

DINÂMICA RELATIVISTA: FÍSICA E FILOSOFIA

Ramiro DÉLIO BORGES DE MENESES

*Professor Adjunto do Instituto Politécnico do Norte-Gandra e
Famalicão-PORTUGAL*

SUMMARY. Energy and mass are generally interpreted as different properties of matter, for instance: the energy of a particle is generally interpreted as a measure of its capacity to do work.

The law of the equivalence of mass and energy does not imply that mass is sometimes converted into energy or vice versa, but states that the changes in one are accompanied by corresponding changes in the other, inertial mass and energy being proportional to each other: $E = m \cdot c^2$. The law of conservation of mass is, therefore, equivalent to the law of conservation of energy and they are sometimes combined together and called the law of conservation of mass-energy.

The proportionality between the relativistic mass and energy leads to the fact that the statement on the conservation of the total relativistic mass of particles is the statement on the conservation of the total energy using the relation between the relativistic mass and energy.

Accordingly we can analyse the philosophical reasons of the relativistic dynamic. But this examination implicates a review on the causality principle, because we aspire to the new philosophical contained for the relativistic arguments.~

KEY WORDS: Dynamic,relativistic sense,conservation's law of physics,ontologic aspect,and gnoseological formulation.

Introdução

A primeira inferência de Einstein sobre as relações entre massa e energia poderá modificar-se, atendendo ao sinal luminoso isotrópico, em vez de se considerar dois raios luminosos. Desta sorte, saliente-se que se estrutura uma «gedankenexperiment» na linha da aberração luminosa. Todavia, negligenciando esta propriedade óptica, não determinaríamos o grupo de transformação de Lorentz sobre a energia do sinal luminoso na sua formulação correcta, caracterizando um limite à Dinâmica Relativista.

Porém, a «gedankenexperiment» mostra que Einstein não teve necessidade de referir o efeito da aberração na sua crítica. De acordo com a Relatividade Especial, verifica-se *per se* o efeito da aberração numa versão generalizada da «gedankenexperiment», segundo a radiação isotrópica num sistema inercial.

Considerando apropriadamente dois raios luminosos, Einstein obteve dois objectivos; por um lado, um corpo qualquer não sofre mudança de velocidade, em virtude da emissão do sinal luminoso, e, por outro, o efeito da aberração será levado em conta.

A dedução einsteiniana é válida relativamente à radiação isotrópica, de tal forma que o conjunto de raios definidos opostamente implicarão todas as direcções de radiação isotrópica.¹

Se a aberração luminosa é negligenciada para uma radiação isotrópica, então seguir-se-á a equação seguinte:

$$K_0 - K_1 = -1/2 (L/c^2) v^2$$

Tal inferência determina um resultado paradoxal, segundo o qual a energia cinética aumenta devido à emissão do sinal luminoso, mantendo-se a velocidade «constante».

¹ Groen, O. – *A modification of Einstein's first deduction of the inertia-energy relationship*, in «European Journal of Physics», 8, Bristol, 1987, 25-26.

O efeito Doppler e a aberração actuam conjuntamente, induzindo a transformação correcta da energia de radiação, como Einstein demonstrou, em 1905, através da relação fundamental entre massa e energia: $E_c = m c^2$.

Atendendo à equação do efeito Doppler, a frequência de radiação emitida na direcção θ' , e observada em I' , será: $\nu' = \gamma^{-1} (1 - \beta \cos \theta')^{-1}$. Mas, referindo dois fotões, que se movem em sentido oposto, no sistema inercial I' , a frequência aleatória dos mesmos será respectivamente:

$$\nu'_{av} = 1/2 \gamma^{-1} [(1 - \beta \cos \theta')^{-1} + (1 + \beta \cos \theta')^{-1}] \nu = \gamma^{-1} (1 - \beta^2 \cos^2 \theta')^{-1} \nu$$

A anterior equação mostra-nos que a «average frequency» de dois fotões, movimentando-se opostamente, depende da direcção θ' . Contudo, a energia de radiação total medida em I será:

$$L = \int_0^\pi N h \nu \cdot dA$$

A energia de radiação (dL'), passando através de uma área infinitamente pequena dA' , observa-se em I' , como se verifica pelo seguinte enunciado: $dL' = h\nu' N' dA'$. Porém, a conexão, entre θ e θ' , é concretizada pela equação da observação relativística:

$$\cos \theta' = (\cos \theta + \beta) / (1 + \beta \cos \theta)$$

Na verdade, relacionando as anteriores equações, obteremos:

$$dL' = 2 \pi r^2 N h \nu \gamma^{-3} (1 - \beta \cos \theta')^{-3} \sin \theta' d\theta'$$

