

LA GENESIS DE LAS ENTIDADES FISICAS CONCEPTUALES. EJEMPLOS HISTORICOS Y EPISTEMOLOGICOS*

LIVIU SOFONEA

Universidad de Transilvania (Brasov, Rumania)

NICHOLAS IONESCU-PALLAS

Centro Nacional de Física (Bucarest, Rumania)

RESUMEN

En el artículo se analizan las características de la evolución de algunas muy relevantes disciplinas físicas desde el punto de vista físico, histórico y epistemológico. Se insiste en las diferencias esenciales entre la metodología de la física teórica en el siglo XIX y la del siglo XX. Se presentan y analizan algunos ejemplos muy relevantes, como la ley de A. Fresnel de composición de la velocidad de la luz con la velocidad de un fluido a través del cual se propaga la luz y la teoría de la relatividad, la formulación de F. Neumann y J. C. Maxwell de la ley de inducción y la teoría de la relatividad y la electrodinámica de H. Helmholtz y la teoría de la relatividad.

ABSTRACT

In this paper the characteristics of the evolution of some very relevant physical disciplines are analysed from the physical, historical and epistemological point of view. The essential differences between the methodology of theoretical physics in the 19th and 20th centuries are emphasized. Some very relevant examples are presented and analysed: A. Fresnel's law of composition of the speed of light with the speed of a flowing fluid through which the light propagates, and the theory of relativity; F. Neumann's and J. C. Maxwell's formulation of the induction law and the theory of relativity; and H. Helmholtz's electrodynamics and the theory of relativity.

* Versión castellana de Esteban Azpeitia.

Se analizan algunos nuevos y originales ejemplos, como la teoría de la relatividad y la mecánica analítica en la formulación de Elie Cartan y la teoría de los cuantos y la mecánica estadística en la formulación de J. V. Gibbs. Con algunas conclusiones epistemológicas, metodológicas e históricas finaliza el artículo.

Some new, original examples are analysed: the theory of relativity and analytical mechanics in Elie Cartan's formulation; the theory of quanta and the statistical mechanics in the formulation of J. V. Gibbs. Some general epistemological, methodological and historical conclusions are drawn.

Palabras clave: Física teórica, Siglo XIX, Siglo XX, Epistemología.

1. La evolución de las disciplinas físicas¹, ϕ^i , no sigue siempre un curso estrictamente lógico, determinado por la exploración del conocimiento acumulado hasta la deducción de las últimas consecuencias no contradictorias.

La situación habitual es que la acumulación de datos empíricos determina la formulación de una nueva teoría de los fenómenos físicos sólo cuando la cantidad de información ha sobrepasado (con mucho) el límite requerido para inferir las nuevas leyes que se buscan, o se suponen.

La razón de esta extraordinaria redundancia -característica del siglo XIX, pero mucho menos característica del siglo XX- reside, en gran medida, en el hecho de que los científicos no alcanzaban a comprender la contradicción entre los nuevos fenómenos y el marco teórico existente, para poder así explicarlos una vez que tales contradicciones fueran evidentes. Ni siquiera se daban cuenta de que, en muchos casos, estaban descubriendo leyes que estaban en conflicto con otras leyes correspondientes a otras disciplinas físicas, puesto que no establecían comparaciones que pudieran incluir los fenómenos físicos en una visión unificada.

La física, ϕ , investigaba en compartimentos separados, ϕ^i , poco relacionados entre sí, y la confianza en los principios universales de la mecánica², ϕ^M , (que podrían haber suministrado un marco a los métodos cuantitativos para evitar contradicciones y alcanzar una mayor síntesis), era muy débil [1][7].

Ejemplo 1. La ley de Fresnel de la composición de la velocidad de la luz con la velocidad de un fluido a través del cual se propaga la luz y la teoría de la relatividad.

Recientemente (alrededor de 1970)³ Costa de Beauregard ha observado que la famosa fórmula de Augustin Fresnel, ϕ_F^E establecida en el marco de la teoría clásica del éter, ϕ^E , que da la ley de composición de la velocidad de la luz con la velocidad de un fluido a través del cual se propaga la luz, conduce, por medio de una apropiada interpretación mecánica, a las transformaciones relativistas de inercia establecidas por Lorentz y Einstein e, implícitamente, a la mecánica relativista ϕ^R [2][13].

