

Materialismo e Idealismo em Física (*)

JOSÉ MARIA FILARDO BASSALO

Departamento de Física da Universidade Federal do Pará

Baseado na história de algumas teorias físicas, procuramos mostrar neste trabalho que a discussão sobre o materialismo e o idealismo em Física é puramente verbal e, até um certo sentido, irrelevante para o trabalho do físico, segundo Kemble, pois algumas teorias físicas apresentam ora aspectos idealistas, ora aspectos materialistas. Escolhemos dois tipos de teorias: sobre a estrutura da matéria e sobre a estrutura e evolução do Universo. O desenvolvimento histórico dessas teorias tem mostrado que em certos estágios, ora a matéria deriva da idéia, nesse caso ela é considerada como uma teoria idealista, ora a idéia deriva da matéria, e então é considerada uma teoria materialista, se usarmos para isso a classificação de Politzer.

Há vários séculos, o homem tenta responder à seguinte questão: qual o princípio que rege o conhecimento humano? Ou se colocada de outra maneira: qual o substrato ideológico do conhecimento humano? Para responder a essa indagação longos debates têm sido travados entre filósofos e cientistas (alguns destes também filósofos). Apesar da diversidade de teorias formuladas no sentido de elucidar a polémica questão, há somente dois tipos de respostas para a mesma, conforme nos fala Georges Politzer [1]: ou a *matéria* (o ser, a natureza) é eterna, infinita, primeira e o *espírito* (a idéia, o pensamento, a consciência) deriva dela; ou então a matéria deriva da idéia, sendo então esta eterna, infinita, primeira. A primeira dessas respostas é a que constitui a base do *materialismo filosófico* [2]; e a segunda, a base do *idealismo filosófico*.

Neste trabalho, procuramos mostrar através de alguns exemplos, que pelo menos em Física, essa questão continua em aberto, pois, das várias teorias físicas construídas no sentido de explicar uma parte do Universo, algumas são consideradas materialistas, enquanto que outras são tidas como idealistas. Às vezes, não muito raro, uma mesma teoria apresenta aspectos

quer idealistas, quer materialistas. Portanto, em vista disso, parece que a discussão sobre materialismo e idealismo em Física é puramente verbal e irrelevante para o trabalho do físico, como, aliás, concluiu o físico norte-americano Edwin C. Kemble em trabalho que realizou em 1938 [3], após estudar a célebre polémica travada entre Einstein e Bohr, nos 5.º e 6.º Congressos Solvay, ocorridos, respectivamente, em 1927 e 1930. A questão que motivou a discussão entre esses notáveis nórdicos, era de saber se a realidade física podia ou não ser descrita pela Mecânica Quântica, desenvolvida entre 1925 e 1927, nos trabalhos de Born, Heisenberg, Jordan, Schrödinger, Pauli e Dirac, já que tal teoria havia recebido uma interpretação, tida como idealista, pela Escola de Copenhague, Escola essa que era liderada por Bohr. Tal interpretação baseara-se nas *relações de incerteza* demonstradas por Heisenberg, em 1927, e no *princípio da complementaridade*

(*) Comunicado no «I Seminário Nacional sobre a História da Ciência e da Tecnologia», Rio de Janeiro, Setembro de 1986.

A Comissão Redactorial respeitou integralmente a grafia do autor, mesmo quando ela se afastava da que é corrente em Portugal.

que o próprio Bohr enunciara em 1927-1928 ⁽¹⁾.

Antes de examinarmos alguns exemplos de teorias físicas materialistas e/ou idealistas, vamos primeiro ver como esses conceitos filosóficos apresentam-se na Teoria do Conhecimento. Segundo Hessen [4], a Teoria do Conhecimento é uma explicação ou interpretação filosófica do conhecimento humano. Ainda segundo esse mesmo autor, no conhecimento encontram-se frente a frente consciência e objeto, isto é, *idéia* e *matéria*, sendo que o conhecimento apresenta-se como uma correlação entre sujeito e objeto, na medida em que o sujeito só é sujeito para um objeto, e o objeto só é objeto para um sujeito. Essa correlação contínua entre sujeito e objeto é definida por Lefebvre [5] como uma interação dialética, o que os torna — sujeito e objeto — indissolivelmente ligados. Separá-los, acentua ainda esse autor, seria uma atitude metafísica. Então, a questão ideológica colocada no início deste trabalho é a de saber se, sendo tal ligação aberta, por onde iniciar essa interação dialética: a partir do sujeito ou a partir do objeto? Contudo, não poderá ser essa ligação fechada no sentido de não haver necessidade de uma relação de ordem do tipo primeiro-segundo entre sujeito e objeto? Pelo menos em Física, parece ser isso verdadeiro, conforme tentaremos mostrar neste trabalho, já que a análise que faremos de certas teorias físicas indica que ora algumas delas privilegiam o sujeito, outras privilegiam o objeto, na interação dialética indicada por Lefebvre.

Até o advento da Mecânica Quântica e sua interpretação idealista por parte da Escola de Copenhague, já por nós referida, a questão do materialismo e idealismo não era crucial em Física como veremos a seguir. A Física Clássica, constituída basicamente das mecânicas newtoniana e analítica (Newton, Lagrange, Laplace, Hamilton, Jacobi), do eletromagnetismo maxwelliano, da termodinâmica gibbsiana, da mecânica estatística boltzmanniana, acrescida da relatividade einsteiniana, descreve, por exemplo, uma realidade física evidenciando nela uma separação absoluta entre sujeito e objeto, já que suas leis se referem somente a

um enunciado de um objeto físico. Contudo, a interpretação idealista da física quântica coloca em destaque a relação entre sujeito e objeto, relação essa determinada através de aparelhos de medida considerados também como observadores, segundo nos fala Bunge [6]. Em consequência disso, aparece então em Física a velha questão filosófica de saber qual o princípio ideológico (materialismo ou idealismo) que rege o conhecimento e, conseqüentemente, velhas e novas teorias físicas passaram a ser examinadas sob essa ótica ideológica. Assim, por exemplo, o famoso debate entre Einstein e Bohr sobre realidade física, o qual já nos reportamos acima, levou Kurt Hübner, em 1973 [7], a afirmar que tal realidade pode ser interpretada de duas maneiras: ou ela consiste de substâncias que possuem propriedades independentes de suas relações com outras substâncias, ou então a realidade física é essencialmente uma relação entre substâncias, sendo a *medida* um caso especial de tal relação. Ainda segundo Hübner, o primeiro ponto de vista era defendido por Einstein e o segundo por Bohr, naquele célebre debate. Portanto, cremos poder dizer que o ponto de vista einsteiniano sobre realidade física é *materialista*, na medida em que são as substâncias que determinam relações. Por outro lado, o ponto de vista bohriano é *idealista* já que, segundo ele, as substâncias são definidas por relações, através de uma medida.

