deberá ser:

$$dU = dU^{adit} + dU^{no\ adit} = 0$$

$$dS = dS^{(1)} + dS^{(2)} = 0$$

puesto que el equilibrio es estable, entonces es:

$$dU^{adit} = 0 \quad , \quad dU^{no\ adit} = 0$$

que juntamente con la precedente condición, nos conduce a:

$$dU^{adi} = dAU_c = A_1 N_1 \mu_1 v_1 dv_1 + A_2 N_2 \mu_2 v_2 dv_2 = 0$$

$$dS = c_1 N_1 \frac{dv_1}{v_1} + c_2 N_2 \frac{dv_2}{v_2} = \frac{A_1}{a_1} N_1 \frac{dv_1}{v_1} + \frac{A_2}{a_2} N_2 \frac{dv_2}{v_2} = 0$$

cuya compatibilidad exige:

$$\begin{vmatrix} \frac{\mu_1 v_1}{1} & \frac{\mu_2 v_2}{1} \\ a_1 v_1 & a_2 v_2 \end{vmatrix} = 0$$

y de ahí:

$$\frac{\mu_1 v_1}{a_2 v_2} = \frac{\mu_2 v_2}{a_1 v_1}$$

$$a_1 \mu_1 v_1^2 = a_2 \mu_2 v_2^2$$

esto es, las temperaturas de ambos sistemas simples deberán ser iguales como condición necesaria para el equilibrio. Este resultado es ampliable a cualquier sistema compuesto de un número finito de sistemas simples, que interaccionan entre sí en las precedentes condiciones.

8. 5. ADITIVIDAD DE LA ENTROPIA.

Consideramos en primer lugar un sistema simple y, por tanto, homogéneo: todas sus moléculas son iguales, con masa μ . En la precedente exposición hemos supuesto, tácitamente, que la velocidad era la misma para todas las N moléculas que lo componen. La entropía de cada molécula es:

$$s = c \ln v + s_0$$

para todo el sistema:

$$S = Ns = cN \ln v + S_0$$

en este caso, obviamente, v coincide con la *velocidad media cuadrática* del sistema. Pero la realidad es que, aún en equilibrio estable, las velocidades de las moléculas son diferentes, existe una distribución de las mismas (por ejemplo, la distribución de MAXWELL). En este caso para calcular la entropía deberemos proceder así:

$$\begin{aligned} S &= c_1 \ln v_1 + \dots + c_N \ln v_N + S_0' = \\ &= c \ln(v_1 v_2 \dots v_N) + S_0' \end{aligned}$$

(tomamos el valor medio c). Si introducimos la *media geométrica* de las velocidades \tilde{v} , resultará:

$$S = c \ln \tilde{v}^N + S_0' \quad \text{con} \quad \tilde{v} = (v_1 v_2 \dots v_N)^{1/N}$$

Y puesto que S está determinada a menos de una constante S_0' , resulta también equivalente a:

$$S = c \ln(\mu \tilde{v})^N + \tilde{S}_0$$

Pero, como es sabido, la “media geométrica” es menor o igual que la “media aritmética” y ésta, por la desigualdad de CAUCHY-SCHWARZ, es menor o igual que la “media cuadrática”, de modo que:

$$S = c \ln(\mu \tilde{v})^N + \tilde{S}_0 \leq c \ln \mu \left[\frac{v_1 + v_2 + \dots + v_N}{N} \right]^N + \tilde{S}_0 =$$

$$c \ln(\mu \bar{v})^N + \tilde{S}_0 \leq c \ln \left\{ \mu \left[\frac{v_1^2 + v_2^2 + \dots + v_N^2}{N} \right]^{\frac{1}{2}} \right\}^N + \tilde{S}_0 =$$

$$c \ln(\mu v)^N + \tilde{S}_0 = cN \ln v + S_{0_{max}} = S_{max}$$

Esta entropía máxima, S_{max} , no es alcanzable en general, pues requiere que todas las velocidades fueran iguales y entonces evidentemente es:

$$\tilde{v} = \bar{v} = v$$

Hemos hecho esta pequeña digresión para mostrar que la entropía es aditiva, respecto a las partes que podamos considerar en el sistema, si la expresamos en función de la velocidad media geométrica, \tilde{v} . También para poner de relieve la existencia de un límite superior S_{max} (para una misma energía cinética U_c). Sin embargo, no hay inconveniente en poner S en función de la velocidad media cuadrática, v , pues la relación entre las tres: \tilde{v} , \bar{v} , v , es según un coeficiente constante que sólo afecta al valor de la referencia S_0 (sistema en equilibrio estable).

Veamos ahora qué ocurre con un sistema compuesto de varios subsistemas simples. Supongamos que se trata de n ; tendremos:

$$\begin{aligned} S &= S^{(1)} + S^{(2)} + \dots + S^{(n)} = \\ &= c_1 N_1 \text{Ln } v_1 + c_2 N_2 \text{Ln } v_2 + \dots + c_n N_n \text{Ln } v_n + S_0 \end{aligned}$$

en que v_1, v_2, \dots, v_n son las velocidades medias cuadráticas (v.m.c.) correspondientes. Como en el caso precedente es:

$$S = c \text{Ln} \left[\frac{v_1^{N_1} \cdot v_2^{N_2} \cdot \dots \cdot v_n^{N_n}}{N} \right] + S_0 = c \text{Ln } \tilde{v} + S_0$$

(en que $N = N_1 + N_2 + \dots + N_n$). También aquí se verifica:

$$\begin{aligned} S &= c \text{Ln } \tilde{v} + S_0 = c \text{Ln} \left[(\mu_1 v_1)^{N_1} (\mu_2 v_2)^{N_2} \dots (\mu_n v_n)^{N_n} \right] + \tilde{S}_0 \leq \\ &c \text{Ln} \left[\frac{N_1 \mu_1 v_1 + \dots + N_n \mu_n v_n}{N} \right]^N + S_0 = c \text{Ln} (\mu \bar{v})^N + \tilde{S}_0 \leq \end{aligned}$$

$$cLn \left\{ \mu \left[\frac{N_1 \mu_1 v_1^2 + \dots + N_n \mu_n v_n^2}{N \mu} \right]^{1/2} \right\}^N + \tilde{S}_0 = cLn(\mu v)^N + \tilde{S}_0 =$$

$$= cN Ln v + S_{o \max} = S_{\max}$$

(con $N_1 \mu_1 + N_2 \mu_2 + \dots + N_n \mu_n = \text{masa total} = N \mu$). La entropía máxima, S_{\max} , sólo es alcanzable si todas las v.m.c. de cada subsistema fueran idénticas, cosa que no es posible en general. Sin embargo, como ya hemos visto antes a propósito de dos sistemas, la entropía alcanza un valor *extremal* cuando –a partir de un *estado inicial* de equilibrio– el sistema evoluciona hacia otro *estado final*, asimismo de equilibrio, en el que todas las temperaturas (o en parte al menos) se igualan, pues $dS = 0$. Veremos más adelante que, en un sistema *aislado*, si se alcanza esta segunda situación de equilibrio estable, la entropía final es mayor que la inicial.

8.6. CRECIMIENTO DE LA ENTROPIA EN UN SISTEMA AISLADO.

La propiedad que la entropía es *monótona creciente* con la energía interna, U , del sistema viene expresada por:

$$T = \left[\frac{\partial U}{\partial S} \right]_{v, N_1 \dots N_r} = \frac{\partial U^{adit}}{\partial S} = \frac{AdU_c}{dS} > 0$$

(siendo como sabemos: $U^{adit} = U_c + U_p^{adit} = AU_c$, por hipótesis). Es evidente que en estas condiciones S aumenta o disminuye según que U_c lo haga (a lo sumo permanecerá constante como caso singular). Si el sistema permanece energéticamente aislado se conserva su energía interna:

$$U = U_c + U_p = \text{constante}$$

Si U_p decrece, aumentará U_c . Si el sistema pasa de un estado de equilibrio estable a otro, asimismo estable, la entropía deberá

aumentar, pues en Mecánica (Estática) los equilibrios estables son aquellos en que todos los desplazamientos *virtuales* posibles del sistema suponen un trabajo *negativo*, por lo tanto, si el sistema evoluciona (por dejar de ser estable) hacia otro estado estable, significa que U_p *disminuye*, de lo contrario no se produciría tal proceso evolutivo. La entropía final será mayor que la inicial, pues varía monótonamente con U_c ; a lo sumo podrá permanecer constante como se ha afirmado antes. En esta imposibilidad de pasar de un estado de equilibrio a otro siguiente (ambos estables), sin que la entropía aumente, estriba la *irreversibilidad* del proceso.

En este sentido la termodinámica se rige por las mismas leyes de equilibrio estable que la Mecánica (Estática). Si el proceso es quasi-estático significa que, en todo instante, es *reversible*, por lo tanto $dS = 0$ y, por ende, la entropía permanecerá constante ($d^2S = 0$).

Evidentemente que el sistema puede evolucionar sin alcanzar equilibrios estables, entonces la entropía crecerá o decrecerá, pasando por situaciones de equilibrio inestable, de máximos o mínimos relativos (o puntos de inflexión de derivada nula), en que $dS = 0$, pero la entropía no alcanza un valor constante; no se estabiliza y el sistema es *oscilante*. Si existe *disipación interna* la oscilación será amortiguada hasta alcanzar equilibrio estable.

Ya hemos visto el correspondiente a un *sistema compuesto* de dos *subsistemas simples*, separados por pared diatérmica y rígida; el conjunto está aislado y es rígido (ver apartado 4.-). La temperatura debía ser la misma, sólo faltaba ver que la entropía final era mayor que la inicial. Esto es inmediato, pues:

$$U = AU_c + U_p^{no\ adit} = constante$$

pero, al permanecer constante el volumen en ambos subsistemas, resulta:

$$U_p^{no\ adit} = constante$$

en consecuencia:

$$AU_c = A_1 U_c^{(1)} + A^2 U_c^{(2)} = U_c + U_p^{adit} = \text{constante}$$

si el sistema evoluciona significa que U_p^{adit} , disminuye y entonces S crecerá.

8.7. ESTABILIDAD.

Para que un *sistema compuesto* permanezca en equilibrio estable es necesario que esté *aislado*. Deberá satisfacer:

$$(U_p^{adit} + U_c) + U_p^{no\ adit} = U_0 = \text{constante}$$

Que con las hipótesis de partida, se puede escribir:

$$AU_c + U_p^{no\ adit} = U_0$$

El equilibrio estático del sistema exige que: $U_p^{no\ adit}$ alcance un valor *mínimo y constante* en este estado y, por ende, AU_c debe ser *máximo y constante*:

$$AdU_c = 0$$

Pero esta condición no es *suficiente* para que el sistema sea estable; la entropía puede variar: crecer, decrecer o permanecer invariable. Si la entropía es variable, obviamente el sistema no permanece en equilibrio; es *necesaria* la condición:

$$dS = 0$$

Esta *necesidad* no es absolutamente general; como veremos, puede existir algún sistema, en equilibrio estable que no la satisfaga (casos de *indeterminación*).