Ejemplo 2. La formulación de la ley de inducción por Neumann y Maxwell y la teoría de la relatividad.

Frantz Neumann y James Clark Maxwell, seguidores de Michael Faraday, pudieron haber observado que la ley de inducción, ϕ_F^E (tal y como estaba formulada), infringía el principio de inercia clásico en lo que concierne a la propiedad de traslación de la composición de movimientos⁴. Si el espíritu de la especulación teórica se hubiera desarrollado de algún modo, y si hubiera habido un intercambio de información más activo entre los matemáticos y los físicos, habrían visto que para superar la dificultad conceptual respectiva la solución matemática existente a su disposición era la de Plücker y Cayley: bastaba adaptar al problema físico [13][2][6][8].

Por esta vía también habrían llegado⁵ a la formulación de la mecánica relativista, ϕ^R , a principios de la octava década del siglo pasado.

Ejemplo 3. La electrodinámica de Helmholtz y la teoría de la relatividad.

En la octava década del siglo pasado, Hermann von Helmholtz, profundizando en el problema de la interacción entre corrientes eléctricas (problema iniciado por André Marie Ampère), ϕ_A^E , estuvo muy próximo al descubrimiento de la teoría de la relatividad (a poder considerarla), sin imaginárselo siquiera. Se habría podido plantear el problema de hasta qué punto su teoría aseguraba la inercialidad del centro de masas⁶ de un agregado electrodinámico de cuerpos puntuales evolucionando bajo la acción exclusiva de su atracción recíproca y habría llegado a una contradicción, cuya eliminación le habría conducido, necesariamente, a la formulación de la mecánica relativista, ϕ^R .

Metodológicamente, esta vía habría sido diferente del enfoque de Einstein; se habría tratado, sin embargo, de un procedimiento muy próximo al que ha

sido desarrollado en época más reciente por Octav Onicescu: este procedimiento (metodología) se denomina *mecánica invariante* (metodología mecánica) [3][6][10][11].

2. Los tres ejemplos podrían haber constituido direcciones a través de las cuales la física, ϕ , podría haber llevado a cabo la gran transición del marco newtoniano, ϕ_N^M , al presentado por Einstein para los conceptos fundamentales de espacio, tiempo, inercia y movimiento, ϕ_E^R . Hemos subrayado varias veces el determinante mecánico, pero esto no debería suscitar dudas. No nos estamos refiriendo a la creación de modelos mecánicos ϕ^{mod} para los fenómenos físicos, complejos en su naturaleza y estructura, sino al cumplimiento de leyes universales (como la conservación de la energía de los momentos lineal y angular; el movimiento global -es decir, el movimiento del centro de inercia- debe obedecer al principio de inercia), es decir, leyes naturales para un sistema mecánico aislado, ϕ^M .

Desde un punto de vista filosófico estas condiciones reflejan el hecho de que el movimiento mecánico⁷ participa, como *factor común*, de todas las formas superiores del movimiento de materia.

El análisis de la evolución de la física en la segunda mitad del siglo XIX pone de relieve dos datos básicos:

a) No se comprendía claramente que el cumplimiento de los principios universales de la mecánica, ϕ^M , fuera un requisito perentorio, del que ningún fenómeno natural podía liberarse, y que si cualesquiera fenómenos parecían invalidar cualquiera de estos principios, ϕ^M , la *responsabilidad* debía achacarse a lo incompleto del conocimiento de estos fenómenos y de ningún modo a los propios principios⁸.

b) Los fenómenos naturales no se contemplaban en su unidad dialéctica necesaria: no siempre se suponía que la formulación de una ley -que se adhiriera a los hechos recopilados en un cierto dominio de la física- estaba obligatoriamente sometida a finos ajustes, insignificantes para el dominio respectivo, ϕ^i , pero esenciales para prevenir contradicciones sustanciales en otro dominio, ϕ^j , sin conexiones (aparentemente) con el dominio de investigación de partida.