(1) As *relações de incerteza* de Heisenberg significam que existem pares de grandezas físicas que não podem ser medidas simultaneamente, pois seus operadores não comutam (Exemplo: posição x e momento linear p_x). O *princípio da complementaridade* de Bohr significa que esses pares de grandezas físicas são complementares, isto é, se uma medida, por exemplo, prova o caráter ondulatório da radiação ou da matéria, então é impossível provar o caráter corpuscular na mesma medida, e vice-versa. De acordo com conceitos idealistas, o princípio da complementaridade não reflete as propriedades objetivas dos microsistemas, mas é determinada pelas condições de medida. Assim, o resultado de uma medida depende tanto das propriedades dos aparelhos de medida, quanto das propriedades do objeto que está sendo medido. (Cf. DAVYDOV, A. S. 1968. *Quantum Mechanics*. Addison-Wesley Publishing Company Inc. Tradução: D. ter Haar).

Agora, vejamos algumas teorias físicas para as quais se aplicam o conceito de materialista ou de idealista, ou mesmo de serem ora materialista, ora idealista, dependendo da ideologia de quem as estuda. Iniciemos pelas que se referem à estrutura da matéria. As teorias monistas, isto é, as teorias segundo as quais todas as coisas são feitas de uma única matéria primitiva [8], ocorreram na Grécia Antiga e devem-se aos filósofos pré-socráticos. Assim, Tales de Mileto (624-547) afirmava que o elemento primordial do Universo ou «arché» era a água «sobre a qual a terra flutua e é o começo de todas as coisas» [9]. Já Anaximenes de Mileto (~ 585-~ 527) achava que o ar seria o elemento primordial universal, pois através de sua condensação ou de sua rarefação, as outras coisas do Universo são obtidas. O aspecto materialista dessa teoria pode ser visto no único fragmento [10] seu conhecido: —«como nossa alma, que é ar, nos governa e sustém, assim também o sopro e o ar abraçam todo o cosmos». No entanto, Xenófanes de Cólofon (~ 580-~ 460) ao afirmar que «tudo sai da terra e tudo volta à terra», considerava a terra como tal elemento fundamental. Heráclito de Éfeso (~ 540-~ 480), por sua vez, acreditava ser o fogo o «arché» do Universo, como se pode constatar dessa afirmação: — «Esse mundo, igual para todos, nenhum dos deuses e nenhum dos homens o fez; sempre foi, é e será um fogo eternamente vivo, acendendo-se e apagando-se conforme a medida».

Outro aspecto materialista-monista das teorias relativas à constituição da matéria pode ser visto nas teorias atômicas da matéria dos filósofos antigos. Com efeito, a concepção de que o Universo era formado por átomos (indivisíveis, em grego) foi defendida por Leucipo de Abdera (~ 460-~ 370) e por seu discípulo Demócrito de Abdera (~ 470-~ 380). Para esses dois filósofos da Grécia Antiga, tudo no Universo era feito de átomos que, contudo, não eram todos iguais. Para Demócrito, por exemplo, o corpo humano era constituído por átomos grosseiros; a alma, por sua vez, era composta por átomos mais finos (lisos e redondos como os do fogo), e os deuses formados

por átomos extra-finos. Ainda para Demócrito, os átomos eram infinitos em número e forma. No entanto, para esses filósofos, os átomos só tinham grandeza e forma, tendo Epicuro de Samos (341-210) acrescentado peso aos mesmos, pois, para ele, o movimento dos corpos só poderia ser explicado se os átomos fossem pesados, uma vez que o movimento, na sua concepção, era devido à ação do peso. O atomismo foi levado até as suas últimas consequências pelo romano Tito Lucrécio Caro (~ 95-~ 55) que acreditava serem todos os objetos da Natureza, até os imateriais como a mente e a alma, constituídos de átomos. Essa visão atomística da Natureza foi apresentada por Lucrécio em seu livro *De Rerum Naturae*, publicado por volta de 56 a.C., na forma de versos hexâmetros e, no qual, também é realçada a noção essencial do atomismo que é o vácuo, pois, logo no início de seu poema, lê-se: «...A Natureza do Universo consiste então, em sua essência, de duas coisas: existem átomos e existe vazio». É oportuno salientar que os antigos atomistas nunca tiveram condições de demonstrar a existência do vácuo, o que só ocorreu com o físico italiano Evangelista Torricelli (1608-1647), em 1643, ao medir a pressão atmosférica.

Por ser o conceito de vazio considerado totalmente ilógico, alguns filósofos da Grécia Antiga passaram a rejeitar a teoria materialista-atômica-monista e adotaram a teoria materialista-não-monista de Empedocles de Agragas (hoje, Agrigento; ~ 490-~ 430). Para esse filósofo siciliano, as coisas na Natureza eram formadas pela combinação de quatro elementos fundamentais: o fogo, de um lado; e terra, ar e água, que lhe são opostos, de outro. Para Empedocles, contudo, tais elementos «são eternos e não foram gerados, mas unem-se em quantidade maior ou menor à unidade e dela separam-se novamente», conforme escreveu Aristóteles de Estagira (348-~ 322), em sua *Metafísica I*. O carácter materialista dessa concepção quaternária de Empedocles é evidenciado pelo idealista Platão (~ 428-~ 348) no *Timaeus* ao relacionar esses quatro elementos com os sólidos regulares pitagóricos da seguinte

maneira: água-icosaedro, ar-octaedro, fogo-tetraedro e terra-hexaedro. Ainda para esse filósofo grego, o quinto poliedro regular conhecido, o dodecaedro, simbolizava o Universo como um todo. Essa concepção quaternária da Natureza foi retomada por Aristóteles, porém com uma nova visão. Assim, na física aristotélica [11] existiam quatro substâncias primordiais: fluidas (*tò hydrón*), sólidas (*tò xerón*), quentes (*tò thermón*), e frias (*tò psychrón*), sendo que os quatro elementos empedoclianicos resultavam da combinação alternada de pares dessas quatro substâncias fundamentais e segundo o esquema: fogo-quente e xerón; ar-quente e hydrón; água-fria e hydrón terra-fria e xerón.

A cultura romana que sucedeu à cultura grega não se interessou muito por esta, e particularmente após a queda do Império Romano do Ocidente em 476 d.C., é preciso esperar pelo influxo dos contactos com o Islã tornado o centro intelectual do mundo (a partir do séc. VIII), graças ao interesse e apoio culturais de califas famosos como Harun-al-Raschid (764-809), Al-Mansur (f. 762) e seu neto Al-Mámun (786-833) [12]. Contudo, graças à larga Reconquista hispânica (conquista de Valência por El-Cid em 1094) e o início das Cruzadas em 1095, as bibliotecas islâmicas filtram progressivamente o seu saber para o mundo ocidental. Desse modo, a cultura e os filósofos gregos antigos que haviam sido traduzidos maciçamente para o árabe, voltaram a influenciar a cultura ocidental. Em consequência disso, a concepção materialista dos gregos a respeito da constituição da matéria sofreu influência da religião islâmica, daí observar-se certo aspecto idealista nessa concepção. Por exemplo, Moisés Maimônides (1135-1204) afirmava que tudo na Natureza era constituído por átomos, inclusive o espaço e o tempo, sendo este último constituído por elementos atômicos chamados *agoras*. Dizia ainda esse filósofo árabe de origem judaica, que os átomos com todas as suas qualidades eram continuamente criados por Alá, e que eram todos semelhantes, porém não possuíam propriedades quantitativas, mas apenas qualitativas.