Veamos ahora que, además, es *suficiente*. En toda *evolución virtual* del sistema en equilibrio estable la energía potencial debe sufrir incrementos *positivos* y U_c debería decrecer y con ella la entropía, que deberá ser *máxima* en el equilibrio estable, esto es:

$$d^2S < 0$$

Para probar este extremo partimos de un *sistema compuesto*, aislado, formado por dos *subsistemas simples*, en aras de mayor sencillez de exposición y sin pérdida de generalidad, pues el resultado es ampliable a cualquier número de subsistemas. Se verificará:

$$AU_c = (1/2)A_1N_1\mu_1v_1^2 + (1/2)A_2N_2\mu_2v_2^2 = \text{constante}$$

por tanto:

$$AdU_c = A_1N_1\mu_1v_1dv_1 + A_2N_2\mu_2v_2dv_2 = 0 \quad (\text{extremo})$$

la segunda condición exige:

$$dS = d\left[\frac{A_1}{a_1}N_1Ln v_1 + \frac{A_2}{a_2}N_2Ln v_2\right] = 0 \quad (\text{extremo})$$

es decir:

$$dS = \frac{A_1}{a_1}N_1\frac{dv_1}{v_1} + \frac{A_2}{a_2}N_2\frac{dv_2}{v_2} = 0$$

que con la precedente nos conduce de inmediato a:

$$a_1\mu_1v_1^2 = a_2\mu_2v_2^2$$

que, como ya se expresó, expresa la condición de equilibrio estable:

$$T_1 = T_2$$

Sólo falta concluir que en toda evolución virtual es $d^2S < 0$. Para ello diferenciamos, por segunda vez, la primera y segunda condición. Por ser constante U_c se tendrá:

$$\begin{aligned} A_1 N_1 \mu_1 (dv_1)^2 + A_2 N_2 \mu_2 (dv_2)^2 &= \\ &= -(A_1 N_1 \mu_1 v_1 d^2 v_1 + A_2 N_2 \mu_2 v_2 d^2 v_2) \end{aligned}$$

juntamente con:

$$d^2 S = \left[\frac{A_1}{a_1} N_1 \frac{d^2 v_1}{v_1} + \frac{A_2}{a_2} N_2 \frac{d^2 v_2}{v_2} \right] - \left[\frac{A_1}{a_1} N_1 \frac{(dv_1)^2}{v_1^2} + \frac{A_2}{a_2} N_2 \frac{(dv_2)^2}{v_2^2} \right]$$

en la que el segundo paréntesis es obviamente > 0 . El primero, en virtud del resultado precedente y de ser $T_1 = T_2$, lo podemos escribir:

$$\begin{aligned} \frac{A_1 N_1 \mu_1 v_1 d^2 v_1}{a_1 \mu_1 v_1^2} + \frac{A_2 N_2 \mu_2 d^2 v_2}{a_2 \mu_2 v_2^2} &= \\ \frac{1}{a_1 \mu_1 v_1^2} [A_1 N_1 \mu_1 v_1 d^2 v_1 + A_2 N_2 \mu_2 v_2 d^2 v_2] &= \\ \frac{-1}{T_1} [A_1 N_1 \mu_1 (dv_1)^2 + A_2 N_2 \mu_2 (dv_2)^2] &< 0 \end{aligned}$$

con lo que, en definitiva, resulta:

$$d^2 S < 0$$

se trata, pues, de un máximo entrópico que se alcanza cuando se igualan las temperaturas de ambos subsistemas.

Si no varían las constricciones el sistema permanecerá estable, pero si éstas se modifican el sistema evolucionará, *aumentando su entropía*, hasta alcanzar otro estado de máximo relativo, en que volverá a la situación de estabilidad. Si las temperaturas

iniciales de los subsistemas permanecen constantes e iguales, el sistema compuesto no puede evolucionar.

Puede suceder sin embargo, que la evolución sea *indeterminada* cuando la pared de separación es *móvil* y *adiabática*. En este caso –si existe disipación interna en cada subsistema– se pueden alcanzar equilibrios estables siendo diferentes las temperaturas finales de ambos. Pero hacemos notar que las temperaturas *variarán* en general, aún en el supuesto de que inicialmente fueran idénticas. Si no existe disipación interna el sistema será *oscilante*: U_c no permanece constante, pasa por máximos y mínimos relativos y lo mismo su entropía.

Esta *indeterminación* procede de que, aún en el supuesto de que se alcance un equilibrio estable, toda *evolución virtual* del sistema no satisface las condiciones generales:

$$dS = 0 \quad d^2S < 0$$

pues, si esto se produjera, necesariamente debería ser:

$$T^{(1)} = T^{(2)}$$

que, en general, no sucede. Se trata, como se ha afirmado ya, de un caso de *indeterminación*.

8.8. CONCLUSION.

De lo que se ha analizado en el presente estudio podemos concluir, a modo de resumen, que un *sistema compuesto* alcanza el equilibrio *estable* si se verifican las condiciones:

- que esté *aislado* y $U_p^{no\ adit}$ sea *mínimo*, esto es: $dU_p^{no\ adit} = 0$

- que sea: $dS = 0$ y $d^2S < 0$,

en toda *evolución virtual*, en un entorno de la posición de equilibrio estable.

Pero, puede existir algún caso de equilibrio estable que no satisfaga la última exigencia, como el precedentemente analizado. Podemos decir que la condición de *entropía máxima* es *suficiente* para la *estabilidad* pero no es *necesaria*, de modo general y en todos los casos.

CAPÍTULO 9

IRREVERSIBILIDAD DE LA TRAYECTORIA DE UN PUNTO MATERIAL.

En la esencia de la *irrevesibilidad*, tanto desde el punto de vista mecánico como desde el punto de vista de la entropía termodinámica, está la *irreversibilidad de la trayectoria genérica que describe un punto material*.

Exponemos a continuación dicho *caso singular* en que se presenta una *aceleración normal, superpuesta a la clásica* y hasta ahora desconocida. A primera vista este hecho parece imposible pero la verdad se impone por sí misma.

RESUMEN.

La finalidad de este estudio es demostrar la presencia de una *aceleración normal suplementaria \mathbf{a}_n^** cuando una partícula m se mueve a lo largo de una curva C , derivable en todos sus puntos, con velocidad v y aceleración tangencial $dv/dt \neq 0$. Esta curva C determina la *evoluta* –envolvente de las *normales principales*– que suponemos asimismo derivable, y que se verifica $m = \text{constante}$.

Probaremos que esta *aceleración \mathbf{a}_n^** (que no forma parte de la *aceleración clásica \mathbf{a}*) viene dada por la expresión:

$$\mathbf{a}_n^* = -\mathbf{v} \times \boldsymbol{\omega}^*$$

siendo $\boldsymbol{\omega}^* = (dv/dt)/(d\rho/dt)\mathbf{b}$, ρ el *radio de curvatura* de la curva C y $d\rho/dt$ la velocidad del *centro de curvatura*, a lo largo de la *evoluta*, cuando P describe C con velocidad v .

La aceleración clásica, definida por $d\mathbf{v}/dt$, en el triedro de FRENET tiene la expresión:

$$\mathbf{a} = d\mathbf{v}/dt = \frac{dv}{dt}\mathbf{s} - \frac{v^2}{\rho}\mathbf{n} = \frac{dv}{dt}\mathbf{s} - \frac{v^2}{\rho}\mathbf{n}$$

pero la *aceleración total* sobre el punto material es:

$$\mathbf{A} = \mathbf{a} + \mathbf{a}_n^* = \mathbf{a} - \mathbf{v} \times \boldsymbol{\omega}^*$$

Así pues, la *fuerza total* que actúa sobre la partícula de masa m será:

$$\mathbf{F} = m\mathbf{A} = m(\mathbf{a} - \mathbf{v} \times \boldsymbol{\omega}^*)$$

que es de la misma forma que la expresión electromagnética de la “fuerza de LORENTZ”, determinada experimentalmente:

$$\mathbf{F} = q(\mathbf{E}_o + \mathbf{v} \times \mathbf{B}_o)$$

A. ESTUDIO ANALÍTICO DE LA EXPRESIÓN DE LA FUERZA EN LA NUEVA DINÁMICA (ND).

1. A modo de introducción cabe decir que en esta ND no podemos partir ya de la “Ecuación Fundamental” newtoniana, que nos daba la expresión de la fuerza, pues sólo será válida en casos muy singulares, como consecuencia de estudios críticos

precedentes que no expondremos aquí⁸¹. Sin embargo, para construir la ND debemos sentar un punto de partida que nos permita elaborar la nueva teoría; la DC vendrá a ser un caso particular de ésta. Este punto de arranque (en el marco de las *Tres Leyes Fundamentales* de esta ND⁸²) es la afirmación de que la energía cinética de un sistema de puntos materiales viene dada por la expresión:

$$U_c = (1/2)mv^2$$

siendo m la masa total del sistema y v la velocidad media cuadrática del mismo. Esta energía es la suma de las energías cinéticas de cada una de las partículas del sistema, que satisfacen expresiones análogas. No contemplamos aquí problemas relativistas en que intervienen elevadas velocidades. Como veremos más adelante, la masa del sistema en esta ND ya no es necesariamente una constante, sino que será, en general, función del tiempo. Normalmente, y mientras no se especifique de modo expreso, supondremos referido el sistema a un marco de coordenadas cartesianas e inercial.

En DC la energía potencial que posee un sistema se dice conservativa si sólo depende de la *posición* de las partículas, es decir, es independiente del *tiempo*. Esta energía no se puede escribir, en general, como suma de las energías potenciales de cada partícula –como sucede con la energía cinética total– : su expresión es *global*, al depender de la posición de todas las masas del sistema, sin posibilidad de asignar a cada una de ellas una energía potencial que dependa exclusivamente de su posición. Sin embargo, sí es posible dar a cada partícula una energía potencial que sea función de su *posición* y del *tiempo*; para ello bastará poner en función del tiempo las coordenadas y las velocidades de los demás cuerpos en la expresión de la energía total. En un sistema energéticamente cerrado, para cada partícula m_i –si designamos por $U_{pi}(P_i, t)$ su energía potencial y

⁸¹ Esta crítica se expone en nuestros estudios: *Los Fundamentos Cosmológicos de la Mecánica y las Leyes Fundamentales de la Dinámica*, Anuario Filosófico, vol. IX, Pamplona, 1976 ; Barcelona 1996 (2ª Ed. corregida) y *Dinámica de Sistemas Mecánicos Irreversibles*, Barcelona, 1996.

⁸² Vid. *Dinámica de Sistemas Mecánicos Irreversibles*, op. cit., cap. I.

por $U_{ci}(P_i, t) = (1/2)m_i v_i^2$ su energía cinética– podemos escribir en virtud de la *Primera Ley Fundamental*:

$$\boxed{U_{ci}(P_i) + U_{pi}(P_i, t) = C_i = C^{te} \quad (i = 1, 2, 3, \dots, n)} \quad (1)$$

en que:

$$U_{pi}(P_i, t) = \sum_j U_{cj}[P_j(t)] + U_p^{(i)}[P_i, P_1(t), P_2(t), P_{i-1}(t), P_{i+1}(t), \dots, P_n(t)]$$

Y el sumatorio se extiende a todas las variables excepto la (i) . Para el sistema de n partículas m_i , y sumando en los dos miembros de (1), resultará:

$$\sum_{i=1}^n U_{ci}(P_i) + \sum_{i=1}^n U_{pi}(P_i, t) = U_c + U_p = \sum_{i=1}^n C_i = C^{te} = C$$

que expresa la conservación de la energía del sistema, como era de esperar. Notemos que en la expresión: $U_{ci}(P_i) = (1/2)m_i v_i^2$ es siempre $v_i = v(P_i)$, pues la velocidad implica, por su propia naturaleza, *cambiar de lugar*, y es por tanto *función de la posición* de la partícula, salvo casos triviales en que no se pueda establecer esta relación funcional. También será siempre posible poner la posición en función del tiempo, pero es preciso distinguir y recalcar que aquí el tiempo t es un simple *parámetro* mediante el que expresamos las variables posicionales, y no una *variable independiente* como sucede en el caso de que la energía potencial sea *no conservativa*: $U_{pi}(P_i, t)$. Con esas reflexiones a la vista, podemos escribir la (1) en la forma:

$$U_{ci}(P_i) + U_{pi}(P_i, t) = C_i \quad \Rightarrow \quad (1/2)m_i v_i^2 + U_{pi}(P_i, t) = C_i \quad (2)$$

y resulta la paradoja de que $U_{pi}(P_i, t)$ la podemos escribir en función de la posición P_i e independiente del tiempo. La única solución será que, en general, la masa m_i no la podremos considerar constante en esta ND, sino que deberá ser:

$$m_i = m_i(t)$$

con lo que obviamente es $(1/2)m_i v_i^2 = U_{ci}(P_i, t)$. Está claro que esta conclusión es de la mayor importancia.