Sin embargo, querríamos evitar algunas confusiones:

a) Cuando hablamos del cumplimiento de algunos principios naturales como, por ejemplo, la conservación de la energía, insistimos en el hecho de que este atributo esencial de la materia⁹ no puede ser ni disminuido ni incrementado en cantidad sin asociar un proceso causal a esta cantidad, es decir, hacia o desde otros cuerpos (i.e., componentes del sistema).

b) Cuando, por el contrario, nos referimos al cumplimiento de este principio natural¹⁰, no consideramos en absoluto una cierta expresión que designaría¹¹ la energía sin tener en cuenta la coyuntura física del sistema¹².

Se hace necesaria, obviamente, una explicación de la gran prodigalidad de posibilidades latentes, no sólo inexploradas sino incluso inadvertidas en su tiempo: ¿de dónde procede esta pluralidad de caminos equivalentes convergente a la misma finalidad de mayor significación, fundamental en la construcción de la física moderna?¹³.

La explicación inmediata, que de algún modo se impone necesariamente, es la siguiente. El resultado del periodo incierto y ambiguo que caracterizó la evolución de la física en el umbral del siglo XX se plasmó hacia mediados de la tercera década en dos prodigiosas síntesis: la teoría de la relatividad, ϕ^R , y la teoría cuántica, ϕ^Q , que proporcionaron a los físicos eficientes instrumentos para obtener una mejor comprensión de la estructura interior de la materia y, a partir de allí, liberar la fantástica energía nuclear.

Pero estas síntesis -de consecuencias inesperadas- no son en realidad más que unas pocas (¡esenciales!) correcciones producidas por:

a) la teoría de la relatividad, ϕ^R (que prohíbe velocidades de cuerpos materiales mayores que la velocidad de la luz en el vacío, c).

b) la mecánica cuántica, ϕ^Q , que no permite a un sistema físico tener una acción mecánica¹⁴ menor que unos ciertos valores determinados por la constante de Max Planck, h .

En consecuencia, la moderna mecánica teórica¹⁵, $\phi^{R,Q}$, contiene en su formulación -en cuanto distinta de la llamada mecánica clásica, ϕ^M , heredada de Newton¹⁶, Lagrange, Hamilton y Jacobi¹⁷- dos constantes universales con dimensiones físicas; a saber, de velocidad y, respectivamente, de acción (c , h), cuyos valores no dependen del sistema inercial de coordenadas adoptado para la investigación de los fenómenos físicos.

Por otro lado, la mecánica teórica, ϕ^M (véase nota 2), es -como se ha subrayado anteriormente- un marco universal, que asocia necesariamente a cualquier sistema físico material¹⁸ algunos conceptos irreducibles en cuyos términos se lleva a cabo la descripción física. De hecho, la descripción física implica algunos conceptos mecánicos, que son los mismos independientemente de las particularidades del sistema material examinado, y algunos conceptos específicos¹⁹ que dan al respectivo sistema su carácter individual y lo colocan en una de las disciplinas físicas existentes, ϕ^j .

Una vez que los principios fundamentales de la mecánica (véase nota 2) deben ser refundados²⁰ para que la mecánica teórica²¹ contenga -en su formulación más correcta- las dos constantes universales, la velocidad de la luz en el vacío (c), y el cuanto de acción de Planck mínimo (h), puede asumirse que podríamos extraer la conclusión de la existencia de estas constantes (¡e incluso determinarlas cuantitativamente!) a partir de fenómenos que, a primera vista, parecen no ofrecer tal oportunidad.

3. Como se sabe, el itinerario histórico a través del cual se formularon la teoría de la relatividad, ϕ^R , y la teoría cuántica, ϕ^Q , exploró algunas interesantes contradicciones aparecidas en la electrodinámica de medios en movimiento, $\phi^{E.mov}$, y respectivamente en la teoría de la radiación térmica, ϕ^{Th} .

Aplicando la forma de razonamiento específica de la ciencia de nuestro siglo -esto es, el considerar todos los fenómenos en su correlación necesaria²²-, apoyada, en el caso de los fenómenos físicos, por los principios universales de la mecánica (véase la nota 21), puede demostrarse, por ejemplo, que:

a) la teoría de la relatividad, ϕ^R , emerge (completamente y en forma no contradictoria) de la mecánica analítica en la formulación de Elie Cartan, ϕ_C^M .

b) la teoría cuántica, ϕ^Q , emerge (completamente y en forma no contradictoria) de la física estadística en la formulación de Josiah Willard Gibbs, ϕ_G^{St} .