Fazendo uso de $\int_0^\pi (1 - \beta \cos \theta')^{-3} \sin \theta' d\theta' = 2$,⁴ encontraremos o seguinte valor para a energia total da radiação, tal como é medido pelos detectores, no sistema inercial I' :

² Muirhead, H. – *The special Theory of Relativity*, London, Macmillan, 1973, 72-74.

$$L' = \int_0^{\pi} dL' = \lambda 4 \pi r^2 N h \nu$$

Se a energia de um corpo, antes de emitido o sinal luminoso, é dada por E_0 em I, então a energia do corpo depois da emissão será: E_1 , satisfazendo o resultado final: $E_0 = E_1 + L$.

De acordo com as medidas em I', estabelecer-se-á que a referida equação energética se define pela seguinte relação:

$$E_0' = E_1' + L' = E_1' + \gamma L$$

Tal inclui, *per accidens*, as energias cinéticas como se pode inferir após integração das respectivas leis:

$$E_0' - E_0 = K_0 + C \quad ; \quad E_1' - E_1 = K_1 + C$$

Contudo, K_0 e K_1 representam as energias cinéticas de um corpo, antes e depois da emissão, sendo C a constante arbitrária de integração. Porém, as anteriores equações permitem estabelecer o resultado final para os valores energéticos:

$$K_0 - K_1 = (\gamma - 1)$$

Mas, para a segunda ordem, em v/c surgirá:

$$K_0 - K_1 = \frac{1}{2} (L/c^2) v^2 \quad ^3$$

1. Teoria físico-matemática da Dinâmica Relativista

1.1.

A lei geral da conexão mássico-energética, tal como Einstein a apresentou para a posterioridade, é a seguinte

$$E_c = m c^2 \text{ ou } \Delta m = \Delta m_0 / [1 - v^2/c^2]^{1/2} = \Delta E/c^2 \cdot (1 - v^2/c^2)^{-1/2}$$

³ Cf. Groen, O. - *Ibidem*, 24-25.

A dedução desta tão célebre equação, muito antes da sua conformação experimental, fora obtida por Einstein e P. Langevin, respectivamente. Esta nova lei relativista é uma consequência da lei causal do movimento: $\vec{F} = d\vec{p}/dt$. Assim, $\vec{p} = m \cdot u \cdot \vec{v}$, transformar-se-á em: $dE = \vec{F} \cdot d\vec{r} = d\vec{p}/dt \cdot d\vec{r} = d\vec{p} \cdot \vec{v}$.

Mas, partindo de $\vec{p} = m(u) \vec{v}$ que relaciona \vec{p} e \vec{v} , determina-se dE e, usufruindo de uma propriedade do Cálculo Vectorial, evidencia-se o paralelismo entre \vec{p} e \vec{v} , surgindo: $d\vec{p} \vec{v} = \vec{v} d\vec{p}$. Com efeito, o produto escalar da velocidade e da mudança do momento infinitesimal iguala os tempos da velocidade e da mudança, relativamente ao momento cinético. Desta última equação segue-se:

$$dE = \vec{v} \cdot d\vec{p} \quad \text{ou} \quad dE = d\vec{p} \cdot \vec{v} = \vec{v} d\vec{p}$$

Se o momento não muda em grandeza, então não há mudança na energia. Assim, partindo da relação momento-velocidade: $\vec{p} = m \cdot u \cdot (v) \vec{v}$, e generalizando para valores relativos de massa, virá:

$$d\vec{p} = d[m\vec{v}/(1 - v^2/c^2)^{1/2}] = d[m\vec{v}(1 - v^2/c^2)^{-1/2}] = m d\vec{v}(1 - v^2/c^2)^{-1/2}$$

Mas, aplicando em $dE = \vec{v} \cdot d\vec{p}$, obteremos:

$$\begin{aligned} dE &= m \cdot v \cdot d v (1 - v^2/c^2)^{-3/2} = -m c^2/2 (1 - v^2/c^2)^{-3/2} \cdot d(1 - v^2/c^2) = \\ &= m c^2 d[(1 - v^2/c^2)^{-1/2}] = m \cdot c^2 / d(1 - v^2/c^2)^{1/2} = m \cdot c^2 \cdot d u \end{aligned}$$

