

Filosofia e física*

Alexandre Sergio da Rocha**

RESUMO – Este artigo é, na verdade, o texto básico para uma palestra, razão da abrangência de seu escopo. Discute as relações entre física e filosofia apontando como se deu a separação entre ambos esses saberes, produzida gradualmente entre os séculos XVII e XIX, e a necessidade de sua reaproximação nesta segunda metade do século XX. Numa outra perspectiva, examina, a partir de considerações acerca da capacidade de legitimação da metodologia da física, as diferenças de objeto entre a física e a metafísica, caracterizada esta última pela pretensão de referir-se ao real enquanto tal. Finalmente, aponta o elenco não exaustivo de temas de pesquisa contemporânea em física que são de irrecusável interesse filosófico.

Um programa epistemológico específico

Há um momento em que a filosofia natural não se separa do restante da filosofia a não ser como capítulo, pela necessidade didática de discriminar assuntos. Em um outro momento ela se destaca pelo seu objeto, pelo seu método, pela sua linguagem e até mesmo pela sua utilidade. No reconhecimento dessa distinção está o germe da separação entre ciência e filosofia e, em particular, entre física e filosofia.

Essa distinção, justamente por estar associada a uma alteração drástica do programa epistemológico subjacente à investigação científica, costuma ser descrita em termos de um “corte epistemológico”. Procurarei, entretanto, descrever o episódio mediante uma outra imagem analógica: falarei de uma “anisotropia do pensamento”.

A idéia de uma anisotropia do pensamento parte do dado factual de termos, em cada momento, uma reconstrução da história que nos dá uma visão unificada dos fatos pretéritos que

podem sempre aparecer, mediante simplificações em certa medida arbitrárias, como um encadeamento linear. Pode-se, então, conceber uma “direção privilegiada do pensamento” como sendo aquela determinada pelo devir histórico das idéias. Em determinados momentos, a alteração dessa direção pode ser de tal modo brusca que a hipótese da continuidade deste processo tenha que ser discutida.

Essa concepção de direção privilegiada do pensamento traduz, na verdade, o conjunto de circunstâncias que tende a determinar o devir histórico. Desafortunadamente (ou afortunadamente, dependendo do ponto de vista) essa direção só é determinável *a posteriori*. Em princípio o pensador pode livremente formular conjecturas e pesquisar fatos segundo o programa que lhe pareça mais razoável. Ele pode chegar a resultados que, por exemplo, pareçam estranhos ou incompatíveis com o pensamento dominante no momento. Entretanto, esses fatos integram os inúmeros acontecimentos que determinam a história geral da humanidade, isto é, produzem alterações de fato na maneira de viver e de pensar do homem que se tenha por “bem estabelecida”. *A posteriori*, na reconstrução de uma história tornada linear, esses mesmos fatos, que pareciam estranhos à luz de uma direção privilegiada projetada, podem estar perfeitamente coincidentes com a nova direção privilegiada que o devir histórico reconstituído tenha indicado.

É evidente que a noção de direção privilegiada de pensamento se faz presente no próprio ato individual de criação. A idéia de “conjectura razoável” traz implícita toda uma carga de sugestões heurísticas oriundas do universo simbólico com o qual o pensador vive e convive e que reflete, até mesmo pelo uso de uma linguagem pública, um modo de vida necessariamente coletivo.

Muitas vezes a pressão do momento histórico é menos sutil que aquela que se manifesta pela via heurística. É o caso da proscricção de

* Conferência de abertura da 2ª Semana de Filosofia da Universidade Federal do Maranhão, proferida em 25 de outubro de 1982.

** Professor de Filosofia – UFRJ.

idéias que possam parecer “ímpias” ou “politicamente heterodoxas”. Copérnico, Giordano Bruno e Galileu são exemplos clássicos da primeira hipótese; o desgosto do nazismo alemão não apenas pelos físicos judeus mas por uma “física judia” (a teoria quântica e a relatividade) e o lisenkismo soviético são exemplos da segunda hipótese. A pureza ideológica, o interesse específico de agentes financeiros e a eventual conveniência, muita vez espúria, de cientistas, filósofos ou quaisquer intelectuais que, mercê da credibilidade que tenham adquirido, desfrutam de um poder que desejam permaneça incontestado, são formas muito concretas pelas quais fatores extra-científicos podem interferir no processo individual de criação, tanto mais eficazmente quanto afetam o indivíduo no nível de sua sobrevivência.