En ambos casos, la contradicción latente (la insuficiencia) de las teorías clásicas, que debe ser *detectada* y resuelta, es que se infrinje el principio de la dimensionalidad física²³.

La relación tan inesperada entre la consolidación de unos nuevos dominios de la física -ambos de inestimable importancia- y un principio considerado en gran medida como menor [9] -y usado, a lo más, para explorar las soluciones de algunos tipos de ecuaciones en derivadas parciales²⁴- no debería ser del todo una sorpresa. Después de todo, las dos constantes que se consideran tienen dimensiones físicas y, de hecho, debían intervenir (obligatoriamente, con toda su autoridad ontológica) cuando se descubre una frustración del principio de dimensionalidad²⁵.

La formulación correcta de las teorías debe ser compatible con las dimensiones físicas de las constantes.

a) Consideremos primero el invariante del movimiento de Elie Cartan.

La dimensionalidad física de sus elementos infinitesimales es diferente; y también lo es la dimensionalidad física de sus elementos finitos.

$$I^c \equiv \Omega_\delta = \mathcal{H} \delta t - \vec{p} \delta \vec{r} \quad (1)$$

$$\mathcal{H} \equiv E \quad (1)$$

(donde E es la energía (un escalar), \vec{p} el momento lineal (un vector), $\delta \vec{r}$ la variación infinitesimal de la coordenada posicional de un punto material, δt la variación infinitesimal de la coordenada temporal de un punto material).

Pero la inserción de una única constante²⁶, con dimensión de velocidad, c , conduce a una notable homogeneización²⁷.

$$\Omega_\delta = \mathcal{H} \delta t - (c \vec{p}) (\delta \vec{r} / c) \quad (2)$$

Pero por medio de esta²⁸ modificación -que, de hecho, cuantitativamente no cambia nada en la expresión (1)- se ha dado un gran salto cualitativo, puesto que la expresión (2) puede interpretarse entonces (véase nota 27) como un producto escalar de dos vectores en un *espacio* (formal) métrico de cuatro dimensiones (pseudo-euclideo/fenómeno-lógico)²⁹, cuya métrica es:

$$(dS)^2 = (dt)^2 - \frac{1}{c^2} [(dx)^2 + (dy)^2 + (dz)^2] \quad (3)$$

Si entre finales del siglo pasado y principios de nuestro siglo los físicos hubieran tenido la imaginación para pasar de la expresión (1) a la expresión (2), habrían obtenido fácilmente la forma cuadrática (3), que podría haber sido explotada apoyándose en la geometría de Plücker y Cayley [8] para deducir sistemáticamente todas las consecuencias conocidas actualmente en la teoría de la relatividad restringida, ϕ^R .

Hubieran tenido, obviamente, un soporte experimental amplio, en primer lugar, para poner de acuerdo el fenómeno de inducción, ϕ^E , con el principio de inercia, ϕ^M , y más adelante para la síntesis de los fenómenos ópticos, ϕ^O , y electrodinámicos, ϕ^E , etc.

Debe mencionarse que Octav Onicescu fue el primero en partir del invariante de Elie Cartan para re/construir la mecánica analítica de altas velocidades [3][10][11].

Desde el punto de vista filosófico, cabría hacer aquí una especificación: podría parecer que pasando de la expresión (1) a la expresión (2) se hace un salto cualitativo sin que esté implicada una acumulación cuantitativa que constituiría el soporte de este paso. En realidad las cosas no son así exactamente, ya que la exploración de las consecuencias que se deducen de la expresión (2), en conjunción con el principio de inercia, imponen una estructura de la función $\mathcal{H} \equiv E$ (energía) tal que su expresión deja de parecerse a la expresión que aparece en la mecánica de Newton, ϕ_N^M , y en la de Lagrange, ϕ_L^M (se llega a la relación de Einstein entre masa y energía: $E = mc^2$; ϕ^R) [3].

La acumulación cuantitativa consiste aquí en la total aceptación de todas las consecuencias³⁰ -que se deducen de la interpretación geométrica del invariante, después de haberlo puesto en acuerdo con el principio de dimensionalidad física³¹-, que son probadas, a posteriori, en el terreno de los hechos experimentales.