Todavia, substituindo o valor de u , obtém-se:

$$dE = m \cdot c^2 \cdot (1 - v^2/c^2)^{-1/2}$$

A energia cinética, definida como o incremento de um estado em repouso, exprime-se em função da constante arbitrária de integração:

$$K = \int (1 - v^2/c^2)^{-1/2} - 1; \quad dE = m \cdot c^2 \cdot u - m c^2 = m_0 \cdot c^2 (u - 1)$$

Com o trabalho E , realizado num ponto material ou sistema de pontos materiais, associa-se o incremento da massa inercial (m), proporcional a c^2 , como se infere da integração:

$$\int dE = \int d(m c^2); \quad m E = m c^2 + K; \quad \Delta E = (m - m) c^2 = \Delta m \cdot c^2 \quad ^4$$

A lei geral da energia cinética de uma partícula ou de um sistema de pontos será então:

$$E = m \cdot c^2 / \sqrt{1 - v^2/c^2} = m c^2 / (1 - v^2/c^2)^{1/2} = m c^2 \cdot (1 - v^2/c^2)^{-1/2}$$

Este enunciado mostra que a energia total de uma partícula, segundo a Dinâmica Relativista, em vez de ser nula, sempre que $\vec{v}_2 = 0$, possui valor finito para $\vec{v} = 0$ e determina para valor energético:

$$E_0 = m \cdot c^2$$

De acordo com a integração da anterior equação: $m E = m c^2 + K$, para $K = 0$, teremos a energia em repouso; $E_0 = m_0 \cdot c^2$.

Para um ponto material ou sistema de pontos, conclui-se que $E_c = m c^2$.

Porém, para a energia cinética total, virá:

$$\Delta E = E - E_0 = m_0 c^2 [(1 - v^2/c^2)^{-1/2} - 1] = m_0 c^2 \cdot [(1 - \beta^2)^{-1/2} - 1]; \quad v^2/c^2 = \beta^2 \quad 5$$

1.2.

A fórmula da energia cinética da Dinâmica Clássica é um caso particular da Dinâmica Relativista, como se infere da aplicação do binómio de Newton. Partindo da relação, que traduz a energia cinética relativista, verifica-se:

$$\begin{aligned} E &= m c^2 = m_0 c^2 / (1 - v^2/c^2)^{1/2} = m_0 c^2 / (1 - v^2/c^2)^{-1/2} = \\ &= m_0 c^2 (1^{-1/2} + 1/2 \cdot 1^{-3/4} \cdot 1 \cdot v^2/c^2 + 1/2 \cdot 1/4 \cdot 1^{-5/8} \cdot v^4/c^4 + \dots) = \\ &= m_0 c^2 (1 + 1/2 v^2/c^2 + 1/8 v^4/c^4 + \dots) = m_0 c^2 + 1/2 m_0 c^2 \end{aligned}$$

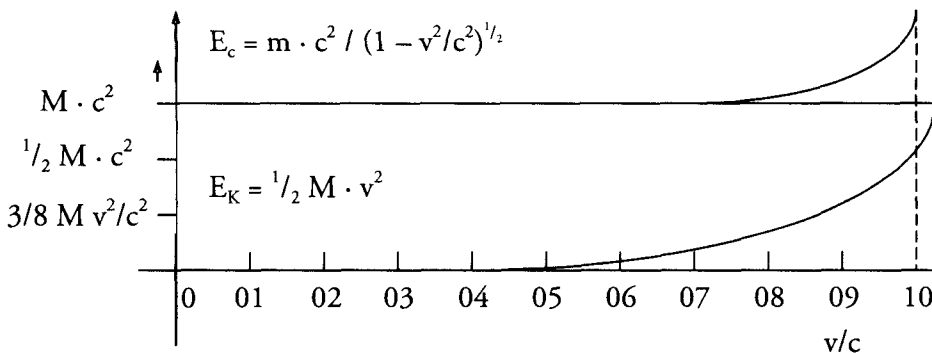
$$v^2/c^2 + 3/8 m_0 c_0^2 v^4/c^4 + \dots) = m_0 c^2 + 1/2 m_0 v^2 + 3/8 m_0 v^4 + \dots$$

⁴ Cf. Sard, R. D. – *Relativistic Mechanics*, New York, W. A Benjamin, 1970, 155-158.