A direção privilegiada do pensamento não depende, portanto, de elementos exclusivamente lógicos. Estes, porém, contribuem de maneira muito significativa para sua fixação. Eles estão presentes na construção de critérios de impossibilidade que permitem excluir de consideração um determinado raciocínio ou resultado dele consequente, ou, pelo menos, indicam a inconsistência desse resultado com princípios expressamente estabelecidos em determinada teoria. Esses critérios permitem definir, dentro de uma teoria ou conjunto de teorias, uma noção objetiva de *erro*, isto é, uma noção de erro incontestável por qualquer pessoa suficientemente versada nos princípios e nas regras de transformação que essas teorias porventura compreendam.

Essa possibilidade de *demonstrar* o caráter errôneo de uma asserção é uma característica conspícua da física. Ela pode, mesmo, ser considerada um caráter distintivo do pensamento científico que nela fundamenta sua pretensão de certeza. Essa pretensão de certeza, entretanto, não pode ser entendida como a reivindicação do alcance de uma verdade ontológica absoluta. Ela corresponde a uma simples garantia de adequação ao conjunto de fórmulas da teoria considerada, sendo a estrutura lógica da teoria o padrão de comparação. Uma pretensão de verdade, no sentido próprio, decorreria de uma hipotética adequação global da teoria à realidade. Esta última noção é difícil de precisar, a não ser que se considere suficiente invocar em seu testemunho a utilidade factual da ciência estabelecida, a possibilidade factualmente verificada de

dela derivar uma tecnologia que tem alterado, sensivelmente, o modo de viver do homem.

O problema da verdade científica, aqui apenas a florado, é fundamental a partir do século XVII. É evidente que a pretensão de todo conhecimento sistematizado, em qualquer tempo, sempre foi a de ser verdadeiro. Acontece, porém, que do ponto de vista do pensamento grego que informou, *grosso modo*, o pensamento medieval e o que estava estabelecido por volta do século XVI, a expressão “conhecimento verdadeiro” soa redundante. O conhecimento seria o conhecimento do real e, como tal, verdadeiro. O erro, antes um falso conhecimento que um conhecimento falso; quer dizer, um não-conhecimento. O século XVII, entretanto, é tempo de um outro ponto de vista. Descartes pretende construir uma nova física raciocinando acerca de como deve ser a natureza e não acerca de como efetivamente ela se apresenta (Koyré, 1966, p. 329); graças a isso formula o princípio da inércia mas, consistentemente, enuncia sua “terceira lei da natureza” incompatível com os resultados da experiência (Rocha, 1983). Galileu raciocina com o comportamento da natureza tal como ele aparece e, em consequência, falha em encontrar o princípio da inércia. Newton, que tem sucesso onde ambos fracassaram, não se distingue apenas por ter oferecido, afinal, um sistema de proposições suscetível de fundamentar a física. Ele se destaca por propor expressamente um novo programa epistemológico¹: a partir das medidas empíricas formulam-se conceitos que podem ser os conceitos vulgares ou os conceitos matemáticos verdadeiros. É com estes últimos que a física newtoniana se constrói. O programa newtoniano, sempre seguido pelos epígonos, embora nem sempre o reconheçam com tanta clareza como o faz Newton, implica na construção de um modelo racional da natureza. Se a física assim constituída representa fielmente o real, se é necessário que represente ou, até, qual a verdadeira importância dessa questão, são problemas abertos à discussão filosófica. O simples fato de que tais problemas possam ser formulados é uma característica da filosofia natural pós-newtoniana.

1. Vejam-se as advertências formuladas a respeito na Definição VIII dos *Principia*.

O advento de uma nova linguagem

A mecânica newtoniana e o cálculo diferencial se desenvolveram juntos. A mecânica ofereceu os problemas concretos que serviram de motivação e de teste para a aplicação do novo algoritmo. O cálculo logo se mostrou especialmente eficaz como descritor conciso e preciso do movimento e de suas alterações.