Essa visão idealista dos atomistas do Islã

em atribuir apenas propriedades qualitativas aos átomos foi também considerada pelos alquimistas árabes com relação aos elementos fundamentais da Natureza. Além dos quatro elementos dos gregos antigos, os alquimistas consideravam ainda o enxofre, os sais e o mercúrio. Portanto, segundo Teofrasto Bombasto Paracelso (1493-1541), divulgador no Ocidente da cultura científica árabe, as propriedades primordiais desses elementos fundamentais universais encontravam-se em suas próprias qualidades e não em si mesmas. Assim, o enxofre teria a qualidade da combustão (fogo), o sal teria a qualidade da calcinação (terra) e o mercúrio teria a qualidade da liquefação (água).

A idéia do átomo como uma partícula indivisível da matéria (porém como uma hipótese filosófica ou metafísica), permanece até o início do século XIX quando surgiu, então, o atomismo científico com os trabalhos de John Dalton (1766-1844), Joseph-Louis Gay-Lussac (1778-1850) e Amedeo Avogadro (1776-1856). Nesses trabalhos realizados, respectivamente, em 1803, 1808 e 1811, encontramos as primeiras tentativas no sentido de demonstrar a existência *real* dos átomos e moléculas. Contudo, a visão atômica da matéria, no sentido moderno, somente foi introduzida em sua forma mais elementar por André Marie Ampère (1775-1836), em 1814. Segundo Ampère, o átomo não era a partícula indivisível greco-romana-árabe e sim era constituído de partículas subatômicas [13]. Essa hipótese de Ampère, foi por ele formulada com o objetivo de explicar o átomo dos elementos químicos, elementos esses que haviam sido definidos pela primeira vez por Robert Boyle (1627-1691), em 1661, e da seguinte forma [14]: — «...o que entendo por elementos... são certos corpos primitivos e simples, perfeitamente sem mistura, os quais, não sendo formados de quaisquer outros corpos, nem uns dos outros, são os ingredientes dos quais todos os corpos perfeitamente misturados são feitos, e nos quais podem finalmente ser analisados... «Essa definição materialista foi-se comprovando à medida que novos elementos químicos foram sendo descobertos, ou mesmo obtidos artificialmente.

A proposta de Ampère sobre a estrutura do átomo, foi sendo cada vez mais aperfeiçoada através de diversos modelos [15] nos quais, basicamente, o átomo consistia de uma parte central massiva (núcleo), envolvida por uma atmosfera de partículas quase imponderáveis. Inicialmente, alguns modelos consideravam que a força entre tais partículas e a parte central do átomo era do tipo gravitacional (por exemplo, no modelo de Fechner [16] (1828)) e, posteriormente, tal força foi considerada do tipo elétrica (por exemplo, no modelo de Weber [17] (1871)), no momento em que os constituintes do átomo passaram a ser considerados como possuidores de carga elétrica. Essa concepção de que partículas eletrizadas ou «elétrons» ⁽²⁾ faziam parte do átomo teve seu grande momento quando Hendrik Antoon Lorentz (1853-1928), através de sua famosa teoria dos elétrons, apresentada em 1892, explicou alguns fenômenos físicos até então incompreendidos (como, por exemplo, a dispersão da luz, isto é, a dependência do índice de refração de uma substância com a frequência da luz que a atravessa) e conseguiu prever a existência de um novo fenômeno físico, fenômeno esse observado experimentalmente em 1896 por seu discípulo Pieter Zeemann (1865-1943) ⁽³⁾. A existência *real* desses «elétrons» foi comprovada nas famosas experiências de Sir Joseph John Thomson (1856-1940) realizadas em 1897, nas quais ficou demonstrado que os raios catódicos de Goldstein [18] eram constituídos por partículas eletrizadas negativamente. Em tais experiências, Thomson determinou também a relação e/m entre a carga elétrica (e) e a massa (m) das mesmas.

A descoberta de novos fenômenos físicos ocorridos no final do século passado (efeito fotoelétrico; 1887; raios-X, 1895; radioatividade, 1896; etc.), associada à existência real dos elétrons (1897), levou os físicos a desenvolverem novos modelos atômicos com o objetivo de explicar aqueles fenômenos. Nesses modelos, basicamente, o átomo neutro era composto de um núcleo positivo rodeado por elétrons negativos, como indica o famoso modelo atômico de Rutherford (1911)-Bohr

(1913) [19]. Apesar do grande sucesso dos modelos atômicos desenvolvidos no início do século XX, os pensadores idealistas se lançaram contra a própria existência da matéria, usando argumentos do tipo: — «O elétron nada tem de material, pois é apenas uma carga elétrica em movimento. Se não há matéria na carga negativa, não há também na carga positiva. Portanto, a matéria deixou de existir. Só há energia» [20]. Ora, apesar de Einstein em 1905, haver afirmado que «a massa de um corpo é a medida de seu conteúdo de energia», afirmação essa apresentada por ocasião em que formulou a sua famosa Teoria da Relatividade Restrita, os pensadores materialistas usavam (e os atuais também a usam) a filosofia materialista-leninista para defender a tese materialista do modelo atômico, baseado em Vladimir Ilich Ulyanov (Lenin) (1870-1924), já que em seu livro *Materialismo e Empirocriticismo* (1908), mostrara que energia e matéria são inseparáveis [21]. É oportuno lembrar que os materialistas acusavam (e acusam) a relatividade einsteiniana de ser idealista, pois que, para eles, nesta teoria, a medida do espaço e do tempo, essenciais nessa teoria, depende da *idéia* de referencial. Não obstante tal acusação a Einstein, este, conforme vimos anteriormente, sustentava uma tese materialista para a Mecânica Quântica, em oposição à tese idealista da escola de Bohr.

Ao completarmos essa pequena descrição dos aspectos materialistas e/ou idealistas das teorias que procuram explicar os constituintes últimos da matéria, vamos agora falar alguma coisa sobre os *quarks* que, no momento atual, representam, de certa maneira, os átomos dos gregos antigos. A teoria dos quarks [22, 23] foi proposta pela primeira vez em 1964 por Murray Gell-Mann e, independentemente, por George Zweig, para poder explicar a razão pela qual certas partículas elementares (*mésons*

(2) O nome elétron foi cunhado por George Johnstone Stoney (1826-1911), em 1891.

(3) Esse efeito, conhecido a partir daí como «Efeito Zeeman», representa a decomposição de uma linha espectral de uma substância na presença de um campo magnético externo.

e *bárions*) se agrupam em «famílias» ou em «supermultipletos» de mesmo spin e paridade (J^P). Assim, segundo essa teoria, os mésons são formados de um par de quark-antiquark e os bárions por três quarks. Até o presente momento (1986) existem previstos teoricamente (e com resultados experimentais que indicam sua existência) seis tipos ou «sabores» («flavors») de quarks: *up* (u), *down* (d), *strange* (s), *charme* (c), *bottom* (b), *top* (t) ⁽⁴⁾. Contudo, apesar de algumas tentativas no sentido de detectar ou de isolar esses quarks [24], ainda não existem resultados experimentais conclusivos que indiquem a sua existência como partícula isolada. Por outro lado, a partir de 1974 começaram a surgir teorias chamadas de *confinamento* [25] que tentam explicar o por quê dos quarks não poderem ser encontrados isolados na Natureza.