2. Estamos ya en condiciones de hallar la expresión de la fuerza que actúa sobre una partícula de masa m , que describe una trayectoria referida a un marco inercial; para mayor sencillez y claridad expositiva comenzaremos por un caso idealizado en que la masa es constante y, en consecuencia, el potencial es conservativo. Puesto que se trata de un sistema cerrado, por la *Primera Ley Fundamental* se verifica:

$$(1/2)m_o v_o^2 + U_p(P) = C$$

en la que es $v = v(P)$ y $m = m_o = constante$. La partícula describe una determinada *trayectoria* y, conocida ésta, su energía cinética depende de una *única variable* que nos determina su posición sobre la misma; por ejemplo: el arco recorrido a partir de un punto origen, el radio de curvatura en cada punto, etc., es decir, se trata de variables *intrínsecas*. Así pues, el estudio que hacemos de la *fuerza, que actúa sobre la partícula* al describir esta trayectoria, es *local*. Supondremos un arco diferencial situado en el *plano osculador* en el punto P ; de esta forma, y sin pérdida de generalidad, podemos considerar la trayectoria como localmente plana y utilizaremos como *referencial* el triedro de FRENET, cuyos *vectores unitarios* o *versores* son: s , n , b , según la *tangente*, la *normal* y la *binormal*, respectivamente. Se eligen como sentidos positivos: el de la velocidad de la partícula para s , el dirigido hacia la

convexidad de la trayectoria para \mathbf{n} , y para \mathbf{b} el dextrógiro tal que:

$$\mathbf{b} = \mathbf{s} \times \mathbf{n} \quad (3)$$

En estas condiciones definimos la fuerza, según una variable x de la que depende *toda* la energía cinética U_c de la partícula, así:

$$\mathbf{F}_x = (dU_c/dx)\mathbf{x} \quad (4)$$

siendo \mathbf{x} el correspondiente *versor*.

Si aplicamos esta definición a las variables intrínsecas: arco de trayectoria s y radio de curvatura ρ , tendremos respectivamente:

$$\begin{aligned} \mathbf{f}_s &= (dU_c/ds)\mathbf{s} = (m_0 v dv/ds)\mathbf{s} = (m_0 dv/dt)\mathbf{s} \\ \mathbf{f}_n &= (dU_c/d\rho)\mathbf{n} = (m_0 v dv/d\rho)\mathbf{n} \end{aligned} \quad (5)$$

(puesto que la variación del radio de curvatura es según \mathbf{n}).

Estas dos fuerzas dependen de cómo varía la energía cinética, y en este sentido no existen más, pues sólo podemos considerar dos variables intrínsecas en una trayectoria plana. Sin embargo, debemos tomar en consideración, además, la *fuerza centrípeta* de la DC, que no está incluida en \mathbf{f}_n , pues no depende de la variación de la energía cinética sino de su valor:

$$m_0 \mathbf{a}_n = -m_0 (v^2/\rho)\mathbf{n} = -(2U_c/\rho)\mathbf{n}$$

La fuerza total que actúa sobre m_0 será la resultante de estas tres:

$$\mathbf{f}_o = m_0 \mathbf{a} + \mathbf{f}_n = m_0 \mathbf{a} + (m_0 v dv/d\rho)\mathbf{n} \quad (6)$$

En que el signo, según \mathbf{n} , será $(-)$ si hemos elegido como positivo el sentido hacia la convexidad (que es nuestro caso) y será $(+)$ si este sentido es hacia la concavidad.

Podemos dar otra expresión para la fuerza \mathbf{f}_ρ (5) escribiendo:

$$\begin{aligned}\mathbf{f}_n &= (m_o v dv/d\rho) \mathbf{n} = (m_o dv/d\rho) \mathbf{b} \times \mathbf{v} s = \\ &= -\mathbf{v} \times (m_o dv/d\rho) \mathbf{b}\end{aligned}$$

puesto que, por la (3), es $\mathbf{n} = \mathbf{b} \times \mathbf{s}$. Por tener $dv/d\rho$ las dimensiones de una velocidad angular, podemos definirla así:

$$\boldsymbol{\omega}^* = \omega^* \mathbf{b} = (dv/d\rho) \mathbf{b} \quad (7)$$

en la que dv cambia de signo al invertir el sentido de recorrido de la trayectoria, mientras que $d\rho/dt > 0$, pues $v = ds/dt > 0$ siempre en el triedro intrínseco. En consecuencia:

$$\mathbf{f}_\rho = \pm m_o \mathbf{v} \times \boldsymbol{\omega}^*$$

y de la (6) resulta:

$$\begin{aligned}\mathbf{f}_o &= m_o \mathbf{a} \pm m_o \mathbf{v} \times \boldsymbol{\omega}^* = \\ &= m_o (\mathbf{a} \pm \mathbf{v} \times \boldsymbol{\omega}^*)\end{aligned} \quad (8)$$

Este cambio de signo (\pm) es causa de la *irreversibilidad* de la trayectoria de un punto material en la ND.

Además, la (8) es *isomórfica* con la “Fuerza de LORENTZ” del electromagnetismo:

$$\mathbf{f}_{em} = q(\mathbf{E}_{em} + \mathbf{v} \times \mathbf{B}_{em})$$

3. Vamos a estudiar ahora el caso en que sea $m = m(t)$, es decir, aquél en que se verifica:

$$U_c(P, t) + U_p(P, t) = (1/2)mv^2 + U_p(P, t) = C \quad (9)$$

Mantenemos la misma definición dada en (4) para la fuerza que actúa sobre m dependiente de $U_c(P, t)$. Simplemente tomaremos en consideración que la energía cinética dependerá de la posición y del tiempo, tal como queda reflejado en (9). Determinaremos ahora las fuerzas actuantes sobre m siguiendo el precedente proceso. Tendremos:

$$\begin{aligned} \mathbf{f}_s &= (dU_c/ds)\mathbf{s} = (mvdv/ds)\mathbf{s} + (1/2)(dm/ds)v^2\mathbf{s} = \\ &= (mdv/dt)\mathbf{s} + (1/2)(dm/dt)v\mathbf{s} \end{aligned}$$

$$\mathbf{f}_\rho = (dU_c/d\rho)\mathbf{n} = (mvdv/d\rho)\mathbf{n} + (1/2)(dm/d\rho)v^2\mathbf{n}$$

y análogamente la fuerza total sobre m ahora será:

$$\begin{aligned} \mathbf{f} &= m\mathbf{a} + (1/2)(dm/dt)v\mathbf{s} + \mathbf{f}_\rho = \\ &= m\mathbf{a} + (1/2)(dm/dt)v\mathbf{s} + (mvdv/d\rho)\mathbf{n} + (1/2)(dm/d\rho)v^2\mathbf{n} \end{aligned}$$

y teniendo a la vista (8) podemos escribir:

$$\begin{aligned} \mathbf{f} &= m(\mathbf{a} + \mathbf{v} \times \boldsymbol{\omega}^*) + (1/2)(dm/dt)v\mathbf{s} + (1/2)(dm/d\rho)v^2\mathbf{n} = \\ &= \mathbf{f}_o + (1/2)(dm/dt)v\mathbf{s} + (1/2)(dm/d\rho)v^2\mathbf{n} = \\ &= \mathbf{f}_o + (1/2)(dm/dt)v\mathbf{s} - (1/2)(dm/d\rho)v^2\mathbf{s} \times \mathbf{b} = \\ &= \mathbf{f}_o + (1/2)(dm/dt)v\mathbf{s} - \mathbf{v} \times (1/2)(dm/d\rho)v\mathbf{b} \end{aligned}$$

De modo análogo al precedente caso en que $m = m_o = \text{constante}$, se puede poner:

$$\begin{aligned} \mathbf{E} &= (1/m)[\mathbf{f}_o + (1/2)(dm/dt)\mathbf{v}\mathbf{s}] \\ \mathbf{B} &= - (1/m)(1/2)(dm/d\rho)\mathbf{v}\mathbf{b} \end{aligned} \quad (10)$$

y resulta:

$$\boxed{\mathbf{f} = m(\mathbf{E} + \mathbf{v} \times \mathbf{B})} \quad (11)$$

Al *invertir el sentido de recorrido*, el primer término de \mathbf{E} es *irreversible* por serlo \mathbf{f}_o en el triedro de FRENET, mientras el segundo término no lo es, pues $v > 0$ siempre y dm mantiene su signo por ser *independiente de la posición*; lo mismo sucede con el término $\mathbf{v} \times \mathbf{B}$, pues $d\rho$ mantiene su signo y dm también, mientras los *versores* \mathbf{s} y \mathbf{b} invierten ambos su sentido. En consecuencia, también en el presente caso, la trayectoria es *irreversible*.

La (11) es totalmente paralela a la (8). A partir de ésta, y con algunas hipótesis complementarias, se deducen para esta ND ecuaciones *isomórficas* con las de MAXWELL, que rigen todo el electromagnetismo, y que no se expondrán aquí. En esta ND las fuerzas (11) ya no son *invariantes* respecto a las “transformaciones de GALILEO”, de forma análoga a lo que sucede con las fuerzas electromagnéticas.

B. SENTIDO CINEMÁTICO DE LA VELOCIDAD ANGULAR ω^*

1. Partimos de la trayectoria real de un punto material m , y para su estudio local utilizamos un referencial de inercia \mathbf{s} , \mathbf{b} , \mathbf{n} , *intrínseco*. con sentidos positivos dados por el de la velocidad para \mathbf{s} ; hacia la convexidad para \mathbf{n} ; y por $\mathbf{b} = \mathbf{s} \times \mathbf{n}$. Necesitamos considerar también la *evoluta* de la misma referida a los mismos ejes (ver Fig. 1, en el caso $dv/dt > 0$, y Fig. 2, en el caso $dv/dt < 0$. pp. 164–167).

Para explicar el sentido cinemático de la velocidad angular $\omega^* = dv/d\rho$, $dv/d\rho$, $dv/d\rho$, $dv/d\rho$, vamos a estudiar un elemento de trayectoria ds que se corresponde con el $d\rho$ de la *evoluta*; ambos están situados en el *plano osculador* (ver Fig. 1 cuando $dv/dt > 0$ y Fig. 2 cuando $dv/dt < 0$). Así pues, podemos considerar la trayectoria localmente plana y referida a una base inercial intrínseca de *versores* s , n , b , formada por la *tangente*, la *normal* y la *binormal*. El arco ds de trayectoria, está determinado por los puntos A , B , y el $d\rho$ de la *evoluta*, por sus homólogos A , B .