⁵ Pauli, W. – *Collected Scientific Papers*, edited by R. Kronig and V. F. Weisskopf, Volume 1º, New York, John Wiley & Sons, 1964, 136.

Assim, se conclui que $E_c = \frac{1}{2} m v^2$ é isomorfismo da lei mais geral, relativa à formulação apresentada pela Dinâmica Relativista. A. Einstein é explícito quanto ao isomorfismo: $E = m + m/2q^2 + 3/8 m q^4 + \dots$ ⁶

Segundo o binómio de Newton, aplicado à energia $E_c = m c^2$, o primeiro da série representa a energia mecânica dos fenómenos da natureza, significando o segundo termo a força viva da Dinâmica Clássica. Graficamente, o valor da energia cinética das duas mecânicas será:



As energias cinéticas da Dinâmica Relativista e da Mecânica Clássica representam-se, respectivamente em função de v/c . Para $v/c \ll 1$, as curvas da energia cinética (clássica e relativista) possuem formas quase equivalentes, dado que $M c^2 / \sqrt{1 - v^2/c^2} \approx M c^2 + (1/2) M v^2$. Sendo $v/c \approx 1$, a E_c cresce muito mais do que E_k , segundo se verifica pelo gráfico⁷.

Toda a energia comporta uma massa (sendo elevada, esta será pequena). A lei da conservação da massa e da energia, foi professada pela Mecânica Clássica.

Desta feita, surge um único princípio que traduz a equivalência mássico-energética. Assim, salientáramos sob a forma de aforismo: a matéria será energia condensada e a energia será massa transformada!...

⁶ Einstein, A. – *The Meaning of Relativity*, New Jersey, Princeton University Press, 1945, 47.

⁷ Cf. Kittel, Ch., et al. – *Mechanics, Berkeley Physics Course*, Volume 1, New York, Mc-Graw Hill Book Company, 1965, 387.

1.3.

Segundo Einstein, a massa de um corpo é a medida do seu conteúdo energético. Se a energia sofrer uma variação, igual a L , a sua massa implicará, no mesmo sentido, uma variação igual a $L/9 \cdot 1020$, medindo-se a energia em «ergs» e a massa em «gramas»⁸.

Contudo, pela Dinâmica Relativista, a energia do sistema fechado é sempre positiva, contrariando-se o pensamento da Mecânica Clássica, segundo a qual E_c pode ser positiva ou negativa.

Na verdade, a energia cinética interna de qualquer corpo compõe-se de energias próprias das partículas, componentes de massa m_i , bem como da energia cinética e, ainda, da energia de interacção. Por consequência, c^2 não é igual a $m_i c^2$ e então $m \neq m_i$.

Segundo o esquema clássico, a lei da conservação da massa não é válida, porque a massa de um corpo qualquer não é equivalente à soma das massas das partículas, como se afirma e comprova pela estequiometria.

Não obstante, a diferença entre as massas dum corpo composto e a soma das massas dos componentes ($\Delta m = m - m_i$) denomina-se «defeito de massa». Tal como $m \neq m_i$ implica uma inequação, assim também a massa longitudinal é diferente da massa transversal: $m_c \neq m_i$.

A massa longitudinal (contraída) é menor do que a massa transversal, uma vez que implica duas relatividades, respectivamente:

- 1.º em virtude do vector velocidade (\vec{v}), porque este está contido na expressão matemática relativa à dedução dos resultados negativos da experiência de Michelson-Morley;
- 2.º finalmente porque refere a direcção e sentido da massa longitudinal.⁹

⁸ Cf. Lorentz, H. A.; Einstein, A.; Minkowsky, H. – *O Princípio da Relatividade*, tradução de Mário José Saraiva, Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian, 1980, 212-214.

⁹ Cf. Bergmann, P. G. – *Introduction to the Theory of Relativity*, New York, Prentice-Hall, 1946, 23-27.