Pasemos ahora al problema de la otra constante fundamental, la constante h de Planck. Usando el mismo procedimiento que en el caso de la constante c de Einstein, tendríamos que descubrir una infracción del principio de dimensionalidad física en la fórmula clásica de una ley de la teoría, que requiriera para ser remediada la inserción de una constante con dimensiones físicas de acción; y de modo que a continuación se asumiese el riesgo de

aceptar todas las consecuencias, bajo beneficio de inventario de un tratamiento empírico a posteriori.

La oportunidad la proporciona la ecuación fundamental de la mecánica estadística de Gibb, $\phi_G^{St.}$, escrita para un gas ideal:

$$e^{-\frac{F}{KT}} = \int e^{-\frac{E}{KT}} \frac{d\Gamma}{n! h_0^{3n}} \quad (4)$$

donde n es el número de partículas de gas, $d\Gamma$ el elemento de hipervolumen del espacio fase, F la energía libre y E la energía interna. La constante h_0 tiene dimensión física de acción, y se requiere su presencia por la necesidad de satisfacer el principio de dimensionalidad física. Su valor numérico está bien determinado como resultado del hecho de que la entropía está normada, de acuerdo con el tercer principio de la termodinámica³², ϕ^{Th} [2].

La constante h_0 está implicada también, necesariamente, en la relación de Boltzmann, $\phi_B^{St.}$, que relaciona la entropía S con la probabilidad termodinámica Π :

$$S = K \ln \Pi \quad (5)$$

$$S = K \ln \left\{ \frac{\Gamma}{n! h_0^{3n}} \right\} \quad (5)$$

El significado físico de h_0 es el de límite más bajo de la acción mecánica de una partícula³³.

Ateniéndonos a esta conclusión, se puede demostrar que la existencia de un límite más bajo distinto de cero para la acción implica reemplazar la ecuación en derivadas parciales de primer orden de Hamilton-Jacobi por una ecuación en derivadas parciales de segundo orden, que es justamente la ecuación de ondas relativista, ϕ^Q , de E. Schrodinger, O. Klein y L. de Broglie [4].

La emergencia de la mecánica cuántica a partir la mecánica estadística resulta así transparente.

4. Los ejemplos dados anteriormente -que históricamente no existen pero podrían haber tenido lugar (!!!)- prueban que, en definitiva, no es siempre necesario hacer experimentos para la aparición de importantes contradicciones, y que puede ser mucho más útil ahorrar material y esfuerzos humanos; sin embargo se debe prestar particular atención al hecho de que las contradicciones en las verdades ya sintetizadas en principios con una amplia área de aplicación³⁴ no deberían existir. Usando una formulación moderna, se debería requerir la autoconsistencia del marco axiomático de la ciencia.

Esta verdad -todavía no evidente para la forma de razonamiento del siglo XIX, pero obvia para la forma de razonamiento del siglo XX-, que muestra un gran paso dialéctico, está hoy en día a disposición de los teóricos, que, justificadamente, la consideran como un principio de la ciencia en pie de igualdad con otros principios de la experiencia directa (canal de filiación empírica) [9]. La investigación en los dominios límite de la física, ϕ^i , tiene a su disposición nuevos medios de orientación, ϕ^{orient} , que permiten una relativa separación de la experiencia directa, un alejamiento de algunas verdades conocidas, ϕ^{known} , apoyándose en lo desconocido, ϕ^{new} ; estos medios de orientación deben sugerir, por sí mismos, dónde la experiencia debe certificar o invalidar las nuevas leyes que se presumen.

Obviamente, no siempre los cambios son prometedores; pero las situaciones en las que, procediendo de esta manera, se han descubierto nuevas y profundas verdades de la materia son impresionantes.

Como se sabe, el primer gran teórico moderno fue Albert Einstein. Este científico desarrolló la teoría relativista de la gravedad, $\phi^{G,R}$, teniendo a su disposición muy pocos datos empíricos; pero estaba particularmente interesado en el marco axiomático de esta teoría. La teoría se mostró plenamente satisfactoria y predijo efectos físicos que pudieron ser probados con exactitud.

La misma forma de razonamiento fue usada por el científico rumano Alexandru Proca, que descubrió/estableció la teoría del *mesón* [12].