La velocidad de la partícula en A , es v , y en B , $v+dv$. Los radios de curvatura en estos puntos son: $\rho+d\rho$ y ρ . El ángulo girado por el radio de curvatura al pasar de A a B es:

$$d\theta = ds/\rho$$

y la correspondiente velocidad angular será:

$$\omega = d\theta/dt \quad (\text{con } \omega = \omega b)$$

También se puede escribir: $\omega = v/\rho$, que no depende, obviamente, de dv ni de $d\rho$. Al calcular la aceleración centrípeta llegamos a su expresión:

$$a_p = (-v^2/\rho)n \quad (12)$$

en la que no se consideran los incrementos dv , $d\rho$, pues no le afectan. Es el resultado de sustituir el ds de trayectoria por el correspondiente en *círculo osculador* en el punto. Sin embargo si observamos con detalle la *trayectoria real*, ésta viene caracterizada por tener una *evoluta* bien determinada (ver Fig. 1 y Fig. 2). Al prescindir de dv , en el estudio de la aceleración centrípeta, significa que partiendo del punto A llegamos al B' , pero no al punto real B ; y lo mismo cabe decir de sus homólogos centros de curvatura: el A está situado en la *evoluta*, por ser el punto de partida, pero el B' está situado fuera de la *evoluta* real (ver Fig. 1 y Fig. 2), cuyo punto es el B . Es evidente que la aceleración centrípeta está correctamente determinada, pero también resulta claro que el arco de *evoluta*

$d\rho$ debe coincidir con el determinado por los puntos A , B de las figuras, y no por los A , B' , como sucede al prescindir de dv y de $d\rho$. Para corregir esta deficiencia será necesario girar AB' un ángulo:

$$d\theta^* = BB'/d\rho$$

para que coincida con $d\rho$ de la *evoluta real*, con una velocidad angular *finita* cuyo módulo viene dado por:

$$(BB'/d\rho)/dt = (d^2s/d\rho)/dt = dv/d\rho = d\theta^*/dt = \omega^*$$

Esta velocidad angular indica que la simplificación de sustituir, en cada punto, la *trayectoria* por el *círculo osculador*, lleva implícita la necesidad de girar el *arco de evoluta*, con velocidad angular ω^* , para que coincida con el *arco real*. Pero este *arco* AB' de *evoluta* debe ser *normal* al homólogo AB'' de la *trayectoria*, girado también $d\theta^*$ respecto al inicial AB (ver Fig. 1 y Fig. 2). Será preciso girar este arco AB' de *evoluta* un ángulo $d\theta^*$ (en sentido *negativo* cuando $dv/dt > 0$ y en sentido *positivo* cuando $dv/dt < 0$) para que coincida con el *real* AB , y lo mismo en la *trayectoria*. Consecuencia de esto es que el *radio de curvatura* ρ se incrementa en el diferencial de segundo orden:

$$B'B'' = dsd\theta^* \quad (\text{con } dv/dt > 0)$$

$$B'B'' = -dsd\theta^* \quad (\text{con } dv/dt < 0)$$

del que resulta una *aceleración normal adicional*:

(13)

$$a_\rho^* = B'B''/dt^2 = dsd\theta^*/dt^2 = v\omega^* \quad (\text{con } dv/dt > 0)$$

$$a_\rho^* = B'B''/dt^2 = -dsd\theta^*/dt^2 = -v\omega^* \quad (\text{con } dv/dt < 0)$$

superpuesta a la *aceleración centrípeta* $a_\rho = -v^2/\rho = -v\omega$ (12)
Así pues, la *aceleración normal total* será:

$$a_\rho + a_\rho^* = -v(\omega - \omega^*) \quad (\text{con } dv/dt > 0)$$

$$a_\rho + a_\rho^* = -v(\omega + \omega^*) \quad (\text{con } dv/dt < 0)$$

respectivamente.

(14)

La *aceleración tangencial* $a_s = dv/dt$ evidentemente no cambia. En expresión vectorial podemos escribir:

$$a_s \mathbf{s} + a_\rho \mathbf{n} + a_\rho^* \mathbf{n} = \mathbf{a} + v\omega^* \mathbf{n} = \mathbf{a} - \mathbf{v} \times \boldsymbol{\omega}^*$$

(con $dv/dt > 0$)

$$a_s \mathbf{s} + a_\rho \mathbf{n} + a_\rho^* \mathbf{n} = \mathbf{a} - v\omega^* \mathbf{n} = \mathbf{a} + \mathbf{v} \times \boldsymbol{\omega}^*$$

(con $dv/dt < 0$)

2. Ahora, desde el punto de vista dinámico, si deseamos calcular correctamente la *fuerza centrípeta total*, debemos considerar la *aceleración normal total* (14). La expresión de esta fuerza será:

$$\mathbf{f}_n = -mv(\omega - \omega^*) \mathbf{n} = m\mathbf{v} \times (\boldsymbol{\omega} - \boldsymbol{\omega}^*) \quad (\text{con } dv/dt > 0)$$

(15)

$$\mathbf{f}_n = -mv(\omega + \omega^*) \mathbf{n} = m\mathbf{v} \times (\boldsymbol{\omega} + \boldsymbol{\omega}^*) \quad (\text{con } dv/dt < 0)$$

De las (14) y (15) se sigue que la *fuerza total* en la ND es:

$\mathbf{f} = m(\mathbf{a} - \mathbf{v} \times \boldsymbol{\omega}^*)$	(con $dv/dt > 0$)
$\mathbf{f} = m(\mathbf{a} + \mathbf{v} \times \boldsymbol{\omega}^*)$	(con $dv/dt < 0$)

que es *isomórfica* con la “Fuerza de LORENTZ” del electromagnetismo:

$$f_{em} = q(E_{em} + \mathbf{v} \times \mathbf{B}_{em})$$

Sorprendente resultado; más todavía si tenemos en cuenta que la expresión de la “Fuerza de LORENTZ” es exclusivamente experimental. Además, en el triedro de FRENET el módulo v de la velocidad es siempre *positivo* en el *sentido* en que se mueve la partícula. Sabemos que mientras el móvil describe la trayectoria el centro de curvatura describe la *evoluta*; en esta última el signo de $d\rho$ es también *siempre positivo*. Al invertir el sentido de recorrido *cambia el sentido los versores s y b* en el triedro de referencia; así $\mathbf{v} = v\mathbf{s}$ pero $d\mathbf{v}$ se cambia en $-d\mathbf{v}$. Con el resultado de que ahora la *aceleración normal suplementaria* (13) :

$$a_{\rho}^* = B'B''/dt^2 = v\omega^*$$

pasa a ser:

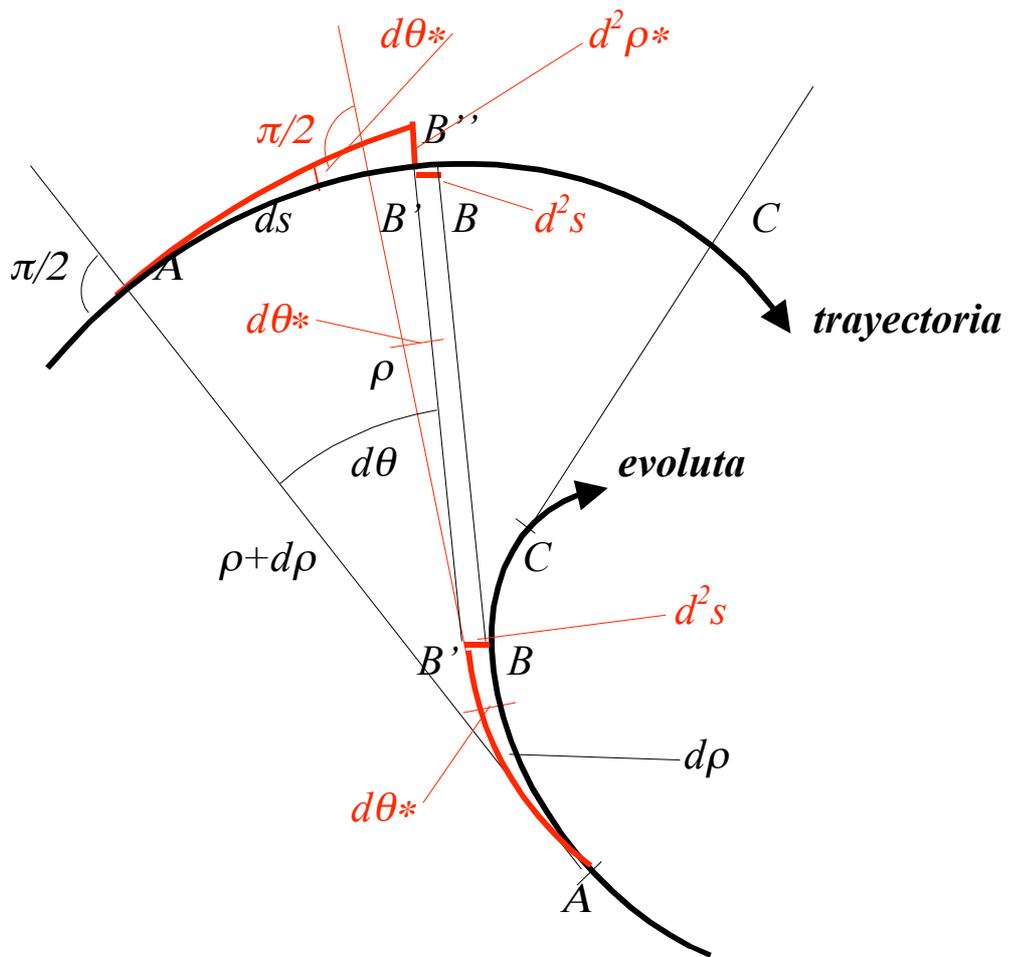
$$-a_{\rho}^* = B'B''/dt^2 = -v\omega^*$$

al invertir el sentido de recorrido; y en expresión vectorial:

$$\mathbf{a}_{\rho}^* = \pm \mathbf{v} \times \boldsymbol{\omega}^*$$

(ver Figs. 1, 2 y 1', 2' (pág. 174 - 177))