Essa teoria de quarks confinados é uma boa razão para uma discussão entre idealistas e materialistas. Por exemplo, os pensadores materialistas são tentados a dizer (se já não o disseram!) que as atuais teorias de quarks são materialistas, pois que, para esses pensadores, o fato de experiências indicarem a existência *real* de partículas compostas de quarks confinados é que leva à relação de confinamento entre os quarks. Por seu turno, os pensadores idealistas poderão afirmar (se já não afirmaram!) que a *idéia* da relação de confinamento entre os quarks é que leva à *realidade* dos mésons e dos bárions.

Um segundo exemplo da teoria física em que podemos destacar aspectos materialistas e/ou idealistas, é o relacionamento com a estrutura e evolução do Universo, isto é, com a *Cosmologia*. Desde o momento em que o homem na Terra olhou para o céu e percebeu a existência de «estranhos» objetos, deve ter-se perguntado como tais objetos foram parar lá e qual a origem de tudo que percebera. As primeiras respostas a essa pergunta foram de cunho divino e mitológico. Por exemplo, no livro do *Gênesis*, lê-se: — «No princípio Deus criou o Céu e a Terra» [26]. Já no livro *Nova Edda*, coletânea de mitos escandinavos compilados em 1220 por Snorri Sturleson, a

origem do Universo é assim explicada: — «No princípio era o Nada. A Terra não existia nem o Céu, e só existia o Abismo, e em nenhuma parte havia erva. Para o norte e o sul do Nada, ficavam as regiões do frio e do fogo, *Niflheim* e *Muspelheim*. O calor do Muspelheim derreteu a parte de Niflheim, e das gotas líquidas nasceu um gigante, Ymer. O que comia Ymer? Parece que também havia uma vaca, Audhumba. O que a vaca comeria? Parece que também havia sal...» [27]. Parece-nos que tais respostas poderiam ser consideradas como sendo, respectivamente, idealista e materialista, pois que, a primeira delas parte da idéia de Deus criando o Universo, e a segunda, considera alguma coisa material existindo inicialmente (frio, calor, vaca, etc.) no Universo, e através delas, as outras coisas foram então sendo criadas.

Contudo, na medida em que o homem foi obtendo novos dados sobre o Universo, novas teorias foram sendo elaboradas com o objetivo de explicar a estrutura do Universo. Provavelmente, os primeiros homens a fazer registros científicos sobre o Universo, foram os astrônomos que viveram na Babilônia e em Nínive, duas cidades da Mesopotâmia. Por exemplo, eles descobriram o *Saros* (nome dado pelo lexicógrafo grego Suidas, no século X), período de 18 anos e 11 meses durante o qual os eclipses solares se repetem. Por sua vez, o caldeu Naburiannu (fl.c. 419 a.C) calculou a duração do ano solar em 365 dias, 6 horas, 15 minutos e 41 segundos ⁽⁵⁾, bem como registrou um grupo de efemérides dando a posição da Lua, do Sol e dos Planetas [28]. Em tabuinhas de argila, esses primeiros astrônomos registraram também os complicados movimen-

(4) Os resultados experimentais que sugerem a existência dos quarks são os decorrentes da descoberta de novas partículas elementares. Assim em 1974, foi descoberto o méson $\Psi/J = c\bar{c}$; em 1977, o méson $T = b\bar{b}$; e, recentemente, em 1983, a descoberta das partículas W^+ , W^- e Z_0 (mediadora da interação fraca), indica a presença de um novo méson envolvendo o quark top (t) e sua anti-partícula, o antiquark top (\bar{t}).

(5) Esse cálculo foi aperfeiçoado pelo astrônomo babilônio Kiddinu (~340 a.C. —?) e pelo astrônomo grego Eudoxo de Cnido (408-355).

tos dos planetas. No entanto, pelo que se sabe [29], eles não elaboraram nenhum modelo para explicar aqueles movimentos, o que só aconteceu com os astrónomos gregos. Assim Eudoxo formulou um modelo segundo o qual, basicamente, o complexo movimento planetário podia ser explicado admitindo-se o Universo constituído por um conjunto de 26 esferas homocêntricas e assim distribuídas: 4 para cada planeta até então conhecidos (Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno), 3 para o Sol e 3 para a Lua ⁽⁶⁾.

Aristóteles ao formular sua Cosmologia adotou o modelo de esferas homocêntricas de Eudoxo-Calipo, às quais acrescentou outras, perfazendo um total de 55. No entanto, ao que parece, supunha que tais esferas fossem reais ao contrário de Eudoxo, que as entendia apenas para auxiliar seus cálculos astronômicos. Contudo, para o estagirista, o Universo físico se dividia em duas partes distintas: o Universo sub-lunar, conjunto de seres (inanimados e vivos) estritamente terrestres e constituídos pelos quatro elementos de Empédocles; e o Sideral (ou supralunar) que compunha todo o espaço celeste e constituído por um quinto elemento — o *éter*. Ainda para Aristóteles, «a forma da abóbada celeste é necessariamente esférica, por ser a esfera configuração mais adequada. Os planetas movem-se em torno da Terra, porque o círculo é, dentre as figuras, a principal. Esfera e círculo ocupam em primeiro lugar...» [30]. Em seu modelo de Universo, Aristóteles considerava que ele era eterno e finito, porém, o movimento das esferas dos planetas era impulsionado por um primeiro motor, o Deus aristotélico. É fácil constatar então, que esse modelo de Universo de Eudoxo-Calipo-Aristóteles, é uma mistura de concepções materialista e idealista, pois parte do pressuposto de que o nosso mundo é eterno e, por outro lado, admite também o pressuposto de que os elementos geométricos envolvidos no modelo devem ser o círculo e a esfera, por causa de suas perfeições, e por considerar um agente divino como o responsável pelo movimento dos planetas.

Não obstante ser o modelo das esferas

homocêntricas muito engenhoso, ele apresentava algumas dificuldades. Com efeito, esse modelo não conseguia explicar porque os planetas se tornavam mais brilhantes em seu movimento retrógrado; por que havia variação na velocidade dos planetas (o Sol tido como um deles) em suas órbitas; e por que havia elongações limitadas para Mercúrio e Vênus: 24° e 48°, respectivamente, a partir do Sol. Assim vários modelos foram pesquisados no sentido de explicar essas anomalias. Por exemplo, o astrónomo grego Heraclides do Ponto (~388-~315) formulou o modelo de que Mercúrio e Vênus giravam em torno do Sol (para poder explicar suas elongações máximas), e este, como os demais planetas, giravam em torno da Terra. Além disso, para poder explicar o movimento dos planetas no céu de estrelas, Heraclides admitiu, provavelmente pela primeira vez, a rotação da Terra em torno de seu próprio eixo ⁽⁷⁾.