O emprego de equações diferenciais para a resolução de problemas de mecânica tornou-se usual a partir de meados do século XVIII.² Em 1690, Jakob Bernoulli já usara uma equação diferencial no estudo da catenária, formalizando a noção de tensão em um fio flexível e obtendo uma equação diferencial geral do equilíbrio. Em 1734, Daniel Bernoulli e Euler encontraram a equação diferencial dos modos simples de oscilação transversa de uma barra elástica. Em 1743, Johann Bernoulli e D'Alembert utilizam equações diferenciais como equações de movimento de um sistema de massas. Em 1746, D'Alembert, que fora o primeiro a utilizar uma equação diferencial parcial como equação de movimento, deriva a equação de onda que leva seu nome. As chamadas "equações de Newton", familiares a qualquer estudante de física elementar, aparecem pela primeira vez em uma Memória apresentada por Euler à Academia de Ciências, em Berlim, e publicada em 1747. Em 1750, elas são elevadas à condição de princípio geral na memória *Découverte d'un Nouveau Principe de Mécanique*.

O cálculo não serviu apenas como algoritmo para determinar valores capazes de descrever movimentos. Ele também precisa conceitos e define noções. É ilustrativa a transcrição de um trecho do *Traité de Dynamique*, de D'Alembert, publicado em 1743, discutindo a relação entre a velocidade e a força aceleradora, vale dizer, a aceleração:

A maior parte dos Geômetras apresenta a equação $\phi dt = du$, entre os tempos e as velocidades de um outro ponto de vista. O que para nós é uma hipótese se erige, para eles, em princípio. Como o acréscimo da velocidade é o efeito da causa aceleradora, e um efeito, segundo eles, deve sempre ser proporcional à causa, esses Geômetras não consideram a quantidade ϕ apenas como a simples expressão da razão entre du e dt . Segundo eles ela

é, além disso, a expressão da força aceleradora à qual eles pretendem que du deva ser proporcional, sendo dt constante. Daí tiram o axioma geral: o produto da força aceleradora pelo elemento do tempo é igual ao elemento da velocidade. O Sr. Daniel Bernoulli pretende que este princípio seja apenas de verdade contingente... O Sr. Euler, ao contrário, se esforçou para provar ao longo de toda sua Mecânica que esse princípio é de verdade necessária. Sem querer discutir aqui se esse princípio é de verdade necessária ou contingente, nós nos contentaremos em tomá-lo por uma definição. (D'Alembert, 1743, p. 19).

A publicação da *Mécanique Analytique* de Lagrange, em 1788, quase exatamente um século depois da primeira edição dos *Principia* (1687), pode ser tomada como marco da transição dos argumentos discursivos da filosofia natural para a transformação de fórmulas analíticas em outras fórmulas analíticas. Aos filósofos do século XVII sucedem os geômetras do século XVIII.

O método analítico se revelou fecundo. Não apenas a observância das regras do cálculo garantia a imunização do encadeamento de teoremas contra os equívocos de argumentação mas, também, os desdobramentos teóricos da análise matemática, a princípio puramente abstratos, se revelaram, mediante adequadas regras de interpretação, fontes de conhecimentos novos no campo da física.

A estrutura formal do cálculo é uma garantia da possibilidade de que eventuais erros na manipulação das fórmulas sejam objetivamente corrigidos. O equívoco na adoção de regras de interpretação, entretanto, não é evitado por essa estrutura. É aí que o caráter controlador do conteúdo empírico da física se faz indispensável.

O inquestionável sucesso da mecânica newtoniana consolidou a concepção que o reconhecia como fundamento da explicação física. Entender uma teoria física, ainda no final do século XIX, significava construir um modelo mecânico que lhe reproduzisse os resultados. James Clerk Maxwell, escrevendo o artigo "*Physical Sciences*" para a *Encyclopaedia Britannica*, edição de 1870, identifica expressamente o objetivo da física com o programa mecanicista do século XVII.