A massa total, seja a longitudinal seja a transversal, caracteriza-se pelo determinante complexo do Cálculo de Matrizes:

$$M_t = \left(\begin{array}{ccc} m_0 / (1 - v^2 / c^2)^{3/2} & 0 & 0 \\ 0 & m_0 / (1 - v^2 / c^2)^{1/2} & 0 \\ 0 & 0 & m_0 / (1 \dots) \end{array} \right)^{10}$$

Contudo, o formalismo da Relatividade Restrita poderá impor que a energia cinética se transcreve pelo tensor de simetria de 2ª ordem. Todavia, tais factores seriam necessários para se determinar o influxo de T_{ik} , no campo gravítico, como definira E. Mach, sendo-nos facultada, desta forma, a entrada na teoria da relatividade generalizada.¹¹

Porém, partindo dos dados da Dinâmica Relativista, e de forma específica do princípio da conservação mássico-energética, desenvolveu-se nova extensão para a Relatividade Generalizada, sustentada pelo cálculo tensorial nos termos seguintes: $T_{ik} = (p.e) m_i \cdot m-p \cdot g_{ik}$. Esta nova generalização traduz a lei da impulsão-energia da matéria para os corpos macroscópicos.¹²

Contudo, agora não será somente a do ponto material a sofrer novo aperfeiçoamento, tornando as leis covariantes, sob um grupo linear de transformação de coordenadas de Lorentz, mas também a Dinâmica, quer dos sistemas quer dos meios contínuos.

1.4.

A Dinâmica Clássica serve-se do conceito de corpo rígido que, de acordo com a nova mecânica, será impensável.¹³

¹⁰ Cf. Synge, J. L. – *Relativity: The Special Theory*, Amsterdam, North-Holland Publishing Company, 1958, 168-170.

¹¹ Cf. Moeller, C. – *The Theory of Relativity*, Oxford, At the Clarendon Press, 1972, 453-459.

¹² Cf. Landau, L. D.; Lifchitz, E. – *Théorie des Champs*, traduit du russe par E. Glorikhian, Moscou, Éditions Mir, 1970, 355.

¹³ Cf. Hawking, S. W.; Israel, W. – *General Relativity*, London, Cambridge University Press, 1979, 26-39.

Supondo, por conseguinte, que um corpo sólido se põe em movimento, através de uma força exterior, agindo num dos seus pontos, seguir-se-á que um corpo é rígido, colocando-se todos os pontos em movimento, no mesmo intervalo de tempo, relativamente ao ponto de aplicação da força. Se tal não acontecer, o corpo estará sujeito à deformação, seguindo a lei de Hooke: $u_{ik} = dF/ds_{ik}$ ¹⁴.

Mas, a teoria da relatividade restrita exclui a hipótese da propagação instantânea do efeito da força, dado que, num ponto particular, a velocidade se transmite com velocidade finita, de tal forma que todos os pontos não se colocariam em movimento, simultaneamente, em virtude do princípio da relatividade.

Todas as leis generalizadas da Dinâmica implicam o factor de correcção da métrica. Assim, a quantidade de movimento será extensiva a toda a métrica da natureza:

$$d\vec{p} = m d\vec{v} / (1 - v^2/c^2)^{1/2} = m \vec{v} \cdot (1 - v^2/c^2)^{-1/2}$$

Porém, aplicando a operação de passagem ao limite, quando $c = \infty$ ou para pequenas velocidades, ($\vec{v} < c$), surgirá o formalismo da Mecânica Clássica. Em virtude da equação de Newton, a derivada da impulsão relativamente ao tempo é equivalente à força, que se exerce sobre uma partícula, como é dado pela equação: $\vec{F} = d\vec{p}/dt = d/dt (m \vec{v} / \sqrt{1 - v^2/c^2})$. Daqui se infere que: $\vec{F} = m / (1 - v^2/c^2)^{1/2} d\vec{v}/dt + m \vec{v} \vec{v} / c^2 (1 - v^2/c^2)^{3/2} d\vec{v} \cdot d\vec{v}/dt$.

Se \vec{v} não muda sem que se altere a grandeza $d\vec{v}/dt = 0$, F será normal a v , e a sua componente transversal à trajectória implicará: $\vec{F} = m / (1 - v^2/c^2)^{1/2} \cdot d\vec{v}/dt = m d\vec{v}/dt / \sqrt{1 - v^2/c^2}$.

Se, porém, a velocidade não muda de direcção [$d\vec{v}/dt = 0$], então \vec{F} será paralela a \vec{v} , seguindo-se: $\vec{F} = m \vec{v} \vec{v} / c^2 (1 - v^2/c^2)^{3/2} \cdot d\vec{v}/dt$.

