

IFUSP/P 513  
B.I.F. - USP

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

# PUBLICAÇÕES

INSTITUTO DE FÍSICA  
CAIXA POSTAL 20516  
01498 - SÃO PAULO - SP  
BRASIL

IFUSP/P-513

POR QUE HISTÓRIA E FILOSOFIA DA FÍSICA NO ENSINO  
DA FÍSICA?

Amélia Império Hamburger

Instituto de Física, Universidade de São Paulo

Apresentado como contribuição à Mesa Redonda  
"Problemas Críticos do Ensino de Física", VI  
Simpósio de Ensino de Física, Sociedade Bra-  
sileira de Física, Niterói, janeiro de 1985.

Fevereiro/1985

B.I.F. - USP

LINHA : PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA

MESA REDONDA : "PROBLEMAS CRÍTICOS NO ENSINO DE FÍSICA"

APRESENTAÇÃO : AMÉLIA IMPÉRIO HAMBURGER (COORDENADORA)

Esta Mesa Redonda foi organizada pela Comissão Organizadora do Simpósio e os membros foram designados para apresentar para debate os seguintes temas: 1 - Modelos espontâneos/física intuitiva, 2 - Ensino de Laboratório e 3 - História e Filosofia da Ciência.

A partir dos anos setenta, por razões ligadas à internacionalização das formas de utilização da mão de obra principalmente devido à disseminação de empresas multinacionais, o sistema educacional teve grande expansão. No Brasil, por exemplo, tornou-se obrigatório, por lei, os oito anos de ensino de primeiro grau. O segundo grau profissionalizante também foi decorrência da mesma política educacional.

Essa situação passou a exigir uma revisão, em profundidade, do ensino que deixa de ter um caráter estritamente propedêutico e é proposto com caráter terminal. Além disso, deverá atingir contingentes de alunos que não tiveram antecedentes de grande escolaridade e que sobretudo, são destinados ao mercado de trabalho que exige familiaridade com a modernização da sociedade, que se caracteriza pela presença dos conhecimentos científicos fortemente acoplados ao desenvolvimento tecnológico.

O papel do professor em sala de aula deve retomar sua valorização. A preocupação predominante nos anos 50 e 60 de produzir material de ensino está sendo substituída pela implantação de áreas de pesquisa em ensino que visam uma melhor formação do professor. Há necessidade de prepará-lo para ter visão própria sobre o que vai ensinar, para conhecer seus alunos como sujeitos

pensantes, de diferentes extratos culturais, e no caso da física, deverá saber usar o laboratório nas suas múltiplas possibilidades pedagógicas. Essas qualidades, que parecem óbvias, são as utopias que estão sendo construídas contra o ensino livresco, a falta de interação professor-aluno na aprendizagem, as falsas dicotomias teoria x experiência, ciência x técnica, problemas moldados por uma concepção utilitária da educação. Como ampliar o alcance da educação, do ensino de física ?

As exposições que se seguem procuram mostrar como os trabalhos nas áreas assinaladas podem contribuir para novas perspectivas no ensino de física: Arden Zylbersztajn da Faculdade de Educação da Universidade Federal do Rio Grande do Norte apresentará seu trabalho sobre "Concepções alternativas e Ensino de Física"; Marcos F. Elia do Instituto de Física da Federal do Rio de Janeiro apresentará as "Funções pedagógicas do Ensino através do Laboratório de Física", e finalmente, eu mesma, da Universidade de São Paulo, falarei do uso da História e Filosofia da Ciência na formação do professor de física e no ensino de física.

## POR QUE HISTÓRIA E FILOSOFIA DA FÍSICA NO ENSINO DA FÍSICA ?

AMÉLIA IMPÉRIO HAMBURGER

Departamento de Física dos Materiais e Mecânica  
Instituto de Física da Universidade de São Paulo

Apresentado como contribuição à Mesa Redonda "Problemas críticos do Ensino de Física", VI Simpósio de Ensino de Física, Sociedade Brasileira de Física, Niterói, janeiro de 1985.