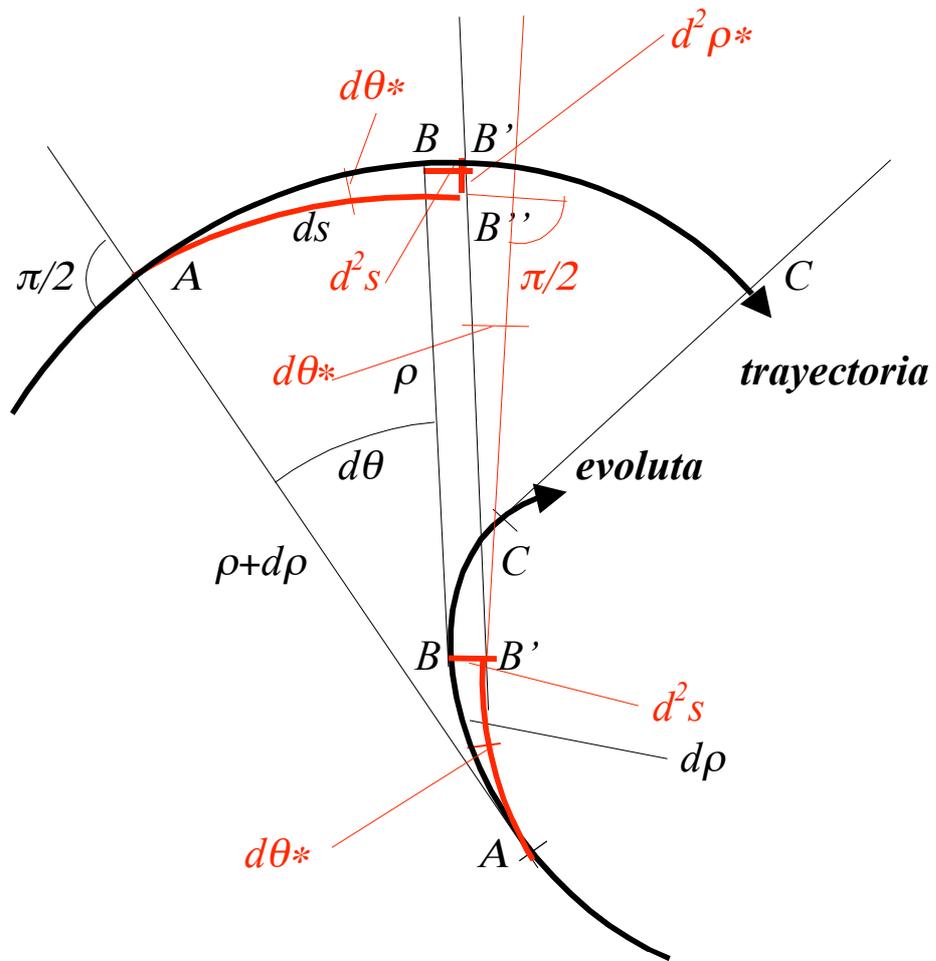
En consecuencia, si un punto material describe una determinada trayectoria y se *invierte el sentido de recorrido*, ésta resulta inalterada en el marco de la DC; es *reversible*. Sin embargo no sucede lo mismo en la ND, pues la trayectoria de “vuelta” ya no coincidirá con la de “ida”; es *irreversible*. El **CAOS**, descubierto en muchos fenómenos físicos, es consecuencia de dicha *irreversibilidad*. Como puede observarse en las siguientes figuras 1, 2, 1'. 2' :



Aceleración Normal Suplementaria (cuando $dv/dt < 0$)

$$a_n^* = d^2\rho^*/dt^2$$

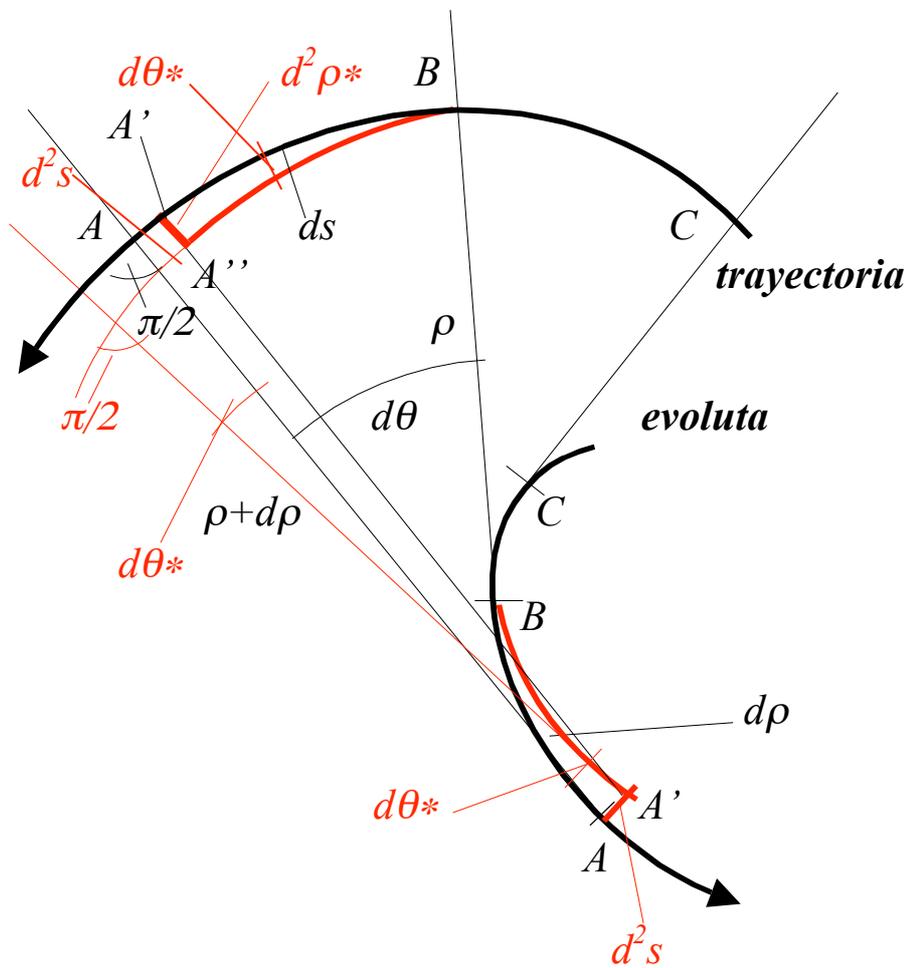
FIG. 1



Aceleración Normal Suplementaria (cuando $dv/dt > 0$)

$$a_n^* = d^2\rho^*/dt^2$$

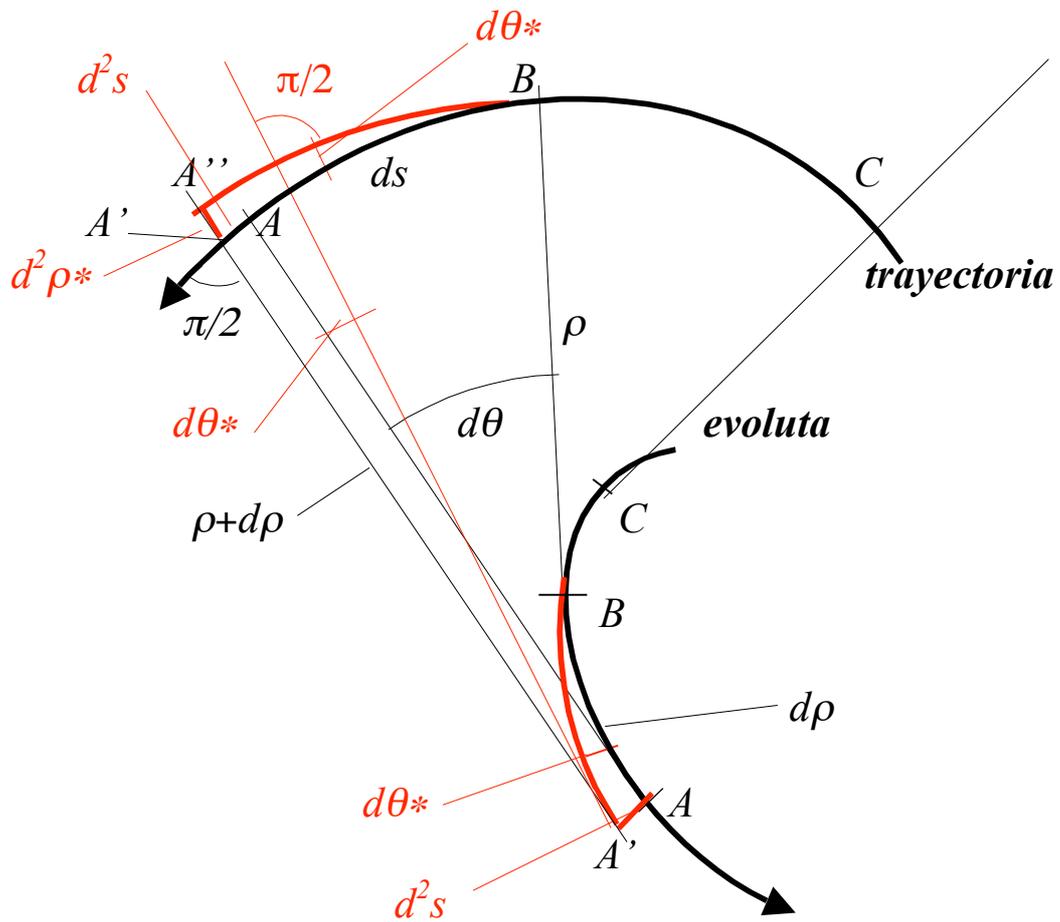
FIG. 2



Aceleración Normal Suplementaria
 (en recorrido inverso, siendo ahora $dv/dt < 0$)

$$a_n^* = d^2\rho^*/dt^2$$

FIG. 1'



Aceleración Normal Suplementaria
(en recorrido inverso, siendo ahora $dv/dt > 0$)

$$a_n^* = d^2 \rho^* / dt^2$$

FIG. 2'

CAPÍTULO 10

DINÁMICA ABSOLUTA.

Recogemos a continuación un trabajo inédito, con este título, fundado en la afirmación de la existencia de un *substrato cosmológico absoluto*, cuya necesidad metafísica es el trasfondo constante en la elaboración de las “Reflexiones sobre Cosmología” que presentamos aquí. Así queda mejor expresada la *complementariedad y exigencia mutua* entre la Cosmología de los Físicos y la de los Filósofos⁸³.

1. INTRODUCCIÓN. El título de *Dinámica Absoluta* que hemos dado al presente estudio no es por oposición a la Dinámica Relativista, cuya solidez está fuera de duda, sino porque partimos de la afirmación existencial de un *substrato cosmológico absoluto*, esto es, de un *referencial de inercia privilegiado*: todas las *demás bases inerciales* que considera la Mecánica se mueven con movimiento no acelerado respecto a este substrato. La misma Teoría Especial de la Relatividad (TER) parte de la existencia de “éter de LORENTZ”, aunque después del logro teórico resultara innecesario según el parecer de muchos. Este *substrato* es innecesario para una teoría *físico-matemática*, pero es absolutamente imprescindible si queremos llegar a lo que de más profundo tiene la Física, a la Metafísica podríamos decir, y utilizando un lenguaje más en boga: todas las ciencias, al intentar comprender sus cimientos, nos hablan de meta-lenguajes: de la meta-lógica, de la meta-matemática; incluso se habla, a veces, de la necesidad de una meta-meta-matemática; siguiendo a WERNER HEISENBERG, pienso que la Física tiene derecho a su meta-física.

⁸³ J. RIUS-CAMPS, *Dinámica Absoluta*. Barcelona. 1982.

Este substrato absoluto es *fundamental* –como afirma H. BONDI–, pues en él se colocan los *observadores fundamentales*, con su *reloj fundamental*, para medir el *tiempo absoluto*, y su *regla fundamental* a la que referir las mediciones. En el presente estudio seguiremos el mismo criterio, de lo contrario no podremos evitar las paradojas, quedándonos en el mundo del “*como si*” sin acercarnos al “*como es*”, a la realidad física del mundo que nos rodea. Este intento no es una mera toma de posición científica, sino que ha sido siempre el motor de toda investigación. Quedarnos satisfechos con el “*como si*” no es otra cosa que una comodidad, me atrevería a calificarla de positivista, que tiene sus ventajas desde el punto de vista práctico–práctico y una indudable elegancia cuando los hechos son abordables con un instrumento matemático asimismo elegante; pero la realidad es que nos estamos alejando de la física–metafísica reduciéndola a la física–matemática. Esta postura es sin duda muy atractiva, pero la realidad física se escapa, por superación, del instrumento matemático pero no de la comprensión metafísica que, aunque callada, subyace siempre.

La posibilidad de admitir un substrato absoluto no sólo es una cuestión metafísica, sino que está avalada por observaciones físicas, tales como la llamada “*radiación de fondo*” y la *isotropía* de las observaciones astronómicas, que exigen un límite superior para la *velocidad absoluta* de nuestro sistema solar del orden de $250 - 300 \text{ km/s}$ (si tomamos en consideración la velocidad orbital de nuestro planeta). A este substrato, ya hace años, se le denominó *éter* (LORENTZ); más recientemente se le ha designado “*cuerpo α* ”; “*thermostat caché*” (DE BROGLIE); “*continuo*”; etc.