⁽⁶⁾ Quatro esferas para cada planeta eram assim distribuídas: o planeta se encontra fixo no equador de uma esfera que gira em torno da Terra; os polos da mesma são deslocados por uma segunda esfera que gira em torno de um eixo normal ao plano da eclíptica; uma terceira esfera exterior às duas anteriores justifica o movimento do planeta em relação ao céu das estrelas fixas; a quarta esfera justificava o movimento retrógrado. Como o Sol e a Lua não apresentam movimentos retrógrados, então só necessita de três esferas para explicar seus próprios movimentos. Esse modelo de Eudoxo foi aperfeiçoado por um seu aluno, o astrónomo grego Calipo de Cízico (~370-~300) que lhe adicionou mais 8 esferas, principalmente para explicar os complicados movimentos de Mercúrio e de Vênus. (Cf. OSLER, M. J. and SPENCER, J. B. 1978. *History of Physical Sciences*. Encyclopaedia Britannica, Macropaedia, Vol. 14).

⁽⁷⁾ A hipótese de que a Terra não era imóvel já havia sido admitida pelo filósofo grego Pitágoras (580-500), (e defendida pelo também filósofo grego FILOLAU (480- ?)) ao considerar que a Terra juntamente com os demais planetas e mais as estrelas giravam em torno de um fogo central. Porém, a concepção de um outro planeta girar em torno do Sol é de facto devida a Heraclides. No entanto, parece haver sido o astrónomo grego Aristarco de Samos (~320-~250) o primeiro a formular um modelo heliocêntrico para o Universo. Tentando conciliar as hipóteses de Eudoxo (geocentrismo) e Aristarco (heliocentrismo) a respeito da natureza do Universo, o matemático grego Apolônio de Perga (~261-~190)

O modelo de esferas homocêntricas também foi examinado pelo astrônomo grego Hiparco de Nicéia (~190-~120), porém, sob dois pontos de vista inteiramente novos. Primeiro, o da excentricidade. Assim, para poder explicar várias irregularidades observadas nos movimentos do Sol e da Lua (principalmente o relacionado com a variação da velocidade do Sol), o descobridor da *precessão dos equinócios* formulou a hipótese de que o centro das esferas desses «planetas» e, conseqüentemente, o centro de sua órbita circular não coincidia com o centro geométrico da Terra; situava-se um pouco mais deslocado. O segundo aspecto novo introduzido por Hiparco foi a adoção do sistema epiciclo-deferente. Este sistema, inicialmente proposto por Apolônio de Perga, é constituído por um círculo menor (epiciclo) cujo centro se desloca ao longo de um círculo maior (deferente). Pois bem, a fim de explicar os dois principais movimentos dos planetas Mercúrio e Vênus, isto é, o movimento sinódico segundo o qual esses planetas retornam sempre à mesma posição em relação ao Sol e à Terra, e o movimento zodiacal em torno da Terra, Hiparco formulou então a hipótese de que aqueles planetas descrevem um epiciclo (cujo raio é dado pelo seu máximo afastamento do Sol) em seu movimento sinódico, e o período zodiacal desses mesmos planetas é o tempo que o centro de seus correspondentes epiciclos leva para descrever o respectivo deferente. O raio deste, por sua vez, é a distância entre o centro da Terra e o centro do epiciclo que lhe corresponde, passando, contudo, pelo centro do Sol ⁽⁸⁾.

Esse modelo planetário constituído pelo sistema epiciclo-deferente de Apolônio-Hiparco foi retomado e sistematizado pelo astrônomo grego Cláudio Ptolomeu (85-165) que o estendeu aos demais planetas. Porém, o tamanho relativo dos círculos que compõem o sistema epiciclo-deferente e seus respectivos períodos, foram escolhidos de modo a concordarem com os movimentos observados dos planetas. Por exemplo, para explicar a razão pela qual os planetas Mercúrio e Vênus aparecem sempre junto ao Sol, Ptolomeu admitiu para seus deferentes o mesmo período do deferente do

Sol. Como Marte, Júpiter e Saturno não têm o mesmo período zodiacal solar ⁽⁹⁾ (fato esse conhecido desde Eudoxo), Ptolomeu teve de considerar deferentes para tais planetas cujos raios não passassem pelo centro do Sol. Todavia, não eram essas apenas as irregularidades dos movimentos planetários. Havia, também, o fato das órbitas dos planetas não serem perfeitamente circulares, o que provocava uma variação na velocidade desses astros celestes. Para eliminar tal anomalia, Ptolomeu lançou mão do mesmo recurso de Hiparco, qual seja, o da excentricidade. Assim o centro do deferente de cada planeta já não coincidia com o da Terra, mas sim, se movia num pequeno círculo — o «excêntrico móvel» — nas proximidades do centro da Terra. Esse modelo planetário, bem como o registro das observações dos movimentos das estrelas, feito pelos astrônomos que lhe antecederam, e mais a descrição de instrumentos usados em observações astronômicas, foram reunidos por Ptolomeu em uma obra composta de treze volumes, traduzida pelos árabes com o nome de *Almagest*, obra essa que dominou o pensamento da Astronomia por aproximadamente 1500 anos.

Como o modelo de Ptolomeu não explicava todos os movimentos dos planetas, houve a necessidade de aperfeiçoamento com a introdução de mais epiciclos. Isso o complicou de tal maneira que se tornou motivo de críticas, primeiro do Rei Afonso X de Castela (1221-1284) e, posteriormente, pelo poeta inglês

concebeu os planetas girando em torno do Sol, e este, por sua vez, girando em torno da Terra fixa, antecipando-se, portanto, de dezoito séculos ao astrônomo dinamarquês Tycho Brahe (1546-1601).

⁽⁸⁾ Aparentemente os modelos de Heraclides e de Hiparco são idênticos. Todavia, há uma diferença fundamental entre esses dois modelos: no de Heraclides o centro do epiciclo é o Sol; no de Hiparco, esse centro é puramente geométrico, não existindo fisicamente. (Cf. FARRINGTON, B. 1961. *A Ciência Grega*, IBRASA, tradução de João Cunha de Andrade e Lívio Xavier; KOESTLER, A. 1961. *Os Sonâmbulos*, IBRASA, tradução de Alberto Denis).

⁽⁹⁾ Tomando o período zodiacal do Sol como um ano, o de Marte vale aproximadamente dois, o de Júpiter em torno de doze, e o de Saturno, por volta de trinta anos.

John Milton (1608-1674), em um dos versos de seu famoso *Paraíso Perdido* («Paradise Lost») [31]. E mais ainda, apesar desse modelo explicar os movimentos retrógrados dos planetas em geral, já que a epíclíde é uma curva que apresenta cúspides (laços), havia, entretanto, uma dificuldade fundamental com relação aos movimentos retrógrados de alguns planetas em particular. Por exemplo, o movimento retrógrado de Marte só ocorre quando está em oposição, isto é, quando está no lado oposto da Terra em relação ao Sol. Já o de Mercúrio ou o de Vênus, por sua vez, só ocorrem quando estão em conjunção, isto é, quando se encontram entre a Terra e o Sol. Tais dificuldades foram sanadas pelo modelo heliocêntrico do astrônomo polonês Nicolau Copérnico (1474-1543), que retornou deste modo à concepção de Aristarco de Samos.