Obviamente, tales ejemplos (y sus sonoros éxitos) hicieron confiar a los físicos en principios muy abstractos, pero extremadamente generales³⁵, en los que buscar su motivación principal y que poder aplicar en circunstancias cada vez más complejas.

La multitud de nuevos conceptos y teorías, sustentada con el espectacular desarrollo de modernas posibilidades, han determinado el presente estado de

precaución. Una vez más subrayamos el cambio de actitud en la manera de mirar la naturaleza, cambio en el que la unidad del mundo físico no es sólo una verdad que define una posición filosófica, sino más todavía una verdad que ofrece prometedoras perspectivas y sugiere nuevas formas de aproximación a la naturaleza.

NOTAS

1 Esto es, el proceso (histórico) en el que la introducción de una nueva aserción con contenido físico se traduce en un avance en el conocimiento de la naturaleza: la motivación (histórica) de la inserción de nuevos elementos con una función axiomática y conceptual es muy importante (e incluso decisiva).

2 Esto es, la física fundamental: la ciencia del movimiento (*scientia motu: ϕ^M*).

3 Esto es, mucho tiempo después de la creación por Einstein de la teoría de la relatividad, ϕ^R .

4 La expresión de la ley de inducción no depende de la corriente relativa $I_2 - I_1$ (composición de movimientos clásica) sino del producto de corrientes $I_1 I_2$, y de los productos $I_1 r$, $I_2 r$; esto es, una composición de movimientos no clásica.

5 Habrían llegado a su consideración.

6 Una tesis fundamental (i.e. obligatoria) de la mecánica (ciencia del movimiento).

7 El movimiento *geométrico*, esto es, el puro desplazamiento en el espacio y el tiempo de un punto geométrico/material, es el más simple; pero no es *stricto sensu* un movimiento físico, ϕ^{geom} ; el más simple (i.e., el movimiento físico fundamental) es el movimiento mecánico, caracterizado por el espacio-tiempo, la masa, la fuerza, la energía, los momentos [i.e., las interacciones no son consideradas en detalle; este movimiento es general (básico)]; el térmico, el electromagnético son movimientos más complicados.

8 De una mecánica adecuada (revisada).

9 La energía es la capacidad de la materia de producir movimiento.

10 Una ley de la naturaleza, i.e. del movimiento mecánico, ϕ^M , enunciada. También una ley del movimiento físico (no sólo materia mecánica). Véase nota 9.

11 Expresando el contenido físico y formas del principio (véanse notas 9 y 10).

12 La energía (inclusive la de un sistema holónomo de puntos como cuerpos) ha sido explicada (históricamente) por medio de expresiones sensiblemente diferentes (dependientes de la velocidad de las partículas; o de la cantidad de acción; que determina (o no) la *elementariedad* de los sistemas mecánicos (véase nota 10) y prescribe una, eventual, ley cuántica).

13 La convergencia se refiere, obviamente, a las reconstrucciones a posteriori, llevadas a cabo al observar este aspecto de no-unicidad del proceso concreto de conocimiento.

14 Energía x Tiempo.

15 Ciencias del movimiento: *scientiae motu*.

16 Es decir, los *Principia*: ϕ_N^M .

17 Es decir, la *Mecánica analítica*: $\phi_{L, H, J, C}^M$.

18 Sistema mecánico puro/sistema mecánico no puro.

19 Inducción, aleatoriedad, etc.

20 Bajo una forma, u otra, y aplicados así a cualquier fenómeno físico concreto.

21 La revisada/adeuada. Véase nota 2.

22 Más *holística*: tiene en cuenta la *formae mentis* que refleja/expresa *in mente* la *formae/aesentiae* del fenómeno.

23 De este modo es necesario/era necesario determinar/encontrar esta insuficiencia, y expresar las dos teorías en una forma correcta en la que este principio sea respetado.

24 No es sólo un principio formal o una recomendación; es un principio guía del pensamiento físico (*principe moniteur*) que expresa también el *ontos* (la existencia real de los objetos físicos).

25 Es decir, generado/determinado precisamente por las dimensiones físicas de las constantes [números físicos, y no sólo números matemáticos; es decir, son objetos del mundo de los objetos físicos (*rerum materium*), no sólo objetos del mundo matemático puro (*arimos*)].