La TER parte de hechos experimentales: electrodinámicos, experiencias de MICHELSON–MORLEY, FIZEAU, etc.; en lo que sigue intentaremos dar una visión física diferente para los mismos fenómenos observados. Desde el punto de vista estrictamente formal, la TER expresada en el espacio pseudo–euclídeo de MINKOWSKY, es una elegante solución

matemática que da cuenta de los fenómenos en el marco del *como si* pero exige la *reciprocidad*, jamás probada, de los mismos fenómenos en todos los marcos inerciales, y no está exenta de numerosas paradojas. La solución minkowskiana, al imbricar de forma *intrínseca*, dos realidades fundamentales y *heterogéneas*: el *espacio* y el *tiempo*, no puede evitar la mayor parte de dichas paradojas; es el precio de la elegancia. *Espacio* y *tiempo* son cosas distintas, baste pensar, por ejemplo, en un Cosmos absolutamente estático: existiría *espacio* –el determinado por el mismo Cosmos en lo que tiene de real– pero no habría *tiempo* por carecer de todo movimiento, que es su fundamento real. Este modo de razonar se remonta a ARISTÓTELES y en este sentido el *espacio* es anterior al *tiempo*, pues éste exige la presencia de aquél pero no a la inversa, quedando patente su heterogeneidad (así pensaba PALACIOS, por citar a uno de nuestros mejores físicos). Por otra parte, en el espacio–tiempo de MINKOWSKY, la velocidad c –constante universal con sus singulares propiedades relativistas– ocupa el mismo papel que la velocidad *infinita* en el espacio euclídeo–galileano, pero éste tiene la ventaja de no imbricar las *coordenadas espaciales* con la *duración temporal*, heterogénea con ellas y siempre *positiva* como exige el Segundo Principio de la Termodinámica: la “flecha del tiempo” de EDDINGTON. Esta heterogeneidad del *espacio* con respecto al *tiempo* queda claramente expresada por el teorema de POINCARÉ–MISRA: no es posible conciliar la Dinámica con la Termodinámica, pues la primera es simétrica –en su actual formulación– respecto al parámetro temporal y la última no lo es. El espacio euclidiano, al permitir la existencia independiente de un *tiempo absoluto*, es más adecuado para llegar al *como es* de la Física. No se nos oculta la pérdida de elegancia en nuestro intento expositivo, ni se dará un mejor *como si* en términos positivos, pero nuestra manifiesta intención es acercarnos al *como es*.

Desde BECQUEREL, los CURIE y POINCARÉ, se sabía que *masa* y *energía* son aspectos complementarios de la misma realidad. Experiencias posteriores confirmaron la presencia de una *energía en reposo* E_0 , y que la *masa–energía* crecía con la

velocidad, tendiendo a infinito si se acerca a la velocidad fotónica (W. BERTOZZI comprobó plenamente este hecho en 1964). En el presente estudio se procura integrar estos hechos, a modo de punto de partida, juntamente con la famosa “contracción de FITZGERALD–LORENTZ”, a la que se le devuelve su carácter *real –y no recíproco–* con que la formularon estos eminentes físicos.

No se abordarán aquí los hechos electrodinámicos y su incompatibilidad de fondo con la Dinámica Clásica (DC), pues esto requiere una remodelación de la misma, una Nueva Dinámica (ND), que unifique y supere, asimismo, las actuales incompatibilidades de fondo con la Termodinámica y la Mecánica Cuántica⁸⁴.

JUAN RIUS–CAMPS

Barcelona, 14 de Febrero de 1982

Revisado, 11 de Octubre de 2009

2. HIPÓTESIS DE PARTIDA.

Brevemente expuestas son las siguientes:

a) Supongamos que la energía cinética K de una partícula m es *nula* cuando su *velocidad absoluta* v es asimismo nula respecto a un *referencial absoluto*:

$$K = K_o = 0 \quad v = v_o = 0 \quad (1)$$

b) Cuando $v \ll c$, la *energía cinética* viene dada por la expresión de la DC:

$$K = \frac{1}{2}mv^2 \quad (2)$$

⁸⁴ Vid.: nuestro trabajo, *Dinámica de Sistemas Mecánicos Irreversibles*. Barcelona. 1996.

c) Si la velocidad de la partícula es cercana a c , en este caso toda su *masa-energía en reposo* E_o , se ha transformado en energía cinética:

$$\boxed{K_c = E_o} \quad (3)$$

En este sentido la energía cinética tiene un *límite superior*, no franqueable, E_o

d) La *energía total*, E , de la partícula tiende a *infinito* cuando su velocidad se aproxima a la de la luz c . Así, podemos escribir:

$$\boxed{E_c = \text{infinito}}$$

e) Puesto que la *energía cinética* y la *energía en reposo* son *finitas* y la *energía total* es monótona creciente con la velocidad hasta *infinito*, debemos postular la existencia de una energía en la partícula en movimiento, diferente de su energía cinética y de la correspondiente en reposo, y que llamaremos *energía interna* U . Debe cumplir las siguientes condiciones:

$$U_o = 0 \quad \text{cuando} \quad v = 0 \quad (4)$$

$$U_c = \text{infinito} \quad \text{cuando} \quad v = c$$

f) Además de la energía cinética K , y de la interna U , la partícula posee, como se ha dicho, su energía en reposo E_o , pero esta energía *no se mantiene constante* sino que disminuye con su velocidad absoluta v , y la designaremos por E_e , pues, como veremos en la *segunda* de las *hipótesis fundamentales* que formularemos a continuación, es la única parte de la energía de la partícula susceptible de ser emitida como fotón sin que ésta se desintegre, su valor en reposo es E_o y es nula a la velocidad c :

no es posible emitir fotones a esta velocidad, salvo por desintegración, como acabamos de afirmar.

3. HIPÓTESIS FUNDAMENTALES. Las *dos hipótesis fundamentales* de esta nueva teoría, que complementan a las precedentes y que presentamos ahora, son :

A) Primera hipótesis fundamental: Si un sistema, que está en reposo absoluto, emite un fotón, equivale a afirmar que una parte igual de su masa-energía en reposo E_o , se ha transformado en energía radiante; en principio *toda su masa en reposo* podría transformarse en radiación, sin embargo la hipótesis que hacemos es que sólo una fracción E_o/γ , es *emisible* si la velocidad absoluta es $v \neq 0$. La función γ tiene las siguientes propiedades:

$$\gamma = 1 \quad \text{si} \quad v = 0$$

$$\gamma = \text{infinito} \quad \text{si} \quad v = c$$

Cuando una partícula alcanzara, si fuera posible, la velocidad $v = c$, no podría emitir fotones. Lo afirmado significa que si un fotón, de frecuencia ν_o emitido en reposo absoluto⁸⁵, tiene una energía:

$$E_o = h\nu_o$$

si es emitido a velocidad v , su energía será menor, pues, como acabamos de afirmar, sólo una *fracción es emisible*:

$$E_e = E_o/\gamma = h\nu_o/\gamma = h\nu_e \quad (5)$$

pues postulamos la invariancia de h (constante de PLANCK). De la (5) es inmediato:

$$\nu_e = \nu_o/\gamma \quad (6)$$

⁸⁵ En reposo absoluto o con velocidad cercana; por ej.: la velocidad orbital absoluta de la Tierra.

resultado fundamental en esta nueva teoría que presentamos.

La expresión de la *energía total* E de la partícula en movimiento será en resumen:

$$E = E_e + K + U \quad (7)$$

y evidentemente debe satisfacer:

$$E = E_o \quad \text{cuando} \quad v = 0 \quad (8)$$

$$E = \textit{infinito} \quad \text{cuando} \quad v = c$$

B) La ***Segunda hipótesis fundamental*** consiste en afirmar que la fracción $1/\gamma$ de la energía E_o susceptible de ser emitida, viene dada por:

$$E_e = E_o - K$$

Siendo K la energía cinética de la partícula antes de emitir el fotón. De las (5) y esta última es inmediato que:

$$E_o - K = E_o/\gamma$$

y de ésta resulta:

$$K = E_o \frac{\gamma - 1}{\gamma} \quad (9)$$

que debe satisfacer las condiciones (1), (2) y (3), además de las (4) –cosa que ocurre para las (1), (3) y (4)– ; debemos imponer ahora que la (2) asimismo se cumpla. Para ello será preciso conocer las expresiones de E_o y γ . A este fin nos servirán dos hechos experimentales:

1° La *equivalencia masa-energía* en reposo viene dada por:

$$E_o = m_o c^2$$

2° El “*fracaso*” de la famosa experiencia de MICHELSON. MORLEY (1881) sugiere la “*contracción*” de FITZGERALD. LORENTZ dada por:

$$l = l_o / \gamma$$

y asociamos esta *contracción* con la *fracción* $1/\gamma$ de energía E_o *emisible* dada por la (5):

$$E_e = E_o / \gamma$$

con esta asociación, que se justificará con la ulterior exposición de la presente teoría, resulta:

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

que es la determinada por LORENTZ.

4. PRIMERAS CONCLUSIONES. De la precedente exposición podemos concluir, a modo de resumen, que:

$$K = m_o c^2 \frac{\gamma - 1}{\gamma}$$

que es la misma (9) y satisface la condición (2), pues en este caso resultará:

$$K = m_0 c^2 (1 - 1/\gamma) \approx m_0 c^2 (1 - 1 + \frac{1}{2} \frac{v^2}{c^2})$$

cuando $v \ll c$, con lo que:

$$K = \frac{1}{2} m_0 v^2$$

que es el resultado correcto esperado⁸⁶.

Por otra parte la experiencia nos dice, asimismo, que la energía total E de la partícula, dada por la (7) satisface:

$$E = E_0 \gamma \quad (10)$$

con los valores de E_0 y γ , dados por la experiencia como acabamos de afirmar, cumpliendo las condiciones (8).

Ahora, a partir de las (5), (7) y (10) podemos escribir:

$$E = E_e + K + U = E_0 \gamma$$

$$U = E_0 \gamma - E_e - K \quad (11)$$

(siendo, efectivamente, $E \approx E_0 + K$ para $v \ll c$) y que nos permite determinar la expresión para U , pues, introduciendo en (11) las (5) y (9), tenemos:

$$U = E_0 \gamma - E_0/\gamma - E_0 \frac{\gamma - 1}{\gamma} = E_0 (\gamma - 1/\gamma - 1 + 1/\gamma) =$$

$$U = E_0 (\gamma - 1)$$

que cumple con las condiciones (4). Es de notar que ésta es precisamente la expresión de la “energía cinética” en la TER; aquí le damos el significado de *energía interna*. Puede ser liberada cuando la partícula es “frenada”, al ser absorbida por el receptor en reposo, como ocurre en la experiencia de W. BERTOZZI (1964), aunque allí es interpretada como energía cinética. También puede transformarse en radiación, si la partícula se desintegra en vuelo, como en el caso de

⁸⁶ También a velocidades terrestres, próximas al reposo absoluto si las comparamos con c , pues tienen un límite superior de unos 300 km/s .

desintegración de mesones π^0 , (experiencias realizadas en el CERN, 1964).

