

História da Física — Um questionário de avaliação

MANUEL F. THOMAZ e ISABEL M. MALAQUIAS (*)

Departamento de Física, Universidade de Aveiro, 3800 Aveiro

Após 4 anos de leccionação da cadeira de História da Física foi realizada uma sondagem aos alunos que a frequentaram, com vista a colher opiniões que permitam aferir e melhorar os conteúdos e métodos de ensino que têm sido usados. Os resultados do inquérito mostram, como seria de esperar, que algumas modificações devem ser introduzidas para melhor atingir os objectivos pedagógicos e científicos propostos.

1. Questionário (transcrição)

HISTÓRIA DA FÍSICA

Um Questionário

O presente questionário destina-se a recolher informações e opiniões de alunos ou licenciados que tenham já frequentado a disciplina de História da Física. Esta disciplina é fixa no currículo do curso da licenciatura em Física e optativa no da licenciatura em Ensino de Física e Química. Trata-se de uma disciplina semestral com 2 horas por semana.

A título de memorando indicam-se a seguir os temas que têm constituído o programa da disciplina.

PROGRAMA

Conteúdos

Conteúdos	N.º de horas (aproximado)
1. A Ciência na Antiguidade Oriental e Clássica	
1.1. Egipto (geometria, topografia, aritmética, ...)	1
1.2. Assíria (astronomia, matemática comercial, astronomia, ...)	0,5
1.3. Grécia (Tales, pitagóricos, atomistas, Aristóteles, ...)	1
1.4. Alexandria e Roma (Euclides, Arquimedes, aplicações técnicas, ...)	1
2. A Ciência na Idade Média — o novo despertar do Interesse pela Ciência	
2.1. O mundo árabe (Al-Hazen, Geber, ...)	1,5
2.2. O ocidente (Alberto Magno, G. Occam, Roger Bacon, Oresme, ...)	1
3. Renascimento	
3.1. Leonardo da Vinci	0,5
3.2. Francis Bacon	0,5
3.3. Ticho Brahe	1

4. O Século XVII

- 4.1. Astronomia — a polémica (Kepler, Copérnico, Galileu) 2,5
4.2. Descartes, Gassendi, Newton 2,5

5. O Século XVIII

- 5.1. O desabrochar da Física 1,5
5.2. As disciplinas da Física (Mecânica, Calor, Electricidade) 2
5.3. A instrumentação científica (aparelhos de medida, laboratórios de Física, etc.) 1,5
5.4. A revolução industrial 1

6. O Século XIX

- 6.1. A Termodinâmica (Carnot, Mayer, Clausius, ...) 2
6.2. O Electromagnetismo, incluindo Óptica (Coulomb, Ampère, Faraday, Fresnel, Maxwell, ...) 3,5

7. O Século XX

- 7.1. Factos que conduziram à alteração da Física Clássica 2

Avaliação

A avaliação é feita a partir de trabalhos (em grupos de 2 alunos) sobre temas dados a escolher ou sobre comentários e apreciações de obras com interesse na História e Filosofia da Física.

QUESTIONARIO

I — Identificação

1. Sexo: F M
2. Curso: Física
Ensino de Física e Química
Licenciatura:
Completa
Incompleta Ano

(*) Bolsista do Instituto Nacional de Investigação Científica.

3. Experiência como professor:

Não Sim

Tempo de serviço: anos

As questões abaixo assinaladas com * admitem resposta a mais do que um dos itens apresentados.

II - A disciplina e seu funcionamento

1. Os temas tratados durante o curso (vd. programa atrás) são, quanto ao seu número:

- demasiados

- suficientes

- poucos

- sem opinião

- muito interessantes

- interessantes

- pouco interessantes

- nada interessantes

3. Será desejável retirar do programa alguns dos tópicos abordados no curso: Não Sim

Se indicou Sim, exemplifique tópicos que deviam ser retirados (use a numeração que aparece no programa):

- -

Indique sumariamente as principais razões

.....

4. Explícite alguns tópicos novos que deveriam ser incluídos no curso:

1. 2. 3. 4.