Os expositores que me antecederam já apresentaram bons exemplos de como as questões epistemológicas perpassam as pesquisas e a prática do ensino de física: Arden ao apontar, por exemplo, no estudo das concepções dos alunos, a existência de "explicações pessoais da realidade, que numa interpretação construtivista dos fatos, fazem sentido do ponto de vista da pessoa que as constroem". Essa afirmação, e mesmo toda a linha de pesquisa sobre física intuitiva, são elas próprias indagações sobre o que é a ciência, o que tem sido. Marcos falou, entre outros pontos, em "sociedade que prefere o discurso à evidência", o que suscita discussões de natureza filosófica.

Esta apresentação foi preparada como série de transparências. São selecionados alguns pontos sobre a pergunta-título que suscita tantos pensamentos e diferentes formas de apresentá-los que não se esgotariam numa conferência de vários dias para esse fim (Ver, por exemplo, Ref. 1).

Podemos diferenciar dois aspectos da História e Filosofia da Física no Ensino da Física: 1 - como objeto de PESQUISA em si, e 2 - como uso na FORMAÇÃO DO PROFESSOR. Sob este último aspecto, mostra-se essencial para preparar o professor para respon-

der às perguntas sobre : O QUE ensina ?, PARA QUE serve ? que todos os alunos fazem. Perguntar o que é Ciência (FILOSOFIA), e a verificação, ou conscientização, do que tem sido ou está sendo o conhecimento científico (HISTÓRIA) pressupõem o reconhecimento da ATIVIDADE, e CRIAÇÃO, HUMANAS, em interação com a NATUREZA e a SOCIEDADE.

### FILOSOFIA

Tomamos de Mário Bunge, em homenagem, (IV SNEF - Rio de Janeiro - 1979, Ref. 2) os seguintes exemplos de questões filosóficas : a LÓGICA : ex: o conceito da massa em física clássica (Newton) é definido ou básico ?; as leis de conservação são princípios ou teoremas ? ("A física não precisa muito da lógica, mas um pouco, para evitar erros" M.B.). A lógica não é suficiente, e usamos a SEMÂNTICA : o que é a verdade, o que é o significado, qual o significado físico de uma teoria física; a TEORIA DO CONHECIMENTO : o progresso da Física tem limites intrínsecos, há fenômenos físicos que jamais poderemos compreender ?; e a ONTOLOGIA : o que é uma propriedade física ? como caracterizar o espaço e o tempo ? o que é o tempo ? (A física pode dar uma resposta matemática : tempo é uma variável que entra em certos grupos de transformações); haveria espaço sem haver matéria ? mais a AXIOLOGIA que discute o valor dos dados em sua relação com as teorias, e finalmente a ÉTICA da física, onde o conhecimento é visto como parte da cultura e não se admite que seja posto a serviço da repressão.

Bunge lembra exemplos de conceitos em física : o TEMPO: em Aristóteles e Santo Agostinho o tempo não existe por si, é intrinsecamente relacional enquanto que em Newton existe um tempo absoluto. A que se refere o conceito de MASSA : o que pode

ter massa ? É uma propriedade de um corpo com relação a um referencial. Há campos de massa nula. Tudo que tem energia tem massa. "O importante não é tanto a lógica, mas o conteúdo de realidade física." E lembra que "NÃO SE DEFINE A PARTIR DA MEDIÇÃO - O QUE SE MEDE É O VALOR DO CONCEITO. ESTE É DADO PELA TEORIA. SEM TEORIA NÃO DESENHAMOS OS APARELHOS".

Entramos na questão do MÉTODO CIENTÍFICO: Tem muito êxito, mas o que é ? Só pode ser aplicado às ciências naturais ? Não, diz Bunge, o método científico é muito mais amplo que o método experimental. A natureza e o alcance do método tem variado ao longo dos 350 anos que se fala dele. Tem então caráter HISTÓRICO.

O DECÁLOGO DO FÍSICO FILOSOFICAMENTE VIRGEM que Bunge apresentou no Rio em 1979 ilustra com grande felicidade o físico ingênuo que nos é familiar, desde nós mesmos. Resumimos a seguir :

- 1 - A observação é a fonte e o objeto do conhecimento físico.
- 2 - Nada é real a não ser que se possa converter à experiência humana.
- 3 - As hipóteses e teorias são sínteses indutivas de dados experimentais.
- 4 - As hipóteses e teorias são descobertas. Não são inventadas.
- 5 - A meta das hipóteses e teorias é sistematizar e prever experiências humanas.
- 6 - As teorias que incluem não observáveis não têm sentido físico.
- 7 - As hipóteses e teorias são mais, ou menos, verdadeiras - são modos simples de sistematizar os dados (verdade = simplicidade).
- 8 - Todo conceito deve ser definido.
- 9 - O que confere significado físico é a definição.