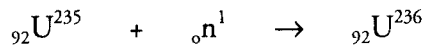
Todavia, o quociente entre a força (\vec{F}) e a aceleração será diferente para os dois casos, nunca tendo a massa transversal e, no outro, a massa longitudinal, respectivamente.

¹⁴ Cf. Tonnelat, M. A. – *Les Principes de la Théorie Electromagnétique et de la Relativité*, Paris, Masson et Cie Éditeurs, 1959, 185-190.

Mas, fazendo $v \rightarrow c$, na equação da força, obteremos o esquetismo clássico: $\vec{F} = m \frac{d\vec{v}}{dt} = m \vec{a}$, constituindo a lei geral e causal do movimento da Mecânica de Newton¹⁵.

2. Confirmação experimental da Energia Cinética

A equação da energia cinética da nova Mecânica recebeu confirmação experimental através das reacções atómicas e pela fusão do Urânio [U^{236}_{92}], como se evidencia na tecnologia da bomba atómica. Explicativamente, verifica-se que o isótopo de U^{236}_{92} captura um neutrão de massa igual à unidade e origina o isótopo de massa «236»: U^{236}_{92} , tal como se sugere na seguinte equação nuclear:

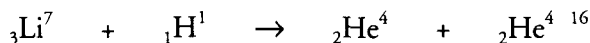


Por seu turno, este desintegra-se, ora num átomo de Kripton, ora num de Xenon. Logo, a massa não se conserva no decurso destas desintegrações nucleares.

A energia disponível, por átomo-grama, será $9.10^{19} \text{g.cm}^2.\text{s}^{-2} = 9.10^{12} \text{ergs}$. Convertendo-se, com efeito, num quilograma de Urânio, por fusão, virá $(1.000/235) 9.10^{12} = 38.10^{12} / (4,2.10^3).10^{10}$ calorías.

A energia total de uma partícula móvel será: $E = mc^2 / (1-v^2/c^2)^{1/2} < \infty$, tal como o cálculo das transmutações nucleares o confirmara, usando-se fotografias da câmara de Wilson.

Rutherford *et aliteri*, bombardeando o Li_3 com protões, obtiveram dois núcleos de ${}^4_2\text{He}$:



¹⁵ Cf. Landau, L. D.; Lifchitz, E. – *Theory of Elasticity*, translated from the russian by J. R. Sykes and W. H. Reid, London, Pergamon Press, 1959, 10-12.

¹⁶ Ander, P.; Sonessa, A. J. – *Principles of Chemistry*, An Introduction to Theoretical Concepts, New York, The Macmillan Company, 1969, 720-724.

Não obstante, usando o espectómetro de massa de Aston e pesando as quatro partículas do átomo de ${}^4_2\text{He}$, surgiria pela aritmética: $1,0081 + 2 \cdot 1,00893 = 4,0341$. Todavia, a síntese do núcleo total do átomo de Hélio apresenta o peso de 4,0039.

2.1.

A lei da conservação da massa-energia foi *per se* contestada pelas experiências (como a «gedankenexperiment») sobre o enfraquecimento da radiação beta, com resultados, que não podem ser negados.

Não obstante, a lei não foi abandonada e a existência de uma entidade de novo grau, denominado neutrino, estabeleceu o acordo entre a lei e os dados experimentais. Assim, a base racional, para esta suposição gnoseológica, consiste no facto da rejeição da lei da conservação privaria uma grande parte do nosso conhecimento físico da sua coerência sistemática.

Gnoseologicamente, os diversos aspectos são errados —princípio da falsificabilidade—, pelas seguintes razões: é falso porque nenhuma lei pode ser seriamente contestada só por experiências. Assim, é falso porque as novas hipóteses científicas se supõem não só com o fim de remendar os conflitos entre os dados e a teoria, mas também para predizer factos novos e, *stricte dictum*, é falso, porque na altura parecia que só a rejeição da lei da conservação poderia assegurar a coerência sistemática do nosso conhecimento físico.

Não existem experiências cruciais, se se pretende que estas sejam capazes de destruir imediatamente um programa de investigação.

Contudo, a «gedanken experiment» é uma experiência crucial, porque refere, na relação Ri (S-O), o papel e significado noético do sujeito, que torna o objecto pensado, dado noético e formalmente no juízo científico. De acordo com a lógica da falsificabilidade, a ciência desenvolve-se através da substituição repetida de teorias com o apoio de factos sólidos e foi o que sucedeu com o novo princípio da conservação da energia: *ut massa et energia unum sint*.