5. Dos tópicos abordados indique quais gostaria de ver tratados (usar a numeração do programa):

a) mais aprofundadamente:

1. 2. 3.

b) mais superficialmente:

1. 2. 3.

* 6. Relativamente à apresentação dos temas, as aulas devem ser:

- teóricas (exposição oral)

- seminários (com apresentação por estudantes e discussão)

- outras

* 7. Apresentação dos temas deve:

- ser feita só pelo professor

- fazer uso de professores convidados

- incluir apresentação de diapositivos, filmes, diaporamas, etc.

- prever visitas a museus, exposições, bibliotecas, etc.

- outros meios

8. A avaliação deve ser feita através de:

- testes

- trabalhos a apresentar no fim do curso

- testes e trabalhos

- outros métodos

* 9. Como elementos de apoio ao estudo devem existir:

- um texto («sebenta», fotocópias, etc.) com a totalidade do curso

- um livro de base

- vários livros de consulta

- textos originais

- artigos de revistas sobre História da Ciência

- outros elementos

III - Interesse da disciplina no plano geral de formação e nos currícula dos cursos em que se integra

1. O estudo da História e Filosofia da Física tem, para a formação de um cientista ou de um professor de Física:

a) (cientista)

- muito interesse

- algum interesse

- pouco interesse

- nenhum interesse

- não sei

b) (professor de Física)

- muito interesse

- algum interesse

- pouco interesse

- nenhum interesse

- não sei

2. Se indicou as duas primeiras opções em a) ou b) procure ordenar as razões atribuindo um número de ordem às opções seguintes:

- é estimulante para o estudo da Ciência o conhecimento da evolução histórica dos seus métodos, técnicas e ideias

- é importante para o cientista conhecer os fundamentos filosóficos da Ciência

- é necessário estudar as implicações sociais da Ciência ao longo dos tempos
- é importante conhecer os impactos ambientais, éticos e políticos da Ciência.
- outras razões

3. A disciplina de História da Física contribui para uma formação cultural mais ampla dos futuros físicos e professores de Física:

- muito — razoavelmente
- pouco — nada

4. A História da Física é estimulante para desenvolver o gosto pela Física:

- muito — razoavelmente
- pouco — nada

5. A disciplina deve ser obrigatória no currículo do curso de:

- Física Sim Não
- Ensino de Física e Química Sim Não

6. A disciplina de História da Física deverá relacionar-se preferencialmente com:

- disciplinas propedéuticas do curso (1.º e 2.º anos)
- disciplinas avançadas do curso (3.º e 4.º anos)
- disciplinas profissionalizantes (estágio, projecto, etc.)

* 7. As dificuldades que se encontram no estudo e compreensão da disciplina dizem respeito a:

- aspectos da História Universal
- aspectos de Física
- não relacionar o conteúdo da disciplina com quaisquer aspectos das disciplinas de Física e/ou de Química já frequentadas
- Outras

* 8. Se já teve experiência profissional como professor de Física ou como estagiário:

- utilizou nas suas aulas conhecimentos de História da Física Sim Não
- usou a História da Física na preparação das suas unidades de ensino, quer para apresentação teórica, quer laboratorial Sim Não
- sentiu ser a História da Física um meio de se relacionar com professores de outras áreas na Escola Sim Não

9. Algumas sugestões no sentido de melhorar o interesse e o funcionamento da disciplina de História da Física

2. Resultados

2.1. A população

Embora desde o início da cadeira em 1985/86 (trata-se de uma disciplina do 2.º semestre do 4.º ano dos cursos de Física e de Ensino de Física e Química, que pode ser frequentada noutros anos visto que não está condicionada a precedências) tenham já frequentado a História da Física 94 alunos, só foi possível atingir 38, dos quais concluíram 10 alunos em 1986, 11 em 1987, 3 em 1988, 12 em 1989 e 2 não indicam o ano de conclusão. Foi portanto atingida uma população de 40,4% do máximo possível. Dos 38 inquiridos, 27 são do sexo feminino e 11 do sexo masculino; 6 são do curso de Física e 32 de Física e Química; 11 têm a licenciatura completa enquanto que dos 27 que ainda frequentam, são 2 do 3.º ano, 22 do 4.º ano e 3 do 5.º ano; só 15 dos 38 inquiridos têm experiência profissional como professores (6 com 1 ano, 5 com 2 anos e 4 com 3 anos de experiência).