5. EMISIÓN Y ABSORCIÓN DE UNA PARTÍCULA.

Veamos ahora la situación general en que una partícula –un fotón–, cuya masa en reposo sería m_o , se emite desde un *emisor*, con velocidad v_e , y es absorbida por un *receptor* con velocidad v_r . En esta nueva situación de la partícula su *energía en reposo* ya no será E_o , sino la *fracción* E_e , y su *energía total* E_r , al ser absorbida en el receptor, será $E_e\gamma_r$, en vez $E_o\gamma_r$; y se debe verificar:

$$E_r = E_e/\gamma_r + K_r + U_r = E_e\gamma_r \quad (12)$$

en que E_e viene dada por la (5); K_r y U_r son, respectivamente, las *energías cinética* e *interna* de la partícula absorbida, cuya *energía en reposo* es, asimismo, la *fracción* E_e , en lugar de E_o . Los factores γ_e , γ_r , son los correspondientes a las velocidades de emisión y recepción de la partícula.

La expresión (12) es idéntica a:

$$E_r = m_o c^2 / \gamma_e \gamma_r + (m_o c^2 / \gamma_e) (\gamma_r - 1) / \gamma_r + U_r = (m_o c^2 / \gamma_e) \gamma_r \quad (13)$$

y de ésta es inmediata la expresión:

$$U_r = (m_o c^2 / \gamma_e) (\gamma_r - 1 / \gamma_r - 1 + 1 / \gamma_r) =$$

$$U_r = (m_o c^2 / \gamma_e) (\gamma_r - 1)$$

Si la partícula es emitida en reposo, en este caso $\gamma_e = 1$ y tendremos:

$$U_r = m_o c^2 (\gamma_r - 1)$$

y si el receptor está también en reposo, entonces es: $U_r = 0$ en acuerdo con la teoría.

6. PARTÍCULA ONDA. Si interpretamos la partícula como onda, en este caso la (13) es:

$$\begin{aligned} h\nu_r &= h\nu_o/\gamma_e\gamma_r + (h\nu_o/\gamma_e)(\gamma_r - 1)/\gamma_r + (h\nu_o/\gamma_e)(\gamma_r - 1) = \\ &= (h\nu_o/\gamma_e)\gamma_r \end{aligned}$$

y de ésta es inmediato:

$$\boxed{\nu_r = \nu_o\gamma_r/\gamma_e} \quad (14)$$

Fundamental para corregir, como veremos, el efecto DOPPLER clásico y llegar al resultado relativista.

Siguiendo nuestra exposición, puesto que por la (5) es:

$$\nu_e = \nu_o/\gamma_e \quad (15)$$

entonces a partir de (14) es:

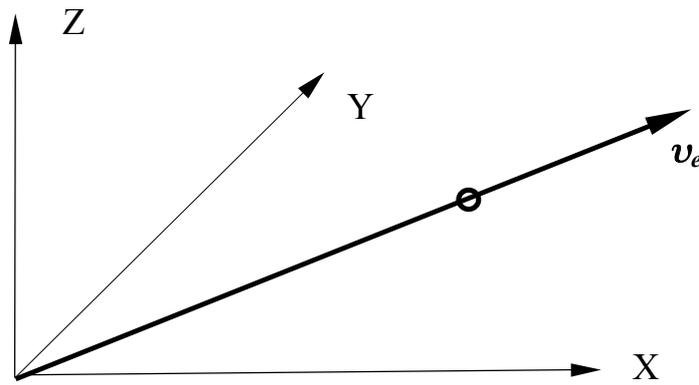
$$\nu_r = \nu_e\gamma_r \quad (16)$$

La frecuencia recibida es mayor que la emitida, y la emitida es menor que la *emisible* en reposo. Estas correcciones, (15) y (16), se superponen al efecto DOPPLER clásico; además, nos permitirán dar cuenta del efecto DOPPLER transversal, del coeficiente de FIZEAU, de la aberración de las estrellas, etc.

7. EFECTO DOPPLER. En la presente teoría la luz se propaga en el vacío, y respecto al referencial absoluto, con velocidad c . Si la *fente se mueve con velocidad v_e* y el *observador está en reposo*, el efecto DOPPLER clásico –en el

caso de que v_e sea según la dirección de observación y *alejándose del observador*– viene dado por:

$$v = \frac{v_o}{1 + \frac{v_e}{c}}$$



supuesto el observador en el origen de coordenadas 0 (ver Fig. 1). Si el movimiento es *hacia el observador en reposo*, entonces:

$$v = \frac{v_o}{1 - \frac{v_e}{c}} \quad (17)$$

que está de acuerdo con la observación, sin embargo según nuestras deducciones precedentes, a la frecuencia (17) es necesario *superponer* la corrección (15), de modo que en definitiva es:

$$\boxed{\nu_e = \nu \frac{1}{\gamma_e} = \frac{1}{\gamma_e} \frac{\nu_o}{1 - \frac{v_e}{c}}} \quad (18)$$

idéntico al resultado relativista. Y análogamente en el caso anterior, con la fuente en movimiento alejándose del observador en reposo.

Si ahora consideramos el problema *simétrico* del (17), esto es, la *fente en reposo* y el *observador animado de velocidad $v_r = -v_e$, hacia la fuente*, el resultado clásico es:

$$\nu = \nu_o \left(1 - \frac{v_r}{c}\right) = \nu_o \left(1 + \frac{v_e}{c}\right)$$

que debe ser corregido de acuerdo con la (14) y teniendo en cuenta que $\gamma_e = 1$ por estar la fuente en reposo, y así será:

$$\boxed{\nu_r = \nu \gamma_r = \nu_o \left(1 + \frac{v_e}{c}\right) \gamma_r} \quad (19)$$

siendo $\gamma_r = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v_e^2}{c^2}}}$ (pues es $v_r = -v_e$)

el resultado (19) es idéntico al relativista, y es inmediato que la frecuencia ν_e dada por la (18) es la misma que la ν_r dada por (19); basta escribir ésta así:

$$v_r = v_o \left(1 + \frac{v_e}{c}\right) \frac{\sqrt{1 - \frac{v_e^2}{c^2}}}{1 - \frac{v_e^2}{c^2}} = v_o \frac{\left(1 + \frac{v_e}{c}\right) \sqrt{1 - \frac{v_e^2}{c^2}}}{\left(1 + \frac{v_e}{c}\right) \left(1 - \frac{v_e}{c}\right)} =$$

$$v_o \frac{\sqrt{1 - \frac{v_e^2}{c^2}}}{1 - \frac{v_e}{c}} = \frac{1}{\gamma_e} \frac{v_o}{1 - \frac{v_e}{c}} = v_e$$

con lo que aparece la *simetría relativista*, mientras que no la poseen los resultados clásicos⁸⁷. Análoga *simetría* hallaríamos en el caso de la *fente en reposo alejándose del observador en movimiento*.

8. EFECTO DOPPLER TRANSVERSAL. El efecto DOPPLER clásico, cuando la velocidad del emisor v forma un ángulo θ con la dirección de observación (supuesto el observador en reposo), viene dado por:

$$v = \frac{v_o}{1 + \left(\frac{v}{c}\right) \cos \theta} \quad (20)$$

en nuestro caso se deberá corregir de acuerdo con la (14), como acabamos de exponer. Y siendo $\gamma_r = 1$, entonces es:

$$v_r = v \frac{1}{\gamma_e} = \left[\frac{v_o}{1 + \left(\frac{v}{c}\right) \cos \theta} \right] \frac{1}{\gamma_e} \quad (21)$$

y entonces en la (20) resulta $v = v_o$ cuando $\theta = \pi/2$, pero no sucede lo mismo en la (21) que viene a ser:

⁸⁷ Vid. R. P. FEYNMAN, *Lectures on Physics*. p. 34 – 11. Fondo Educativo Interamericano S.A. 1964.

$$v_r = v \frac{I}{\gamma_e} = v_o \frac{I}{\gamma_e}$$

Resultado igual al previsto por la TER, conocido con el nombre de *efecto DOPPLER transversal*; puesto en evidencia por vez primera en 1938 y 1941, por IVES y STILLWELL, y más recientemente (1960) mediante experiencias utilizando el *efecto MOSSBAUER*.

Si ambos, observador y fuente, están en movimiento respecto al substrato, entonces la (20) se debe modificar de acuerdo con (14) y nos da:

$$v_r = \frac{v_o}{(1 + (v/c) \cos\theta)} \frac{I}{\gamma_e} \gamma_r$$

Habitualmente no es posible saber si nuestro referencial de inercia coincide con el *absoluto*, aunque el estudio reciente de la “radiación de fondo” nos permite afirmar que nuestra velocidad respecto a este *substrato cosmológico* tiene como límite superior, como ya indicamos al comienzo del presente estudio, 300 km/s . Podemos tomar el referencial de COPÉRNICO como absoluto, sabiendo que la corrección sería dada por:

$$\gamma_e \approx \sqrt{1 - \frac{c^2 10^{-6}}{c^2}} = 0,99999950 \approx 1$$

y a partir de aquí, en el supuesto de que podamos despreciar esta corrección, aplicar los razonamientos precedentes.

9. MASA EMISIBLE Y MASA TOTAL. En el apartado 3. asociamos la *contracción de F. L.* con la reducción de masa-energía *emisible* m_e . Supongamos que la masa en reposo m_o tiene forma cilíndrica, según la dirección de v_e , y de longitud l_o ; una manera de entender, físicamente, esta reducción de la *masa emisible* es que l_o sufra una contracción real en la dirección del movimiento, con lo que:

$$m_e = m_o/\gamma_e \quad (22)$$

Así queda mejor entendida la contracción de F. L., cuya justificación experimental fue el resultado negativo de la experiencia de M.M. (1891), ampliamente confirmada por ulteriores pruebas.

Por otra parte de la (10) es inmediato que:

$$E = E_o\gamma = m_o c^2 \gamma$$

que nos permite definir la *masa total* m cuando la partícula está en movimiento:

$$m = m_o\gamma \quad (23)$$

$$E = mc^2 \quad (24)$$

La (23) corresponde al incremento relativista de masa y la (24) a la correspondiente energía total; con la salvedad de que en nuestra exposición este aumento es *real* –respecto al substrato absoluto– y no *relativo*, ni *recíproco*, como sucede en la TER.

Según la (22), la masa *emisible* m_e tiende a cero cuando la velocidad de la partícula tiende a c . A esta velocidad no es posible la emisión de fotones, salvo por desintegración. A m_e la podemos considerar como la *masa corpórea* del sistema (dimensionable), mientras que, por la (5), podemos escribir la expresión paralela:

$$m = m_e + m_K + m_U$$

con $m_e = m_o/\gamma$, $m_K = m_o(\gamma - 1)/\gamma$, $m_U = m_o(\gamma - 1)$. A m_K la podemos considerar *masa cinética*, y varía entre *cero* y m_o , mientras que a m_U que varía entre *cero* e *infinito*, la llamamos *masa interna*; éstas dos últimas no son expresables dimensionalmente como m_e .

Cuando una partícula en movimiento es frenada hasta el reposo absoluto, la energía es absorbida por el receptor o es radiada, y sólo queda m_o .

El *fotón* es una partícula *muy singular*: sólo posee energía cinética K_c , pero no está dotado de energía interna U , ni posee energía *emisible*, o masa *emisible*, de modo que:

$$K_c = m_o c^2 = h\nu_o \quad (25)$$

Supuesto que ha sido emitido desde el reposo absoluto, de lo contrario en (25) en lugar de m_o debiéramos poner m_o/γ_e y pasaría a ser:

$$K_c = m_o c^2 / \gamma_e = h\nu_e$$

como ya vimos anteriormente.