No modelo de Copérnico, o movimento retrógrado aparente dos planetas é explicado de maneira bem simples através das velocidades relativas dos planetas em relação à velocidade da Terra. Com efeito, os planetas internos (Mercúrio e Vênus) viajam mais rapidamente que a Terra, enquanto os externos (Marte, por exemplo) mais lentamente. Em consequência disso, tais planetas, quando vistos da Terra contra o céu de estrelas «fixas» ⁽¹⁰⁾, reproduzem aquelas anomalias observadas em seus movimentos retrógrados [32]. Muito embora Copérnico não tivesse necessidade de introduzir epíclis em seu modelo para explicar esses movimentos retrógrados, ele, todavia, teve de utilizá-la na tentativa de justificar outros movimentos planetários observados, principalmente os relacionados com a Terra. Dessa maneira, o modelo copernicano apresentado no livro *Da Revolução dos Corpos Celestes*, editado no mesmo ano de sua morte (1543), era tão complicado quanto o de Ptolomeu, porém, com um número menor de epíclis.

O modelo de epíclis foi retomado por Tycho Brahe, conforme já vimos (nota (7)), mas com uma outra concepção, qual seja, a de epíclis com centro no Sol. E este, juntamente com a esfera de estrelas fixas e com a Lua, girava em torno da Terra. Contudo, tal modelo

não era original, visto que Apolônio de Perga já tivera pensado em tal hipótese na Grécia Antiga, conforme já nos referimos anteriormente. Apesar do fracasso desse seu modelo, Tycho Brahe notabilizou-se pelas precisas observações que realizou, à vista desarmada, sobre as posições de estrelas e de planetas, observações essas que permitiram ao seu aluno, o astrônomo alemão Johannes Kepler (1571-1630) encontrar as famosas leis que regem os movimentos dos planetas em torno do Sol.

À semelhança dos modelos planetários de esferas homocêntricas, os modelos de epíclis (quer geostáticos, quer heliostáticos) são também idealistas na medida em que admitem a *idéia* de que os estranhos movimentos dos planetas no céu *devem* ser exprimidos por combinações de círculos. Tais modelos partem do dogma do movimento circular em Astronomia, dogma este introduzido por Aristóteles a partir do pensamento do filósofo grego Platão (~428-348) para quem os movimentos dos planetas deveriam ser sempre reduzidos a movimentos circulares, por serem estes perfeitos [33]. Contudo, esse dogma da circularidade é finalmente rompido por Kepler, através de seu modelo segundo o qual as órbitas dos planetas em torno do Sol são elípticas e não mais circulares. É sabido, no entanto, que Kepler antes de chegar à forma elíptica para as órbitas planetárias tentou enquadrá-las, inicialmente entre figuras geométricas planas (triângulo, quadrado, pentágono, etc.) e depois, entre os sólidos perfeitos regulares pitagóricos. Não obtendo êxito nessa tentativa, já que não havia concordância

⁽¹⁰⁾ Em seu modelo, Copérnico continuou admitindo um céu de estrelas fixas, já que, com os instrumentos disponíveis à sua época, não conseguiu medir a *paralaxe* (fenômeno pelo qual um objeto aparece deslocado quando observado de duas posições) das estrelas, tendo por base a órbita da Terra em torno do Sol. Resultado idêntico foi obtido por Tycho Brahe, razão pela qual admitiu a imobilidade da Terra. É oportuno observar que a primeira paralaxe só foi medida em 1838 pelo astrônomo alemão Friedrich Wilhelm Bessel (1784-1846), relativa à estrela 61 Cygni, da constelação de Cisne. (Cf. SEDGWICK, W. T., TYLER, H. W. e BIGELOW, R. P., 1950. *História da Ciência*. Editora Globo; tradução de Loenel Vallandro).

entre as proporções de seu modelo e as decorrentes do modelo copernicano, partiu então Kepler para a análise das observações de Tycho Brahe, principalmente as relacionadas com a órbita de Marte. Foi então que, depois de testar várias ovas, ele finalmente chegou à elipse [34]. A nosso ver, essa atitude de Kepler é materialista na medida em que parte de observações reais sobre os movimentos dos planetas e, através do mecanismo de tentativas e erros, vai ajustando aquelas observações com figuras geométricas conhecidas até chegar à elipse sem, contudo, partir de nenhuma preferência sobre esta ou aquela figura geométrica. Ele deteve-se na elipse por ser a que melhor se ajustou às observações astronômicas ⁽¹¹⁾. Esse mesmo procedimento materialista o levou à descoberta de suas outras duas leis que, com essa relativa às órbitas planetárias, completam o seu modelo planetário ⁽¹²⁾.

Não obstante essa postura materialista de Kepler com relação à cinemática das órbitas planetárias, o mesmo não se pode dizer de sua postura ao tentar estudar a dinâmica do movimento planetário. No início imaginou que cada planeta, em seu movimento orbital em torno do Sol, era dirigido por um anjo, o «angelus rector» [35]. Depois, influenciado pela obra do físico inglês William Gilbert (1544-1603) que havia mostrado ser a Terra um imenso ímã, supôs que o Sol exercia uma influência magnética sobre os planetas, influenciando essa denominada por ele de *vis motrix*. Aparentemente, parece ser esta uma atitude materialista, no entanto, não o é, pois para Kepler, o Sol representava Deus, o Deus visível do Universo, daí porque o astro que nos ilumina deveria ser então o centro do sistema planetário [36]. O problema da dinâmica das órbitas planetárias foi finalmente resolvido pelo físico e matemático inglês Sir Isaac Newton (1642-1727), ao formular a célebre *lei da gravitação universal* (1666): — «Dois corpos materiais quaisquer no Universo se atraem mutuamente com uma força directamente proporcional ao produto de suas massas e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre seus centros e cuja direcção é

a da recta que une os mesmos. É oportuno salientar que com essa hipótese e mais a descoberta do *método das fluxões* (1671) ⁽¹³⁾, pôde Newton demonstrar matematicamente as três leis de Kepler.

A concepção da gravitação universal newtoniana segundo a qual os corpos no Universo se atraem com uma força de acção à distância e que se propaga instantaneamente, prevaleceu até o início de nosso século XX, quando então foi substituída pela concepção de Einstein. Assim, em 1916, depois de lançar as bases da Teoria da Relatividade Geral e aplicar a mesma à gravitação universal, Einstein mostrou que a atração entre os corpos não era devida a uma força que agia à distância, como afirmara Newton, e sim devida à curvatura do espaço provocada pela presença da matéria [37]. Por exemplo, quando um corpo «cai» na Terra, ele não é atraído pela força de gravitação terrestre, e sim, ele se desloca, sem acção de nenhuma força, na curvatura do espaço provocada pela presença de nosso planeta. A partir dessa concepção einsteiniana, uma série de modelos cosmológicos foram então sendo propostos para explicar a evolução de nosso Universo. Dentre esses, o que hoje tem maior aceitação é o chamado *modelo do «big bang»*, segundo o qual o Universo teria evoluído a partir de uma

⁽¹¹⁾ Provavelmente os materialistas ortodoxos não aceitarão a tese materialista para essa postura de Kepler com relação à forma elíptica das órbitas planetárias, por ser fato conhecido (Cf. Koestler, *op. cit.*) que Kepler teve de atribuir a cada esfera planetária uma espessura finita, na qual deveria se ajustar a elipse orbital. Assim, dirão aqueles materialistas que Kepler ainda estava preso à idéia da esfera divina.