2.2. A disciplina e seu funcionamento

Seguindo a ordenação das questões no inquérito, quanto aos tópicos abordados a maioria dos inquiridos considera-os em número «suficiente» (29) e 9 acham-nos «demasiados». Sobre o interesse dos temas, 29 respostas indicam que são «interessantes», 7 «muito interessantes» e 2 «pouco interessantes». Só 8 inquiridos julgam que é desejável retirar alguns tópicos do programa e quanto a estes concentram-se as respostas, com igual peso, nos tópicos dos capítulos 1, 2 e 3.

São numerosos os tópicos novos que são indicados como desejáveis, sendo a maioria deles relativos a Física moderna, como, por exemplo, «a óptica pós-laser», «relatividade restrita e generalizada», «astrofísica», «aparecimento da Mecânica Quântica», «quem são os cientistas actuais e o que fazem», «a física e a indústria do séc. XX. (ex.º desenvolvimento tecnológico)», etc. Outros tópicos significativos

indicados são «física e as outras ciências (medicina, astronomia, ...)», «o desenvolvimento da ciência em Portugal», «os cientistas portugueses», «maior cuidado e mais desenvolvimento nos capítulos 5 e 6», «como aproveitar a História da Física do ponto de vista pedagógico».

Respostas elucidativas são as que se referem às questões 5a e 5b. Com efeito, os tópicos a tratar mais profundamente são o Cap. 7 (48%), Cap. 6 (22%), Cap. 5 (15%), Cap. 4 (6%), Cap. 3 (3%), Cap. 2 (2%), Cap. 1 (3%). Em coerência com estes resultados os tópicos que se preferia ver tratados mais superficialmente são, pela ordem indicada, o Cap. 1 (45%), Cap. 2 (28%), Cap. 3 (11%), Cap. 6 (7%), Cap. 5 (5%), Cap. 4 (4%) e Cap. 7 (0%).

As questões apresentadas em seguida dizem respeito a alguns aspectos dos métodos usados na cadeira, como a apresentação dos temas nas aulas, os recursos educacionais a utilizar, os elementos de apoio e o processo de avaliação.

O modelo de aulas preferido é o de seminário com 55%, seguido de aulas teóricas (exposição oral) com 28% e outras com 17%. Entre as outras modalidades são mencionadas as seguintes: «apresentação dos trabalhos dos alunos ao longo do semestre», «as aulas deviam ser programadas de forma a os alunos darem os temas do programa, ajudados e apoiados pelo professor; cada aluno daria uma aula ou mais sobre determinado tema»; «após a exposição feita pelo professor e caso o assunto mereça ser desenvolvido mais aprofundamente tal poderia ser feito pelos alunos»; «deveria ser feito um aproveitamento dos trabalhos dos alunos»; «devia ser feito um aproveitamento dos trabalhos dos alunos dos anos anteriores»; «análise e interpretação de texto»; «os temas de seminário/trabalho devem incidir sobre a história do aparecimento das ideias, e menos sobre o trabalho de um autor».

Sobre os recursos a utilizar nas aulas aparecem opiniões numerosas a desejar a inclusão nas aulas de meios audio-visuais (filmes, diaporamas, etc.) numa percentagem de 39%,

visitas a museus, exposições e outras actividades de exterior com 34%, conferências por professores convidados com 19%, enquanto as aulas dadas só pelo professor (sem recurso a outros meios) aparecem com apenas 3%. Outras opiniões incluem: «intercâmbio investigativo com outros centros universitários»; «se os alunos fizessem trabalhos mais curtos poderiam também fazer mais exposições orais».