Logo, a «gedankenexperiment» justifica-se nos princípios da verificabilidade da epistemologia. Tal como se verificou, a o longo deste artigo, a «gedanken epe-

riment» é uma forma, em sentido noético, de expressar a lógica e metodologia da intuição científica, porque sem esta não teremos ciência adquirida. Assim, a «gedankenexperiment» é um esquema idealizado pelo cientista que *per naturam suam* implicam a metodologia e o fim investigacional, justificando *per accidens* o princípio da verificabilidade ou pela falsificabilidade, segundo o esquema de K. Popper.

A orientação da ciência é essencialmente definida pela investigação criadora e não pelo universo de factos que nos rodeiam. Com efeito, a «gedankenexperiment» de A. Einstein insere-se neste contexto epistemológico. Esta reside na legitimidade e possibilidade da relação intencional: sujeito-objecto pensado. Na verdade a «gedankenexperiment» gnoseologicamente procura uma evidência confirmada. Os físicos pretendem uma busca selectiva de novos factos, que se ajustam a essas fantasias. Este domínio lógico descreve-se como criação do próprio Universo pela ciência, tal como sucedeu à Dinâmica Relativista.

Quanto mais aperfeiçoada for uma teoria, representada na teoria da relatividade restrita de Einstein, no seu aspecto dinâmico, tanto melhor aprendemos, que a ordem lógica, segundo a qual ela organiza as leis experimentais, é o reflexo de uma ordem ontológica.

2.2.

Sentido Epistemológico: grupo de transformação de coordenadas de Lorentz ditou o condicionalismo de universalidade e necessidade à invariância mássico-energética. Sem este grupo, a lei fundamental da Mecânica Relativista seria «singular», apresentando uma representação para cada fenómeno, desde os mecânicos até aos quânticos.

Os princípios da nova dinâmica, uma vez que satisfazem ao grupo de Lorentz, são mais extensivos, englobando a axiomática clássica como um caso particular, determinando uma fundamentação crítica, mais rigorosa.¹⁷

¹⁷ Cf. Tonnelat, M. A. – Ibidem, 246-249.

Cf. Born, M. – *La Théorie de la Relativité d'Einstein et ses bases physiques*, traduit de l'allemand par F. A. Finkelstein et J. G. Verdier, Paris, Gauthier-Villars et Cie, Éditeurs, 1923, 257-273.

Os postulados clássicos da conservação da massa e da energia, bem como os demais teoremas, já não são válidos e absolutos à escala microfísica, visto que nesta surge a velocidade da luz, como entidade absoluta, tal como se refere nos axiomas da relatividade restrita. Desta feita, os princípios clássicos da Dinâmica, conservando a relação do *fieri* da Mecânica, circunscrevem-se aos fenómenos macroscópicos.

A equação da energia cinética, da nova mecânica, é um enunciado sintético ou progressivo *a posteriori*, dado que se fundamenta no devir dos fenómenos físicos, desse o *fieri* mecânico até ao *fieri* electrodinâmico ou quântico.

A mecânica relativista estabelece uma conexão físico-matemática, determinando uma distinção formal, tradutora da íntima correlação da realidade física, uma vez que se apresenta, na ordem a fenomenologia, como *fieri* mássico-energético.

Assim, a expressão dinâmica, determinada genericamente por qualidades primárias, não ultrapassa o foro nomunológico, não implicando o *fieri* numérico, dado que o domínio dinâmico se circunscreve à expressão mecânica dos fenómenos.

O sentido epistemológico da dinâmica determina-se em «qualidades primárias», existindo fundamental e causalmente na ordem real. O valor noético da Dinâmica foi inovador e possibilitou a unificação de diversificadas formas dinâmicas no quadro isomórfico.

2.2.

Sentido Ontológico: Como essência do fenómeno dinâmico nasce do seu *fieri*, fornecido pelas equações e leis gerais e surge o *esse* ou forma de perfeição dinâmica.

A energia cinética é grau analógico da energia fenoménica, do ente dinâmico, *in fieri*, dado que existem quatro formas de energia, isto é, mecânica, electrodinâmica, nuclear e gravítica. A energia mecânica mede-se em $\text{erg} = 1 \text{ g} \cdot 1 \text{ cm}^2/\text{s}^2$, ou seja, $1 \text{ joule} = 10^7 \text{ ergs}$, segundo a métrica física.