A teoria eletromagnética representou o primeiro grande impasse nesse programa e, conseqüentemente, a oportunidade de sua superação. Tal como Maxwell a concebia, ela continha um

2. Para um histórico mais completo, ver (Truesdell, 1968).

formalismo bastante sofisticado, permitindo alto nível de comprovação experimental, mas padecia de insuperáveis dificuldades de interpretação. A concepção maxwelliana, buscando ser macanicista, era obscura. Em particular a noção de corrente de deslocamento, fundamental no esquema de Maxwell, era fonte de dificuldades que tornavam o modelo insustentável. A tentativa de Helmholtz de reinterpretar o formalismo não foi melhor sucedida. Coube a Heinrich Hertz – o mesmo a quem a teoria de Maxwell deve a comprovação experimental da existência das ondas eletromagnéticas – indicar a saída desse impasse. Formulando axiomáticamente a teoria de Maxwell, a partir das equações ditas “de Maxwell” na forma pela qual são hoje geralmente representadas, Hertz sustentou que “a teoria de Maxwell é o sistema de equações de Maxwell” e propôs que se abandonasse qualquer tentativa de interpretação que tivesse como condição prévia a formulação de um modelo concreto do formalismo³. Nascia, com a interpretação de Hertz, a prática hoje corrente de se aceitar como teoria física um formalismo matemático ao qual se associam regras de correspondência que permitem a verificação empírica dos resultados previstos pelo formalismo, sem a necessidade de se passar pelo estágio intermediário de um modelo mecânico.

Essa nova atitude significa uma alteração no *status* do formalismo analítico. O que antes era apenas uma linguagem privilegiada por suas características de exatidão e objetividade passa a ser a própria textura das teorias. A consequência óbvia é, por um lado, a impossibilidade cada vez mais notória de se dominar as teorias da física sem ser suficientemente versado no aparelho formal que lhes dá corpo; por outro lado, o próprio evoluir das teorias físicas passa a ser determinado não em consequência de analogias heurísticas com os fatos da experiência sensível, mas sim, cada vez com mais frequência, para atender a requisitos estruturais das categorias matemáticas cada vez mais abstratas que vão sendo mobilizadas na sua construção. A diferença entre o físico teórico ou o físico matemático do século XX e o geômetra do século XVIII parece ser mais radical que a diferença entre este e o filósofo do século XVII.

Filosofia e física no século XX

Wolfgang Stegmüller (1877, p. 11), comentando o que ele chama de processo de autonomização das funções heterogêneas da filosofia, aponta cinco acepções que o termo ‘filosofia’ assume no uso contemporâneo. Essas acepções correspondem aos efetivos desdobramentos que o pensamento filosófico apresenta no século XX a partir de uma inspeção nas obras que caracterizam as diversas escolas, muitas vezes conflitantes. Assim, ele distingue:

- (1) filosofias de cosmovisão, que pretendem satisfazer à necessidade metafísica do homem e proporcionar um apoio àqueles que não o encontram mais na religião;
- (2) filosofias que apresentam indicações para a conduta da vida, sem serem, entretanto, um substitutivo religioso;
- (3) filosofias que aspiram a um conhecimento teórico, independente do conhecimento das diversas ciências ou, em todo caso, além delas;
- (4) filosofias que pretendem um conhecimento teórico mas *não* independente do resultado das diversas ciências;
- (5) identificação do objeto da filosofia com a pesquisa dos fundamentos de ciências particulares.

Stegmüller ressalta a intensidade da divergência entre essas diversas atitudes observando a possibilidade de ocorrerem quatro graus de comunicabilidade (ou de incomunicabilidade) entre os filósofos. No primeiro grau há uma relação de discussão: há diversidade de opiniões mas um eventual acordo é teoricamente possível. No segundo grau já não é possível nenhuma discussão, porque as bases que se tomariam como ponto de partida ou os métodos admitidos são totalmente divergentes. Há ainda, entretanto, uma relação de comunicação, isto é, os interlocutores podem entender-se quanto ao sentido de suas afirmações. No terceiro grau já não existe a relação de comunicação, porque um dos interlocutores não consegue atribuir nenhum sentido àquilo que o outro afirma. Permanece, entretanto, uma relação intencional, ou seja, um não sabe o que o outro quer dizer, mas sabe que ambos buscam o conhecimento e a verdade. No quarto grau já não existe sequer a relação intencional: um não consegue compreender que tipo

3. Um estudo circunstanciado dessa transição está em (Harman, 1982).

de atividade é essa que o outro exerce e à qual chama "filosofia".

O extraordinário desenvolvimento da matemática neste último século tem permitido que as formulações das teorias físicas se façam com rigor sempre mais satisfatório. Em contrapartida, a especialização do tratamento as torna cada vez mais herméticas para os não especialistas, de tal sorte que nem sempre é trivial a leitura de um artigo de vanguarda em um campo, até quando o leitor tem conhecimento de física, mesmo especializado, desde que em outro determinado campo.