Ainda nos aspectos metodológicos, mas agora para sondar o tipo de elementos de consulta preferidos, as respostas à questão n.º 9 mostram que 31% das vezes é manifestado interesse em artigos de revistas sobre História da Ciência, 22% na existência de vários livros recomendados, 18% das vezes é referida a «sebenta» e 16% das vezes são referidos textos originais. A existência de um livro base pode talvez ser confundida com a da «sebenta» (para efeito de se considerar como elemento de consulta a confusão é legítima) pelo que os 4% de referências a livro de base poderão adicionar-se aos 18% de referências a «sebenta» e considerar que houve 22% de alusões a um texto de base do curso.

Ainda no que respeita ao método de funcionamento da disciplina resta saber como é encarada a avaliação, questão que é abordada no ponto 8. A maioria das respostas (71%) indica preferência pelo método de «apresentação e discussão de um trabalho final». As alternativas sugeridas concentram-se (22%) em «pequenos seminários a realizar pelos alunos ao longo do semestre» ou «aulas dadas pelos alunos», uns e outras presumivelmente sujeitas a avaliação.

A terceira e última parte do questionário destinava-se a colher opiniões e impressões sobre o interesse da disciplina em si mesma e para os cursos que integram.

O domínio da História e Filosofia da Física é considerado de muito interesse para os físicos (63%) e para os professores de Física (57%), conforme resulta das respostas à primeira questão.

As razões desse interesse são averiguadas na questão seguinte onde se sugerem quatro

razões para ordenar, deixando naturalmente possibilidade para indicar outras. Das quatro razões de interesse sugeridas, a primeira é considerada a de maior importância, com 36% de indicações. As outras três razões são apontadas com peso aproximadamente igual, havendo ligeira vantagem da 4.^a razão nas respostas dadas.

As respostas às 3.^a e 4.^a questões indicam que, na opinião dos inquiridos, a História da Física contribui para uma formação cultural mais ampla dos físicos e professores de Física (26% «muito», 66% «razoavelmente») e que é estimulante para desenvolver o gosto pela Física («muito»: 34%; «razoavelmente»: 47%).

As duas questões seguintes reportam-se à localização da disciplina no plano curricular dos cursos de Física e Ensino de Física e Química. Assim, 81% das respostas indicam que a disciplina deve ser obrigatória no plano da licenciatura em Física e a mesma percentagem se verifica para a obrigatoriedade na licenciatura em Física e Química.

Quanto às disciplinas do curso com as quais a História da Física deve ter relação preferencial, a maioria (45%) opta pelas disciplinas do 3.^o e 4.^o anos, 26% pelas disciplinas propedêuticas (1.^o e 2.^o anos do curso) e 21% pelas disciplinas profissionalizantes.

As principais dificuldades encontradas no estudo da História da Física distribuem-se da forma seguinte pelas três dificuldades sugeridas: 29% para a primeira, 14% para a segunda e 34% para a terceira.

O emprego de aspectos da História da Física pelos inquiridos com experiência de professor ou estagiário, revela que todos usaram conhecimentos de História da Física nas suas aulas, 69% usaram-nos na preparação das aulas teóricas ou laboratoriais e 83% não sentiu que a História da Física suscitasse maior aproximação com professores de outras áreas disciplinares da escola.

Num último ponto pediam-se sugestões concretas para melhorar o interesse e o funcionamento da disciplina. Eis algumas das sugestões que se julga terem mais interesse: «Mudar o