10 - Um símbolo adquire significado físico por meio de uma definição operacional.

Esses modos de pensar são as bases (ideológicas) de uma visão pragmatista, tecnicista de física e das relações do homem com a sociedade que vão sustentar propostas de um ensino técnico, instrumental, não interessado no aspecto cognitivo da ciência. Paul Langevin, por exemplo, enfatizava muito esse ponto e apontava para a importância da história da ciência para se compreender as dimensões de conhecer e de criação que se justapõem às aplicações da ciência. (Ref.3)

Assim, a História e a Filosofia da Ciência são instrumentos para se olhar para a Ciência e ver algo mais que Ciência. Percebê-la como pensamento humano, uma interessante tentativa de ORDENAR o desenvolvimento, a produção e a transmissão do conhecimento, dando lugar, numa relação complementar e sob muitos aspectos dialética, ao USO EFICIENTE da natureza e das idéias desenvolvidas. (Ref.4) No ensino DEVEM APARECER os vários aspectos. Isso é bastante difícil, e se definem PROBLEMAS CRÍTICOS que vem sendo trabalhados.

Como exercício de reflexão filosófica, relacionado com a exposição que me antecedeu, apresento uma forma de pensar o que são teorias e experiências. TEORIAS são instrumentos de pensamento com os quais são captados elementos da natureza (de forma abstrata). A partir das teorias são planejadas EXPERIÊNCIAS de tal forma que fiquem definidas as condições que tornam possível a apropriação desses elementos da natureza, que irão se tornando concretos com o uso. (Ref.5)

#### A HISTORICIDADE do conhecimento

A apropriação da natureza se dá dentro de um contexto social e político. Os modos de apropriação, e a própria coisa

apropriada são definidos historicamente. Peguemos como exemplo a ÁGUA. (do livro "Essay sur L'Histoire Humaine de la Nature" de S. Moscovici (Ref.6). Para os GRECOS, é água dos rios, do oleiro, para umidecer o barro. É um dos quatro elementos que se combinam entre si; ainda a física qualitativa jônica; no SEC.XVII é ainda a água dos rios, mas dos moinhos e das bombas, do engenheiro, da gravidade, da física quantitativa de Galileu; no SEC XX, a água pode se revestir da aparência de "água pesada", ( $D_2O$ ), se considerarmos as energias armazenadas a nível atômico. Em cada época, pois, o homem recorreu a conhecimentos diferentes, a modos de ação diferentes, a nova imagem do mundo. A NATUREZA É AO MESMO TEMPO DADA E CRIADA !

Tentamos, com trabalho rápido, dar um outro exemplo, o do CALOR (Ver Bernal Ref. 8). Para os GREGOS é a propriedade do FOGO, um dos quatro elementos, e se é usado para produzir movimento, não o é para substituir trabalho humano, então escravo; no SEC XVII é essencialmente o enxofre dos árabes e paracelsianos, como o nome de flogístico, a substância que todos os combustíveis perdem ao queimar, que não tinha massa, paradoxalmente definido como o oposto de uma substância, não se liga a trabalho, mas qualitativamente a transformação química; no SEC. XVIII calor é substância material, chamada "matéria de calor" por Black e calórico por Lavoisier, fluido imponderável ainda relações qualitativas. SEC. XIX se usava a transformação do calor em trabalho nas máquinas a vapor. Estabelece-se relação quantitativa entre calor e trabalho na produção de movimento, e vislumbrando que numa transformação (de eletricidade em calor, de calor em trabalho, de momento em calor) é como se "a causa e o efeito fossem a mesma coisa" (Ref.10), surge a lei de conservação e o conceito de energia. Também a entropia está contida na idéia de calor.

Podemos ainda pensar na matemática e como sua relação

com a física determina condições de distinguir e conhecer propriedades muito complexas e escondidas. Um exemplo simples é o discernimento entre força e energia pode passar pela diferenciação entre a natureza vetorial e escalar na realidade física. E ainda as entidades tensoriais, espinoriais, etc. (Ref.7). Usamos todas essas formas de decodificação do pensamento, do fazer, do próprio homem no mundo.