É evidente que essa dificuldade, no caso de especialistas em campos diferentes, é superável com relativa facilidade. Para quem, entretanto, não tenha formação específica da área físico-matemática o esforço é considerável.

Por outro lado, é freqüente que o conhecimento filosófico do físico profissional seja, quando existente, extremamente pobre. Isso não é surpreendente quando se acompanha a história recente da física. A "crise da metafísica", que se exhibe na história da filosofia no episódio do advento da filosofia crítica, alcança a física no mesmo momento em que o mecanicismo é superado.

É certo que já em D'Alembert se encontra uma exortação antimetafísica. Mas a atitude conseqüente pode ser identificada com a proposta fenomenalista de Mach, da qual é desdobramento natural o operacionalismo de Percy Williams Bridgman. Ernest Mach, em particular, professor de Filosofia da Ciência na Universidade de Viena, exerceu uma influência pessoal intensa sobre a geração de físicos europeus que alcançaram o apogeu da criação no primeiro quartel deste século.

O programa operacionalista obriga a uma exclusão radical de quaisquer elementos metafísicos do seio das teorias físicas. O efeito dessa proposta na atitude intelectual das gerações subseqüentes é bem evidente no artigo de Henry Margenau, professor de Física da Universidade de Yale e, mais tarde, cumulativamente, professor de Filosofia da mesma universidade. O artigo, que tem o título "*Metaphysical Elements in Physics*", diz:

Nosso tempo parece distinguir-se por seus tabus, entre os quais a convenção largamente difundida de que a palavra *metafísica* nunca deve ser empregada em sociedade científica bem educada. Quando eu infrinjo este costume... o chamado

"físico profissional" há de dizer: – Por quê se preocupar com metafísica quando há bastante física para ocupar a atenção de toda gente, e até mais? Hoje em dia, uma pessoa que fala em metafísica demonstra mau gosto e falta de conhecimento (Margenau, 1941, p. 176).

A atitude aqui identificada por Margenau não representou um momento breve. Também não significou propriamente um cuidado em demarcar os limites de validade das asserções legitimadas pelo método científico. O que ocorreu foi um processo de desprezo pela filosofia que ultrapassou a metade do século e que chega às raias do escárnio. Veja-se a amostra fornecida por Richard P. Feynman, Prêmio Nobel de Física, em suas *The Feynman Lectures on Physics*, livro destinado a alunos de graduação e, portanto, de presumível influência na formação de sua mentalidade:

Não podemos definir *nada* precisamente! Se tentarmos, cairemos naquela paralisia mental que acomete os filósofos, que se sentam um diante do outro e um diz para o outro: – Que é que você quer dizer com "sabe"? Que é que você quer dizer com "falando"? Que é que você quer dizer com "você"? (Feynman, 1965, p. 8-2).

O texto é de 1963, publicado em 1965. Para consolo dos filósofos, a argumentação do próprio Feynman quando, nesse mesmo texto, se põe a abordar questões "filosóficas" é, para dizer pouco, lamentável. A hipótese de que o texto seja vasado, intencionalmente, em tom de pilhéria apenas reforça o caráter exemplar da citação.

O panorama do começo dos anos 60 parece desanimador. A física se torna para os filósofos cada vez mais abstrusa. Os físicos, ressalvadas raras exceções, ignorantes de filosofia e – o que é pior! – orgulhando-se disso. A filosofia e a física teriam ainda como se reconciliar? Os anos subseqüentes parecem indicar que sim.

Os limites da física

Os referentes das teorias físicas são os construtos da explicação (Margenau, 1935). A questão da existência *real* desses construtos é reconhecidamente uma questão que ultrapassa os limites da física. É uma questão metafísica, se por 'metafísica' entendemos toda e qualquer asserção acerca do real. Esta atitude, consentânea com a construção da física tal como ela se

apresenta, permite preservar a pretensão de certeza dos enunciados da física, ainda que ao preço de não identificar essa pretensão de certeza com uma pretensão de verdade absoluta ontologicamente determinada. Essa distinção não é inconveniente, já que elimina os notórios problemas que uma pretensão de verdade absoluta acarretaria em face do devir das teorias físicas. Admitida esta atitude é possível determinar com precisão o que é a física; a obscuridade permanece no momento de se determinar o que é o real.