Mas, a energia cinética implica um grau de perfeição accidental, dizendo respeito à natureza fenoménica do devir mássico-energético dos entes físicos, exis-

tindo formalmente no intelecto do físico, mas fundamental e causalmente na ordem real.

No domínio da estrutura ontológica, surge, por um lado, a quidade massico-energética (essência accidental do *fieri* do fenómeno mecânico) e, por outro lado, existir fenoménico. Claro está que o *fieri* massico-energético é actual e potencial, uma vez que a potência surge como princípio de limite e caracteriza a massa (quantidade de matéria que um corpo contém) e o acto (como princípio de unidade) e revelado pela energia.

Desta sorte, o enunciado ontológico que salienta que todo o acto é limitado pela potência, no caso da nova dinâmica, refere que transformação em energia de um dado corpo é limitado pelo valor da massa.

Na ordem real, a energia cinética é a medida do *fieri* quantitativo e qualitativo da criatividade extrínseca de um sistema de pontos materiais. Isto porque uma quantidade de matéria é submetida à variação da velocidade da luz, tal como se conclui pela experiência de Michelson-Morley.¹⁸

Esta energia do movimento exprime-se nos fenómenos ópticos, electrodinâmicos e quânticos, por forma covariante, para sistemas inerciais. Mas, é relativa porque circunscrita a sistemas galilaicos, revelando-se ainda como enunciado transcendental, porque nota generalizada e constitutiva do agir dos fenómenos da natureza.

A lei geral da causalidade fenoménica do movimento é dada pela relação métrica: $\vec{F} = = d\vec{p}/dt = m\vec{a}$. Esta equação além de traduzir a causalidade formal, no seu fundamento último, implica a causalidade eficiente e final. Só que tal lei fora reinterpretada relativisticamente, permitindo uma revisão da causalidade electrodinâmica, para além da realidade mecânica, indo desde a electrodinâmica até à fenomenologia quântica.

Predicamentalmente, a energia cinética fundamenta-se na categoria primária da relação e nas secundárias de quantidade e qualidade.

¹⁸ Cf. Michelson A. A.; Morley, E. W. – *On the relative motion of the Earth and the Aluminium Ether*, in the American Journal of Science, 203 (New York, 1887) 340-341.

Segundo a relação, deveremos referir que, esta equação se define numa expressão diádica entre variáveis e constantes, porque a massa em Dinâmica Relativista é uma variável, sendo uma constante em Mecânica Clássica. A heterogeneidade da energia cinética é dada pela velocidade da luz, implicando uma variação mais intensiva, relativamente à da Mecânica Clássica.

As leis dinâmicas exprimem, como juízos sintéticos de relação, imediatamente a causalidade formal, dado que traduzem a essência do fenómeno dinâmico que, na ordem real, transcrevem a causa eficiente e final dos fenómenos.

O progresso da Mecânica Quântica e demais sistemas da física muito terão aproveitado da semente lançada por Einstein, na busca de novas sínteses e na tentativa de unificação da física.

Conclusão

No aspecto filosófico, surge um novo invariante, denominado massico-energético pela nova dinâmica, os acontecimentos da física, além de se definirem como acontecimentos cinemáticos, definidos, na conexão espaço-tempo, necessitam desde logo, de um invariante dinâmico. Todo o acontecimento, no Universo, é espacio-temporal, porque tudo o que acontece fenomenologicamente é um «invariante absoluto» e será dado espacio-temporalmente.

Contudo, a dinâmica relativista define um outro invariante para o acontecimento, referenciado numa nova conexão dinâmica, chamada conexão massico-energética, a tal ponto de se tratarem de dois aspectos duma única realidade, delineado num único princípio: *massa et energia unum principium*. O acontecimento dinâmico não é só mássico, mas é, também, energético, como professa a equação da energia cinética da Dinâmica Relativista.

Tal asserção justifica denominar-se como um «absoluto dinâmico».

A massa e a energia são expressões fenomenológicas do existir da realidade física. Por um lado a massa ou matéria-prima é o princípio da multiplicidade potencial ou o número de elementos partícula de estrutura, por outro, a forma ou energia intrínseca do princípio de unidade actual ou de síntese.

Logo, a natureza última da matéria será electrónico-molecular. Ontologicamente, o ente físico individual é dual, constituído por: matéria-prima e forma mineral.