26 Que obligatoriamente tiene esta dimensión.

27 Que es un punto de vista unificado (recomendado física y filosóficamente).

28 Compatible y recomendable con el principio de dimensionalidad física (homogeneización dimensional: i.e. es del orden de la dimensionalidad física).

29 El continuo espacio-tiempo 4-dimensional: el universo/mundo *geométrico*-físico en que se sitúan los movimientos de los objetos físicos.

30 Consecuencias aceptadas bajo *beneficium inventarii*.

31 Véanse notas 27 y 28.

32 Se puede también intentar estimar el valor numérico de esta constante por medida del calor latente de sublimación para diferentes sustancias (cristales). El valor obtenido por nosotros está en excelente conformidad con el valor obtenido sobre la base de las consideraciones cuánticas [5].

Gas

Argón 6, 67.10^{-27} erg.s

Cadmio 6, 60.10^{-27} erg.s

Neón 6, 58.10^{-27} erg.s

Mercurio 6, 71.10^{-27} erg.s

Plomo 6, 38.10^{-27} erg.s

Valor medio: $\bar{h}_0 = (6,60 \pm 0,09).10^{-27}$ erg.s

Valor espectroscópico: h_0 (Planck) = $6,62.10^{-27}$ erg.s

33 La dimensión del elemento de hiper-volumen del espacio fase $d\Gamma$ es la de una acción (energía x tiempo); el logaritmo natural se refiere a un número adimensional. El exponente de E es un número.

34 Como mínima acción, análisis dimensional, varias propiedades de simetría.

35 Véase la nota anterior.

BIBLIOGRAFIA

1 IONESCU-PALLAS, N., SOFONEA, L. (1979) "Génesis de las entidades físicas. Ejemplos históricos y modeladores" (en rumano). *Revista de Filozofie* (Bucarest), 26 (3), 353-357.

2 IONESCU-PALLAS, N. (1976) *Elementos de teoría de la electricidad, del magnetismo y de la luz* (en rumano). Bucarest, Centro Nacional de Física. (1973) *Elementos de termodinámica y física estadística* (en rumano). Bucarest, Centro Nacional de Física.

3 ONICESCU, O. (1982) *Invariantive Mechanics*. Viena, Springer Verlag.

4 SOFONEA, L., IONESCU-PALLAS, N. (1991) "The fundamental constants of physics, relevant marks of the historical evolution of scientific thought". *Noesis* (Editura Academiei Române, Bucarest), 13, en prensa.

5 SOFONEA, L., IONESCU-PALLAS, N. (1989) "The fundamental constants of nature and the periods of the history of Physics. Basical items". In: F. Kraft, C. Scriba, *XVIIIth International Congress of History of Science. Abstracts*. Hamburgo/Munich, IUHPS/DHS, R3, 22.

6 SOFONEA, L., IONESCU-PALLAS, N. (1980) "New connections between Mechanics and Electrodynamics". *Noesis* (Editura Academiei Române, Bucarest), 11, 245-259.

7 SOFONEA, L., IONESCU-PALLAS, N. (1979) "The mansideness of the scientific approach". *Noesis* (Editura Academiei Române, Bucarest), 5, 167-178.

8 SOFONEA, L., IONESCU-PALLAS, N. (1981), "Géométries non-classiques et pré-relativistes capables de décrire la phénoménalité relativiste". In: *Annal. Scient. Univ. Al. I. Cuza, Iassy*, sect. Physique, 29-36.

9 SOFONEA, L. (1978) "Principles qualitatives de la pensée de la physique moderne". In: *Colloque International "Language et Pensée Mathématique"*. Luxemburgo, 82-97.

10 SOFONEA, L. (1973) *Contribuciones al estudio de la "Mecánica invariantiva"*. Tesis doctoral en física teórica, Universidad Babes-Bolyai, Cluj Napoca, 189 pp.

11 SOFONEA, L. (1971) *Principios de invarianza en la teoría del movimiento* (en rumano). Bucarest, Academia Rumana.

12 TORO, T. (1979) "Alexandru Proca and the quantum theory of the nucleus". *Noesis*, 12, 130-141.

13 WHITTAKER, E. (1953) *History of the Theories of Aether and Electromagnetism*. Londres, Nelson, 2 vol.