Observe-se que a admissão de que os referentes das teorias físicas são os construtos da explicação não exclui a possibilidade de se acrescentar uma segunda asserção que afirmasse: “os construtos da explicação (ou alguns deles) são reais”. O que está claro é a dicotomia entre os dois problemas: o metodológico, que implica na relação dos construtos com a estrutura formal das teorias, e o metafísico, que implica na sua relação com o real.

Respeitadas as condições metodológicas de construção, pode-se falar de uma pretensão de certeza dos enunciados da física, no mesmo sentido em que se pode falar de uma tal pretensão no âmbito de uma ciência formal. A física não é, entretanto, uma ciência formal. Ela não se legitima pelo rigor lógico de sua estrutura axiomática. Embora esse rigor seja desejável, ele não é, em suas formas mais sofisticadas, utilizado pelo físico como critério de aceitabilidade de uma hipótese, na prática efetiva da pesquisa. É evidente que isso não significa uma desconsideração pelos aspectos lógicos, o que estaria em contradição com tudo o que se afirmou até aqui. O que ocorre é uma espécie de separação das teorias em formulações que, reunidas em classes, gozam da propriedade da consistência formal. Mas não se garante que essa consistência perdure quando essas classes forem reunidas. Referir-me-ei a essa situação usando a expressão “consistência por partes”, e direi que o que se espera da física não é que seja consistente mas, apenas, que seja consistente “por partes”.

A física, por outro lado, não é uma ficção, entendendo-se por ficção uma criação arbitrária do pensamento. Não é da certeza associada à demonstração lógica que decorre a validade de um enunciado. Como ciência empírica, a pretensão de validade dos enunciados da física é, em última análise, decorrente de um “acordo

com a experiência”. Esse acordo implica na ocorrência de:

- (1) experiência, que se constitui quando estão presentes:
 - uma teoria T;
 - regras de correspondência, entre as quais as definições operacionais dos construtos da explicação (definições coordenativas de Reichenbach);
 - conjunto dos fatos concatenados por uma explicação integradora consistente com a teoria T.
- (2) o resultado, R, da experiência;
- (3) a previsão, P, do resultado da experiência a partir da teoria T;
- (4) a igualdade entre P e R, a menos do erro experimental admitido.

Nessas condições a experiência *confirma* a teoria T e, reciprocamente, a teoria T *interpreta* a experiência. A teoria T pode, factualmente, representar um conjunto de teorias físicas diversas e frequentemente se constitui de enunciados já bem estabelecidos, em seu conjunto, e de enunciados que não se consideram ainda bem estabelecidos. Diz-se, então, que estes últimos foram testados pela experiência. Melhor seria, em benefício do rigor, dizer que a teoria T (incluídos todos os enunciados) foi testada, e que o que ocorreu em relação aos enunciados ainda não bem estabelecidos foi uma “legitimação empírica” de sua inclusão na teoria T, inclusão esta cuja expectativa de validade decorria dos processos lógicos de inferência. Não ocorrendo a igualdade prescrita no item (4), admitida a correção da previsão P, o que é, em geral, trivialmente verificável, pode-se supor: (a) que houve um erro experimental grosseiro; (b₁) que as regras de correspondência não são adequadas ou que (b₂) não é adequada a explicação concatenadora dos fatos (erros de interpretação da experiência); (c) que a teoria T é inválida. Excluídas as hipóteses (a) e (b), a teoria T pode ser preservada se se puder admitir que os fatos constitutivos da experiência não pertencem ao domínio de validade da teoria. Algumas vezes o resultado negativo do teste de alguns enunciados, acarretando a hipótese (c), não leva, na prática, à rejeição da teoria, seja pelo caráter bem estabelecido de seus demais enunciados, seja pela inexistência de outra teoria em condições de substituí-la (por exemplo: o caso do avanço do periélio de Mercúrio na mecânica celeste clássica).