Há muitas maneiras de se ver a História e a Ciência : Exemplos : Ciência na História (Bernal), História Social da Ciência (Cini et al., Bernal), Historiografia dos conceitos (Langevin, Heilbron, Moscovici, Schenberg). Estudo de artigos e do pensamento original (Jammer, Schilpp, Paty), Filosofia (também dentro de uma perspectiva histórica : Bunge, Bohm) (Ver Ref.8). E ainda a História e Filosofia da Ciência no Ensino, numa relação de realidade, em "Neohumanism and the Persistence of Pure Mathematics in Wilhelmian Germany" onde Larry Pyenson historia o conteúdo do ensino na escola secundária alemã, inclusive o conceito de "visão de mundo", a "Weltanschauung". (Ref.9)

Para mais referências bibliográficas ver, por exemplo, no Brasil, em português, o trabalho de Roberto de A. Martins em Cadernos de História e Filosofia da Ciência (UNICAMP), nº 6, 1984, "Mayer e a Conservação da Energia" com mais de 100 referências (Ref.10), e "Using History of Physics in Innovative Physics Education" que são as ATAS da Conferência Internacional de Pavia, Itália, setembro de 1983, (Ref.1), onde há artigos de vários filósofos, historiadores e físicos, com extensas bibliografias.

#### COMO O PROFESSOR USARÁ A HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA ?

Para FORMAÇÃO CRÍTICA, isto é : fica com melhor idéia de que a criação científica não é um processo lógico mas tem muitas

expressões possíveis. Prepara-o assim para perceber nos modos de pensar do aluno ELEMENTOS do conhecimento científico construído através do complexo processo histórico, através de lances concretos de interação, peculiar de cada caso, entre o indivíduo e o meio social da época. Torna concreto o conceito de Ciência acompanhando sua criação e ação na história, e pelo conhecimento de suas formas específicas de trabalho. O professor poderá enfrentar com visão mais ampla questões complexas de ensino, tais como o ensino de laboratório experimental, a interrelação física matemática, o significado de avaliação precisa de aprendizagem, etc.

Gostaria de chamar rapidamente a atenção para o risco de se definir um paralelismo exato entre a evolução dos conceitos científicos (que são processos sociais e históricos) e a evolução do aluno (que se dá no âmbito da história do indivíduo dentro dos processos psicológicos das relações de ensino-aprendizagem). Na nossa época os conceitos antigos convivem na prática com os novos. Os conhecimentos científicos estão incorporados na vida cotidiana através das transformações dos objetos produzidos e das formas de produção deles, e das novas formas de pensar. Pode-se falar de analogias, as dúvidas conceituais serão análogas (e a o conhecimento da História ajuda) mas é ingênuo falar em processo de recriação científica em sala de aula.

É importante então que a FORMAÇÃO DO PROFESSOR SEJA MULTIDISCIPLINAR, não só conteúdo mais didática, pura e simplesmente, mas entendendo os conteúdos como processos de conhecer, formados historicamente, e a didática como processos de conhecer formado em situações de ensino-aprendizagem. Fica claro que há subjacente uma premissa básica: a visão do homem e de suas relações no mundo social. (Ref.11)

"Não acredito em ensino, mas sim em aprendizagem - o aluno deve se apresentar sabendo sobre o que vai aprender e querer aprender" M. Bunge, 1979. Esse seria um pensamento básico para

uma situação dialógica entre o professor e o aluno, sem paternalismo. Qual o papel do professor para estabelecer a situação em sala de aula? Esse também é um PROBLEMA CRÍTICO que certamente poderá apresentar um número grande de soluções práticas.

#### PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA

Para finalizar, voltamos ao nosso tema na Linha do Simpósio e nesta Mesa Redonda: Como fazer pesquisa em ensino de física usando História e Filosofia da Ciência? A questão então é definir a PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA e NÃO em história e/ou filosofia: uma sugestão seria estudar artigos fundamentais - aqueles que já significaram uma síntese, no sentido de Langevin (Ref.5), a ponto da forma de expressão dos novos conceitos passarem para os livros didáticos. Fazer uma LEITURA CRÍTICA, quase no sentido de crítica literária, usando trabalhos da HISTORIADORES E FILOSOFOS DA CIÊNCIA. Estes são campos bem definidos no exterior e em franco desenvolvimento e bastante procurados no Brasil.