⁽¹²⁾ As três leis de Kepler são: 1.^a *Lei, das órbitas* (1609) — «As órbitas planetárias são elipses nas quais o Sol ocupa um dos focos»; 2.^a *Lei, das áreas* (1603) — «As áreas descritas pelos raios vetores que unem o centro do Sol ao centro do planeta são proporcionais aos tempos empregados em descrevê-las»; 3.^a *Lei, dos períodos* (1619) — «Os quadrados dos tempos de revolução de quaisquer dois planetas ao redor do Sol são proporcionais aos cubos de suas distâncias médias ao Sol».

⁽¹³⁾ O *método das fluxões* inventado por Newton é a gênese do hoje conhecido Cálculo Diferencial e Integral.

grande explosão, e encontra-se em expansão⁽¹⁴⁾. Ao concluir este exemplo sobre aspectos materialistas e/ou idealistas sobre as cosmologias, diríamos que, a nosso ver, as duas concepções sobre a dinâmica do Universo, a newtoniana e a einsteiniana são materialistas⁽¹⁵⁾ na medida em que partem da existência do Universo e, a

(14) A concepção de um Universo em expansão fora proposta pelo astrônomo holandês Willem de Sitter (1872-1934) em 1917, ao examinar as equações de Einstein da Relatividade Geral, e novamente aventada pelo matemático soviético Alexander A. Friedman (1888-1925) em 1922. Evidências experimentais de tal concepção foram cada vez mais se tornando realidade através das observações feitas pelo astrônomo norte-americano Edwin Powell Hubble (1889-1953), desde sua tese de doutoramento, em 1920, até a enunciação, em 1929, de sua famosa lei: — «A velocidade com que uma galáxia se afasta está directamente relacionada à sua distância de nós». Essa concepção de universo em expansão foi retomada pelo astrônomo belga, o abade Georges Edouard Lemaître (1894-1966) em 1927, quando formulou a hipótese de que a fuga das galáxias observadas por Hubble devia-se à explosão de um *átomo primordial* que conteria toda a matéria do Universo. Como esse *ovo cósmico* formou-se e há quanto tempo ocorreu essa explosão, passou a ser objeto de estudo pelos físicos e astrônomos, desde que o físico e astrônomo inglês Sir Arthur Stanley Eddington (1882-1944) passou a defender tal concepção. Assim é que George Gamow, em 1940, chegou a prever a existência de uma radiação de fundo decorrente do «big-bang» (nome cunhado por ele). Em 1953, o próprio Gamow chegou a calcular uma temperatura de cerca de 7 K para essa radiação. Antes disso, na década de 1940, Gamow e dois de seus colaboradores, R. A. Alpher e R. C. Herman, formularam uma teoria da formação de elementos do Universo (nucleossíntese) a partir do «big-bang». Em 1948, Alpher e Herman chegaram a calcular a temperatura dessa radiação de fundo e encontraram o valor da ordem de 5 K. Cálculos semelhantes a esse foram realizados em 1964 por Ya. B. Zeldovich, na União Soviética, e por Fred Hoyle e R. J. Tyler, na Inglaterra. É oportuno salientar que essa radiação de fundo foi detectada pelos radioastrônomos, o alemão Arno A. Penzias e o norte-americano Robert Woodrow Wilson, em 1964, acidentalmente, por ocasião de suas experiências relacionadas com a medida da intensidade das microondas emitidas por nossa galáxia em latitudes fora do plano da Vida Láctea. (Cf. Weonberg, *op. cit.*).

(15) Provavelmente os idealistas ortodoxos dirão que a teoria da gravitação newtoniana é idealista, já que Newton admitia que «Deus criara, no início, as

partículas materiais, as forças entre elas e as leis fundamentais do movimento», segundo nos fala Fritjof Capra em *O Tao da Física* (Cultrix, 1986). Ainda esses mesmos idealistas dirão que a teoria da gravitação einsteiniana é também idealista, já que ela foi formulada a partir da Teoria da Relatividade Geral de Einstein que, como sabemos, parte da idéia de equivalência entre campo de força e campo de aceleração. Por outro lado, os materialistas ortodoxos consideram a Teoria do Big-Bang como sendo idealista, pois que a mesma parte da idéia judaico-cristã de que o Universo teve um começo. Tais materialistas, no entanto, são partidários da *Teoria do Estado Estacionário*, formulada a partir de 1948, por Fred Hoyle e, independentemente, por Herman Bondi e Thomas Gold, e segundo a qual a matéria é continuamente criada em toda a região do Universo e em todo o instante, isto é, a matéria se cria por si mesma à medida que o Universo se expande. Contudo, a descoberta da radiação de fundo detectada por Penzias e Wilson, em 1964, a que nós nos referimos na nota anterior, tornou insustentável a Teoria do Estado Estacionário. Porém, a dificuldade da Teoria do Big-Bang com relação a três questões básicas, a saber: o que aconteceu antes do instante inicial, a natureza da própria singularidade, e a origem das galáxias, fez com que novas cosmologias alternativas fossem tentadas. Hoje existem duas teorias que tentam contornar as dificuldades apresentadas pela Teoria do Big-Bang. A primeira é a do *modelo inflacionário* formulada inicialmente por Alan H. Guth, em 1980, e que representa uma síntese entre a Teoria do Big-Bang e a Teoria da Grande Unificação das Partículas Elementares. Tal modelo explica os «paradoxos» do modelo do Big-Bang e permite compreender melhor a formação das galáxias. (Cf. BOUQUET, A. 1986. *L'inflation de l'Univers. La Recherche*, 176: 448). A segunda é a do *modelo do universo eterno* formulada por Mário Novello, em 1982, segundo o qual a matéria continua sendo criada no Universo, através da flutuação de imensos vazios no espaço-tempo, os chamados *núcleos atrasados de matéria* ou *buracos brancos*, e que, em vista disso, o Universo pode expandir-se e contrair-se entre o infinito passado e o infinito futuro, sem, contudo, passar pelo instante da criação (Cf. NOVELLO, M. *Cosmos et Contexte*, França, no prelo). Enquanto existe uma interpretação materialista para o modelo inflacionário do Universo, qual seja, a de que não houve um «big-bang», mas que o Universo nasceu do *vácuo* por força de flutuações quânticas e evolui estritamente de acordo com as leis da Física, o modelo de um *universo viscoso* de Novello é basicamente materialista, pois não necessita do instante da criação. Um idealista, por fim, diria: — «Mas, o fato de admitir que as leis da Física valem para todo o Universo, ou mesmo a aceitação de que existem imensos vazios no Universo, não é um ideal?».

partir disso, procuram descobrir as leis que governam a sua dinâmica.

Ao concluirmos este trabalho, queremos observar que as análises de outras teorias físicas intencionalmente por nós não abordadas, mostrarão que sempre podemos destacar aspectos materialistas e/ou idealistas nas mesmas, e que, portanto, essa questão é completamente inócua para o trabalho do físico. Por fim, queremos dizer uma palavra a respeito da razão pela qual não incluímos as teorias da Mecânica Quântica como um dos exemplos escolhidos para analisar o materialismo e o idealismo em Física, já que, conforme frisamos no início deste trabalho, foi a partir da interpretação de Copenhague sobre a Mecânica Quântica de Born-Heisenberg-Schrödinger, que essa questão surgiu em Física. Para nós, a discussão sobre a Mecânica Quântica se relaciona mais, e principalmente, com o determinismo e o indeterminismo em Física, assunto que abordaremos futuramente.