A física é um conjunto de teorias tais quais T. A questão é: um tal conjunto é necessariamente único? Se a resposta for afirmativa, pode-se supor que essa unicidade é uma indicação razoável de que o real é o referente da física, e disto se origina a unicidade demonstrada. Se a resposta for negativa, o problema será determinar se é possível uma física do real em contraposição a outras formulações que respeitem o esquema antes descrito mas que sejam “irreais”; ou se todas as “físicas” compatíveis com o esquema descrito são equivalentes. Neste último caso, a classe de equivalência assim determinada é que, em certo sentido, representaria o real. Observe-se que nos dois casos de unicidade (uma única formulação possível e uma classe de equivalência) sempre se poderá dizer que o problema metafísico é irrelevante para construção da física (em que pese sua grande importância do ponto de vista estritamente filosófico), já que o que se estará valorizando metodologicamente é a própria unicidade. A hipótese metafísica que se estiver enunciando a partir dessa unicidade, por mais razoável que seja, será sempre postulada e insuscetível de verificação pelo método da física.

Não me parece existir, no momento presente, solução teórica inquestionável para o problema formulado acima. O que existe é a unicidade factual da reconstrução histórica da física, unicidade esta que sempre poderá ser imposta se incorporando aos princípios que regem a dinâmica das teorias o que Poincaré chamou *principe du raccordement*: a exigência de que sempre que uma teoria substitua outra mais antiga, ambas devem prever resultados coincidentes no domínio de validade da teoria antiga. Essa unicidade factual, assim garantida, poderia ser confundida com a unicidade necessária, solução teórica do problema posto, e, assim, poder-se-ia invocá-la para justificar a solução do problema metafísico nos termos: a *única* física historicamente reconstruída é a representação do real. Entretanto, mais uma vez cabe chamar a atenção para a desnecessidade desse passo para a fundamentação da construção da física. Basta, para essa construção, que se preserve a possibilidade de uma reconstrução histórica única, o que se consegue, na prática, construindo teorias que tenham por suas “aproximações” aquelas às quais substituam (*principe du raccordement*).

A conclusão é: (1) excluir de consideração o problema metafísico da física, quando estão em jogo as teorias desta, não é uma escolha arbitrária de qualquer escola de pensamento, mas sim traduz a incapacidade da física de legitimar, através do seu método, qualquer solução deste problema, e (2) para a efetiva construção da física é irrelevante a hipótese metafísica que se queira formular acerca de sua relação com o real. Admitindo-se que existe uma física com teorias T bastante sofisticadas e bem estabelecidas, e sendo reconstruída a história dessa física de maneira factualmente única (única no sentido de que os fatos relevantes para a confirmação ou infirmação das teorias não são, enquanto resultados de experiência, substancialmente contestados), o esquema aqui delineado é compatível com o devir dessa física.

Problemas filosóficos da física

Se por filosofia entendermos o que está relacionado nos números (4) ou (5) da descrição de Stegmüller da situação da filosofia contemporânea, não é necessário insistir na importância, para o filósofo, do conteúdo das ciências particulares, notadamente da física. É preciso, porém, insistir em que essa importância não é menor se considerarmos as demais acepções contemporâneas do termo filosofia. Seja porque se admite um saber especificamente filosófico, seja porque se valorizam aspectos globais da cultura e da vivência do homem, o fato é que entre os objetivos da filosofia sempre se encontrará a tentativa de esclarecer ou, pelo menos, explicitar certas noções fundamentais para que o homem se auto-situe, e essas noções, pelo menos algumas delas, não se pode pretender criticar competentemente se se ignora por inteiro como elas se põem no âmbito da ciência. É o que ocorre, por exemplo, com noções que sempre interessaram à metafísica clássica como espaço, tempo, causalidade e que têm na física um tratamento que se destaca tanto pelo seu caráter fundamental quanto pela autonomia em relação ao tratamento filosófico tradicional. É certamente um equívoco supor que tais noções sejam exclusivas da física e que apenas em seu âmbito devam ser tratadas. Vistas, entretanto, a quantidade de informações com que a física pode contribuir a respeito delas, a partir do uso específico dessas noções em suas teorias, equívoco maior seria prescindir dessas informações em

nome de uma separação estanque de saberes, arbitrária e, no caso, descabida.

Há, na amplitude dessas questões, aspectos que se caracterizam tipicamente como problemas da física. Outros aspectos parecem inquestionavelmente alheios à física. Entretanto, numerosos outros parecem situados em uma “terra de ninguém” onde é extremamente difícil distinguir o que é parte da física, o que é reflexão acerca da física, o que é especulação bem fundamentada.