En la presente teoría la masa en reposo del fotón es m_o , que se transforma en m_K en el momento de ser emitido, pero no hay energía interna U , pues no se ejecuta ningún trabajo sobre m_o . Con esto evitamos el espinoso problema de atribuirle una masa en reposo *nula* , que por otra parte está en abierta contradicción con afirmar la procedencia del fotón de un “defecto de masa” en el emisor: ¿si su masa en reposo es nula, cómo se explica este defecto de masa?. Por ser $m_e = 0$, no podemos asignar dimensiones al fotón, sin embargo posee masa m_K , y en este sentido podrán actuar sobre él fuerzas que modifiquen su trayectoria; así sucede con la gravitación (experiencia del eclipse de Sol en SOBRAL), también posee inercia, como toda energía, y se comporta como *partícula–onda*.

Es de notar, como es bien sabido, que la experiencia de M. M. no constituye una prueba, ni por tanto una consecuencia de la TER; sin embargo resulta muy plausible con lo expuesto aquí. Los hechos experimentales responden muy bien a la visión *físico–matemática* de la TER, y en ello no hay nada que objetar mientras no se extrapole fuera de los límites del *como si* . Con la presente exposición, como ya hicimos notar al inicio de la

misma, seguimos la línea del pensamiento *físico–metafísico* que nos permita eliminar paradojas y contradicciones de fondo; esto es, alejarnos del *como si* para acercarnos más a la realidad física: al *como es*

10. EXPERIENCIA DE FIZEAU Y ABERRACIÓN DE LAS ESTRELLAS.

En este apartado, y siguiendo la presente exposición, se trata de justificar la *experiencia de FIZEAU* con fluidos en movimiento, y el fenómeno de la *aberración de las estrellas*, al ser observadas desde un referencial en movimiento como es nuestro planeta.

a) Experiencia de FIZEAU. i consideramos la luz que atraviesa el sistema en la misma dirección y sentido que u , ver Fig. 2, entonces debiera ser:

$$u_{c/n} = c/n + u$$

puesto que c/n es la velocidad de propagación en el medio; y así sucede realmente según nuestra manera de contemplar el problema. Sin embargo, al observar en F' las interferencias de los rayos luminosos que se propagan por el fluido en sentidos opuestos, todo sucede *como si* la velocidad u viniera corregida por el factor $(1-1/n^2)$, esto es:

$$u^* = u \left(1 - \frac{1}{n^2} \right) \quad (26)$$

de donde se deduce de inmediato que:

$$\begin{aligned} u_{c/n} &= c/n + u^* = \\ &= c/n + u \left(1 - \frac{1}{n^2} \right) \end{aligned}$$

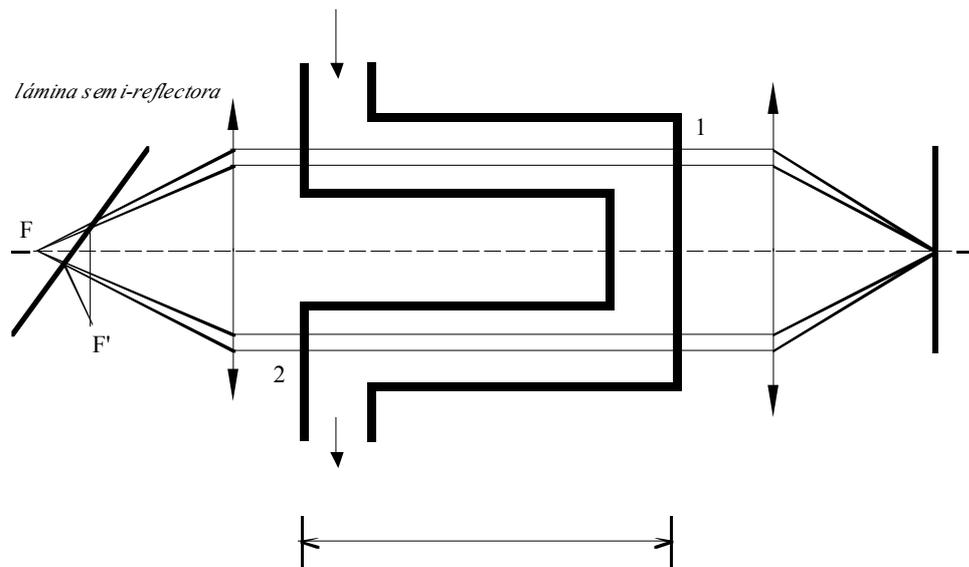


Fig. 2

conforme a las predicciones de FRESNEL y los resultados de FIZEAU, M. M., etc. que lo confirman. Para explicar este hecho, de acuerdo con nuestra teoría, es preciso considerar que los fotones *emitidos* en F son *reemitidos*, (a velocidad $c/n+u$), primero en 1 y luego en 2 (y análogamente, para los que viajan en sentido opuesto, en $1'$ y $2'$) antes de interferir en F' . Puesto que $c/n \gg u$, podemos considerar que la reemisión se efectúa a velocidad c/n .

Según el resultado (6) la frecuencia de la luz reemitida será:

$$\nu' = \nu/\gamma_{c/n}$$

siendo ν la frecuencia al salir de F . Puesto que se dan dos reemisiones antes de llegar a F' , la frecuencia en el momento de interferir será:

$$\nu'' = \nu/(\gamma_{c/n})^2$$

y la correspondiente longitud de onda:

$$\lambda'' = \lambda\gamma_{c/n}^2 \text{ (con } \lambda = c/\nu) \quad (27)$$

y el *corrimiento* esperado (relativo a la longitud de onda emitida) es:

$$\Delta\lambda/\lambda = \varepsilon_u$$

proporcional a la velocidad u del fluido, pues $\Delta\lambda$ lo es. Sin embargo, si la longitud de onda ha variado de acuerdo con la expresión (27), entonces, siendo $\Delta\lambda$ el mismo por depender de la velocidad u , resultará:

$$\varepsilon_u'' = \Delta\lambda/\lambda'' = \Delta\lambda/\lambda\gamma_{c/n}^2 = \varepsilon_u/\gamma_{c/n}^2$$

y siendo proporcional a la velocidad del fluido el corrimiento relativo observado, podemos escribir:

$$\varepsilon_u/u = \varepsilon_u''/u^*$$

de ésta y la anterior es inmediato que:

$$\begin{aligned} u^* &= u\varepsilon_u''/\varepsilon_u = u/\gamma_{c/n}^2 = \\ &= u \left(1 - \frac{c^2/n^2}{c^2} \right) = u \left(1 - \frac{1}{n^2} \right) \end{aligned}$$

que coincide con la corrección (26), calculada por FRESNEL a partir de resultados experimentales, y así en definitiva es:

$$u_{c/n} = \frac{c}{n} + u \left(1 - \frac{1}{n^2} \right)$$

que es lo que se trataba de probar⁸⁸.

⁸⁸ Vid. M.: BERTIN, J. P. FAROUX, J. RENAULT. *Electromanétisme* 3. p. 127. Ed. Dunod. París. 1979.

b) Aberración de las estrellas. Si θ es el ángulo que forma la luz procedente de una estrella con el plano orbital terrestre, la mecánica clásica (supuesto el referencial (R) de COPÉRNICO) (ver Fig. 3) nos da:

$$\mathbf{c} = [u_x = -c \cos\theta, \quad u_y = -c \operatorname{sen}\theta, \quad u_z] = \mathbf{0}$$

y por suma vectorial de velocidades resulta:

$$\mathbf{c}' = \mathbf{c} - \mathbf{u}$$

siendo \mathbf{c}' la velocidad en (R') fijo al baricentro de la Tierra (para mayor sencillez suponemos los instantes en que \mathbf{u} es paralela al eje OX de COPÉRNICO en los puntos T_1 y T_2 de su órbita coincidentes con OZ). Las componentes de la velocidad de la luz en (R') son pues:

$$u_x' = -c \cos\theta - u, \quad u_y' = -c \operatorname{sen}\theta, \quad u_z' = 0$$

y la dirección de observación desde la Tierra será:

$$\operatorname{tg}\theta' = u_y'/u_x' = \operatorname{sen}\theta/(\cos\theta + u/c)$$

Al cabo de seis meses la Tierra, inicialmente en T_1 , estará en T_2 , y se cambia \mathbf{u} en $-\mathbf{u}$, modificándose la dirección de observación (ver Fig. 3). El cálculo se corresponde bien con las observaciones experimentales. Esto es un argumento en favor de la existencia del *substrato absoluto* respecto al que la luz se propaga con velocidad constante c . Los cálculos relativistas dan:

$$\operatorname{tg}\theta_R' = \operatorname{tg}\theta'/\gamma \quad \text{con} \quad \gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

pero, dado que $u/c \approx 10^{-4}$, resulta imposible detectar la diferencia. Desde el punto de vista de nuestra teoría, nos podemos quedar con la expresión clásica, puesto que interpreta correctamente el fenómeno. La interpretación relativista significa que:

$$u_x^2 + u_y^2 = u_x'^2 + u_y'^2 = c^2$$

que no es compatible con nuestra exposición⁸⁹.

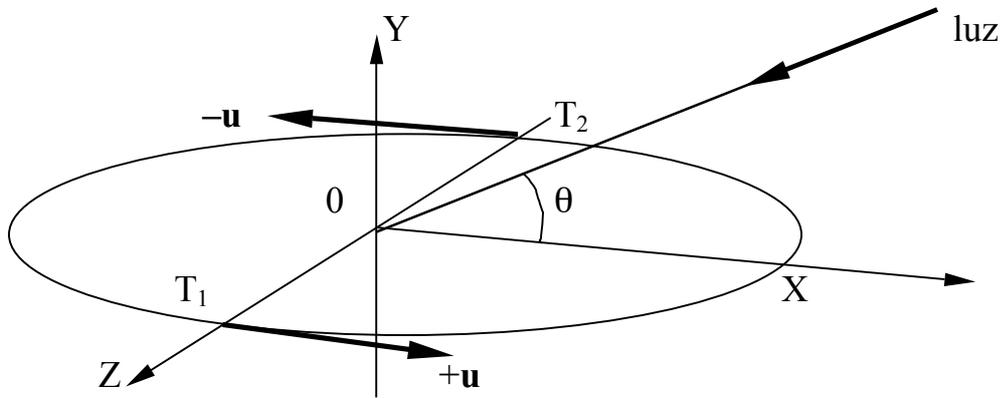


Fig. 3

11. CONCLUSIÓN FINAL. En esta exposición de la que hemos venido en llamar *Dinámica Absoluta* –aplicada a los problemas clásicos más conocidos– nuestro intento ha sido mostrar la posibilidad de dar solución correcta a los mismos sin acudir a consideraciones relativistas, cuyas dificultades ya se expusieron al comienzo de este trabajo. Evidentemente no se trata de una Dinámica completa, que abarque todos problemas de la Mecánica, sino solamente aquellos a los que puede afectar la referencia a un *substrato cosmológico absoluto*.

⁸⁹ *Ibidem.* p. 127.

© n° 33837 13-04-1999

Juan RIUS – CAMPS

Doctor Arquitecto,
Profesor de la UNIVERSIDAD DE NAVARRA (1967 - 1978),
Miembro de la REAL SOCIEDAD ESPAÑOLA DE FISICA.

Dirección:
Gran Vía de Carlos III, 59, 2º, 4ª
08028 BARCELONA

E – mail: john@irreversiblesystems.com
Página WEB irreversiblesystems.com

Teléfono: 933 301 069

T. móvil: 659 275 089

BARCELONA, 19 . III . 1999
Revisado, 11 . X . 2009