REFERÊNCIAS

- [1] POLITZER, G. — *Princípios Fundamentais de Filosofia* (1967), Editora Fulgor; tradução de João Cunha Andrade.
- [2] O conceito de materialismo é ambíguo. Alguns filósofos tomam-no como realismo, a exemplo de Max Jammer (*The Philosophy of Quantum Mechanics*. John Wiley & Sons, 1974). Já para Politzer (*op. cit.*) o real apresenta um aspecto material e um aspecto ideal.
- [3] Ver os comentários sobre os trabalhos de Kemble em Jammer (*op. cit.*).
- [4] HESSEN, J. — *Teoria do Conhecimento* (1973), coleção Studium, n.º 67. Arménio Amado, Editor; tradução de António Correia.
- [5] LEFEBVRE, H. — *Lógica Formal, Lógica Dialética* (1983), Civilização Brasileira/DIFEL; tradução de Carlos Nelson Coutinho.
- [6] BUNGE, M. — *Philosophy of Physics* (1973), D. Reidel Publishing Co. (há uma edição em português, da Edições 70, Lisboa, s/d.)
- [7] HÜBNER, K. — *Über die Philosophie der Wirklichkeit in der Quantenmechanik, Philosophia Naturalis*, 14, 3-24 (1973). (Citado por Jammer, *op. cit.*).
- [8] ALMEIDA, E. S. — *Teoria Atômica Grega*, *Rev. Ens. Fis.*, 5, 53 (1983).
- [9] BASSALO, J. M. F. — *Do átomo-filosófico de Leucipo ao átomo-científico de Dalton*, *Rev. Ens. Fis.*, 2, 70 (1980).
- [10] As citações dos filósofos pré-socráticos encontram-se no livro *Os Filósofos Pré-socráticos*, organizado por GERD A. BORNHEIM editado pela Cultrix (1977).
- [11] PAPAVERO, N. e BALSÀ, J. — *Introdução Histórica e Epistemológica à Biologia Comparada, com especial referência à Biogeografia, I. Do Gênesis ao fim do Império Romano do Ocidente* (1986), Biótica-Produtos Técnicos-Científicos e Agroindustriais Ltda. e Sociedade Brasileira de Zoologia. Belo Horizonte.
- [12] ROCHA E SILVA, M. O. — *A Evolução do Pensamento Científico* (1972), Hucitec Ltda.
- [13] MEHRA, J. and RECHENBERG, H. — *The Historical Development of Quantum Theory*, Volume I, Part. 1 (1982), Springer-Verlag.
- [14] NUSSENZVEIG, H. M. — *Curso de Física Básica 2; Fluidos, Oscilações, Ondas e Calor* (1983), Editora Edgard Blücher, Ltda.
- [15] Para a descrição desse modelo, ver Mehra e Rechenberg, *op. cit.*
- [16] Gustav Theodor Fechner (1801-1887).
- [17] Wilhelm Eduard Weber (1804-1891).
- [18] Eugen Goldstein (1850-1931).
- [19] Para uma descrição desses modelos atômicos desenvolvidos no começo do século XX, bem como do modelo de Ernest Rutherford (1871-1937), e de Niels Henrik David Bohr (1885-1963), ver Mehra e Rechenberg, *op. cit.*
- [20] Cf. Politzer, *op. cit.*
- [21] Cf. Politzer, *op. cit.*
- [22] BASSALO, J. M. F. — *Os primeiros quarks*. *Rev. Ens. Fis.*, 3, 13 (1981).
- [23] BASSALO, J. M. F. — *As mais recentes partículas: glueons, charmônia, bottomonium, toponium e tau*. *Rev. Ens. Fis.*, 4, 85 (1982).
- [24] Sobre as experiências que procuram detectar os quarks livremente, ver a referência 23.
- [26] 1. MOISÉS 1. 1. *Genesis*,
- [28] HOUTGAST, J. — *Eclipse, Occultation and Transit*. *Encyclopaedia Britannica, Macropædia*, Vol. 6 (1978).
- [29] ASIMOV, I. — *Os Gênios da Humanidade* (1974), Bloch Editores; tradução de José Reis.
- [30] Essa citação encontra-se em *Os Sete Dias da Criação, de F. L. Boschike*. (Livraria Bertrand, 1976; tradução de Marina Guvpari).
- [31] O rei Afonso X teria dito: — «Se o Todo-Poderoso me tivesse consultado antes, de iniciar a Criação, eu Lhe houvera recomendado coisa muito mais simples». (Cf. Koeßler, *op. cit.*). A referência de Milton aos ciclos, epiciclos e excêntricos é feita no Livro VIII. (Cf. *Great Books of the Western World*, Vol. 32. JOHN MILTON, 1971. *Encyclopaedia Britannica, INC.*)
- [32] COHEN, I. B. — *O Nascimento de uma Nova Física* (1967), Edart, S. P.; tradução de Gilberto de Andrade e Silva.

- [33] PLATÃO — *Timeu*. (Citado por Koestler, *op. cit.*)
 [34] Para uma descrição do trabalho de Kepler, ver Koestler, *op. cit.*
 [35] Cf. Lefebvre, *op. cit.*
 [36] KOYRÉ, A. — *Estudos da História do Pensamento Científico*. (1982), Editora da Universi-

dade de Brasília e Forense Universitária, tradução de Márcio Ramalho.

- [37] SILK, J. — *O Big Bang: a origem do Universo* (1985), Editora Universidade de Brasília; tradução de Fernando Dídimo Pereira Barbosa Vieira e Ronaldo Rogério de Freitas Mourão.

1.º ENCONTRO REGIONAL DE LISBOA SOBRE O ENSINO DA FÍSICA

Vai decorrer nos dias 10, 11 e 12 de Fevereiro de 1988 o 1.º Encontro Regional de Lisboa sobre o Ensino da Física, tendo por tema central unificador «Que formação em Física para o Homem do futuro?».

As linhas orientadoras do Encontro serão:

1 — Reflexão e debate sobre a concepção de um novo ensino da Física, a nível da escolaridade obrigatória e a nível complementar.

2 — Análise das dificuldades actuais no ensino da Física (conteúdos, métodos, meios). Reflexão e procura de resolução dessas dificuldades e divulgação de trabalhos efectuados nesse sentido, no sistema actual.

Todas as informações podem ser obtidas junto da Comissão Organizadora do Encontro — Delegação Regional de Lisboa da Sociedade Portuguesa de Física, Avenida da República, 37-4.º — 1000 Lisboa — Telef. 773251.

SOLARTRON

Schlumberger

EQUIPAMENTOS PARA INVESTIGAÇÃO E INDÚSTRIA

- Multimetros / Voltímetros Digitais
- Aquisição de dados
- Análise de Resposta em Frequência
- Análise de Vibrações

CONSULTORIA E ASSISTÊNCIA TÉCNICA

Peça-nos informações detalhadas • Telef. 691116 / 667437 • Telex 26250



M. T. BRANDÃO, LDA. • Praça Pedro Nunes, 94 - Sala 3 • 4000 PORTO — Portugal