Numa tentativa, sem maior pretensão de completude, de sistematizar os problemas filosóficos da física, podemos distinguir:

- (1) Problemas decorrentes das noções que pertencem à física mas dela extrapolam. Exemplos: o problema do espaço e o problema do tempo.
- (2) Problemas suscitados por princípios heurísticos impostos explícita ou implicitamente às teorias da física ou, às vezes, a elas incorporados. Exemplos: o princípio da causalidade, os princípios cosmológicos.
- (3) Problemas suscitados pela extrapolação filosófica de resultados da física. Exemplo: sustentação da possibilidade da interferência de Deus nos fenômenos da natureza, a partir do indeterminismo decorrente da mecânica quântica (Beinfante *apud* Jammer, 1974, p. 330).

Essas famílias de problemas, que não correspondem a uma divisão estanque da problemática possível e nem cobrem necessariamente a totalidade dos problemas metacientíficos da física, incluem problemas físicos específicos de interesse filosófico como sejam:

- questão das singularidades do espaço-tempo: *black holes*, cesura cósmica e origem do universo;
- padrões naturais de tempo oferecidos por um universo em expansão;
- possibilidade da ocorrência de linhas de universo tipo tempo fechadas;
- Termodinâmica dos sistemas abertos (tempo de Prigogine);
- problemas relativos à interpretação da mecânica quântica; em particular, questões de teoria da medida: conjecturas de Wigner relativas à interveniência da consciência no processo de medida, e teorias de latência de Margenau e teoria dos “muitos mundos”;

(Recebido em 05/12/90)

– teorema de Bell e impossibilidade de uma teoria local de variáveis ocultas; argumento EPR;

– uso do cálculo proposicional como pré-geometria, no sentido da geometrodinâmica (conjectura de Wheeler);

– uso do cálculo proposicional como fundamentação da mecânica quântica (linha interpretativa de Jauch/Piron).

Sem que esta relação precise ser exaustiva (ela é, meramente, o resultado de um processo de citação à medida que os exemplos ocorriam à lembrança), pretendo ter evidenciado que se o físico profissional não se quiser imiscuir com indagações filosóficas não é, certamente, porque sua área de trabalho seja estéril nessas indagações ou porque física e filosofia se tenham tornado incompatíveis. Para aqueles de mente inquisitiva, e para os filósofos bem instruídos na ciência do seu tempo, as divisões arbitrárias do saber continuarão parecendo uma tentativa desarrazoada de limitar a compulsão do homem para o conhecimento. Aliás, é falando nessa compulsão que Aristóteles começa a *Metafísica*.

LISTA BIBLIOGRÁFICA

- ALEMBERT, J. le R. d' *Traité de Dynamique*. 1. ed., Paris: David l'Ainé, 1743. Edição consultada na Biblioteca Nacional, RJ.
- FEYNMAN, R. P. *The Feynman Lectures on Physics*. Massachusetts: Addison-Wesley, 1965. v. 1.
- HARMAN, P. M. *Energy, Force and Matter*. Cambridge: Cambridge University Press, 1982.
- HAMMER, M. *The Philosophy of Quantum Mechanics*. New York: John Wiley & Sons, 1974.
- KOYRÉ, A. *Etudes Galiléennes*. Paris: Hermann, 1966.
- MARGENAU, H. Methodology of Modern Physics I. *Phil. of Science*, v. 2, p. 48-72, 1935.
- MARGENAU, H. Metaphysical Elements in Physics. *Rev. Mod. Phys.*, v. 13, 1941. Republicado In: MARGENAU, H., *Physics and Philosophy: selected essays*. Dordrecht: Reidel, 1978, p. 90-113.
- ROCHA, A. S. A Noção Cartesiana de Movimento e a 3ª Lei da Natureza nos *Princípios da Filosofia*. In: ARGON, D. F.; ALCOFORADO, P. (eds.), *Anais do I Simpósio Fluminense de Lógica Filosófica e Teoria da Ciência*. Niterói: Universidade Federal Fluminense, 1983.
- STEGMÜLLER, W. *A Filosofia Contemporânea*. São Paulo: EDUSP, 1977.
- TRUESDELL, C. *Essays in the History of Mechanics*. Berlin: Springer-Verlag, 1968.