Definimos assim mais alguns Problemas Críticos: Definição de situações dialógicas ensino-aprendizagem, currículo multidisciplinar da licenciatura, formação de professores e pesquisadores em história e filosofia da Ciência.

#### REFERÊNCIAS

- 1 - Proceedings of the International Conference on "Using of History of Physics in Innovative Physics Education" Pavia, Italy, 1983 - BEVILACQUA, Fabio e KENNEDY, P.J., editors (respetivamente do Dept. of Physics "A. Volta" Università di Pavia Itália, e Dept. of Physics, University of Edinburgh, U.K.)

- 2 - Mario Bunge - Curso de Filosofia da Ciência - IV Simpósio Nacional de Ensino de Física, Rio de Janeiro, 1979 - não publicado - Referência a partir de Notas de aula de A. I. Hamburger.
- 3 - Paul Langevin, físico e filósofo francês, coautor de reforma de ensino Langevin-Wallon, França, 1945. Ver, por exemplo, em La Physique depuis vingt ans Ed. Gaston Doin, 1923, "L'Esprit de l'enseignement scientifique" pg. 424-453. Ver também artigos recolhidos no volume "La Pensée et L'action" Editions Sociales 24, Rue Racine (6e) Paris, 1964.
- 4 - Ver, por exemplo, G. Ciccotti, M. Cini, M. de Maria, G. Joanna Lasinio, "L'ape e L'architetto". Paradigmi scientifici e materialismo histórico, Feltrinelli, Milano, 1976.  
M. Schenberg - "Pensando a Física" ed. Brasiliense, 1984.  
Agradecemos a Alberto L. da Rocha Barros pelas discussões sobre Teoria da Ciência e relações Ciência-Técnica.
- 5 - P. Langevin "Les courants positiviste et réaliste dans la philosophie de la physique" Relato apresentado ao Congresso Internacional de Filosofia da Ciência, Varsóvia, 1938, publicado em Les Nouvelles Theories de la Physique, pelo Instituto Internacional de Cooperation Intellectuel, 1939.  
M. Paty em "La matière Derobée - Un programme epistemologique" Ed. Feltrinelli, 1984.
- 6 - G. Moscovici - "Essay sur L'Histoire Humaine de la Science" ed. Flammarion, 1977.
- 7 - Ver M. Paty - Mathématisation et l'accord avec l'expérience Fundamenta Scientiae, vol. 5, nº 1, pg. 31-50, 1984

- 8 - J. D. Bernal - Science in History - Vol. I a IV - Pelican Books, 1969 e Social Function of Science. M. Cini ref. 4; P. Langevin ref. 3 e 5; J. Heilbron em "The virtual oscillator as a guide to physics students lost in Plato's cave" ref. 1, pg. 162; G. Moscovici ref. 6; M. Schenberg ref. 4; Jammer, M., "The conceptual development of quantum mechanics" N.Y., Mc Graw-Hill, 1966. Schilpp, P, A, "Albert Einstein : Philosopher-Scientist" Cambridge University Press, London, 1949. M. Paty ref. 5; Bunge em Filosofia de la Física, Editorial Ariel, 1978, D. Bohm em "Wholeness and the Implicate order" Routledge and Kegan, Londres, 1980.
- 9 - Lewis Pyenson em "Neohumanism and the Persistence of Pure Mathematics in Wilhelman Germany" American Philosophical Society - Independence Square - Philadelphia, 1983.
- 10 - E. A. Fleischner - "O Domínio de alguns conceitos em física pelas crianças;" "Educational Psychology in USSR" B. e J. Simon, Routledge and Kegan, Paul, 1963. Tradução de Benedito Carneiro - curso de Instrumentação para o Ensino - 1975 - ver em Caderno sobre Ensino de Conceitos em Física - Ed. Amélia Império Hamburger Publicações IFUSP/P-377, 1982. L. S. Vigotsky em "Thought and Language", the MIT Press, 1962 e L. S. Vigotsky em "Mind in Society" - The development of Higher Psychological Processes, Harvard University Press, 1978. J. Piaget, Les explications causales - Presses Universitaires de France, 1971.