sistema de avaliação, de tal modo que os alunos acompanhem a constante motivação do curso, e, durante o curso e sempre que oportuno, ajustar mais de perto o curso com os programas a leccionar no Ensino Secundário, dando assim uma visão mais clara ao futuro professor de Física, do quanto é importante e útil este curso». «Penso que se deveriam dar as aulas usando passagem de filmes, pois acho que o meio visual é bastante mais apurado que o auditivo. Além disso as aulas teriam ainda mais motivação. Para se realizar isto deveria haver 3h semanais na cadeira em vez de duas». «A matéria deveria ser exposta através de diaporamas, visitas a locais onde se possa ver instrumentos científicos utilizados pelos cientistas dos séculos anteriores ao nosso». «Poderia ser incluída uma componente prática — construção de experiências preconizadas pelos cientistas. Penso que seria interessante se os trabalhos a apresentar tivessem algumas opções deste tipo. Penso que seria extremamente estimulante construir um dos aparelhos mecânicos idealizados por ex.^o por Newton ou Da Vinci. No entanto não sei qual a viabilidade desta sugestão». «Existir uma sebenta com textos sobre os assuntos que estão a ser tratados nas aulas. Existir a possibilidade de os alunos fazerem trabalhos mais curtos, a serem apresentados durante o semestre; deste modo talvez se sintam mais cedo inseridos na disciplina. Aprofundar mais os assuntos que estão relacionados com os conteúdos programáticos da disciplina de Física e Química». «Tornar mais dinâmicas as aulas e aproveitar de alguma forma qualquer situação em que os alunos possam intervir». «As aulas não devem ser dadas única e exclusivamente por acetatos. Certos temas dados por acetatos tornam a aula monótona e pouco motivadora». «Essencialmente, alterar o sistema expositivo e teórico, tornar as aulas participadas pelos alunos — proporcionar um ambiente de pesquisa e descoberta. Se fosse possível, deveria existir interacção com Didáctica da Física (que é do semestre anterior), no caso do curso de Física e Química, em ordem a, em alguns trabalhos

a apresentar no final serem instrumentos simples que, por eles próprios, constituem História». «O problema que eu senti quando frequentei esta cadeira foi a linguagem dos livros que tive de consultar. Talvez se os livros estivessem numa linguagem actualizada, o interesse pela cadeira seria ainda maior. No entanto gostei desta cadeira e entendo que ela deve fazer parte dos cursos de Física e Físico-Química». «Melhorar a bibliografia. Obter cópias de artigos originais. Incidir o estudo sobre os temas 4, 5, 6, 7. Incluir alguns aspectos de Filosofia das Ciências».

3. Análises e conclusões

São curiosas e interessantes as conclusões que se podem extrair da análise dos resultados atrás referidos. Se bem que algumas delas fossem, de certo modo, previsíveis, é importante verificar através da consulta directa que assim é; e principalmente tirar as ilacções necessárias quanto aos aspectos metodológicos e aos conteúdos do programa.

As primeiras conclusões importantes a tirar ressaltam das respostas às questões 1 a 5 da parte II do questionário e podem resumir-se no seguinte:

1) Os tópicos abordados são considerados, dum modo geral, interessantes e qualitativamente correctos; porém:

2) Deviam ser muito mais desenvolvidos os tópicos da História mais recente da Física, em detrimento dos tópicos da Física «pré-científica», que suscitam menos interesse e, relativamente aos quais há dificuldades de acompanhamento por falta de conhecimentos históricos ou de relacionamento dos assuntos abordados com as disciplinas do curso (cf. resultados da questão 7 da parte II).

Da análise dos assuntos novos sugeridos na resposta à questão 4 da parte II (que estão em total consonância com a conclusão atrás explicitada), pode concluir-se que a disciplina

de História da Física não é encarada como uma disciplina com estatuto epistemológico próprio, mas antes é vista como mais uma disciplina de formação em Física. Com efeito, os tópicos novos sugeridos revelam interesse em complementar a formação em Física moderna, por ventura sentida como deficiente, e não interesse pelos aspectos históricos do desenvolvimento da Física.

Esta conclusão põe alguns problemas no que respeita à concepção da disciplina e dos seus objectivos gerais. Não há dúvidas que hoje a História da Ciência é um domínio com estatuto cultural e académico próprio⁽¹⁾, se bem que no nosso país essa situação não seja ainda nitidamente reconhecida. É um domínio com uma problemática geral de investigação própria e com finalidades específicas quanto ao espaço de intervenção cultural que lhe cabe. É certamente um domínio interdisciplinar ao qual investigadores provenientes de diferentes formações poderão trazer contributos importantes. É um domínio que proporciona uma ponte entre a cultura dita humanística e a cultura dita científico-técnica.

Contudo, a inserção de uma disciplina de História da Física nas licenciaturas em Física e Química poderá ter de prescindir de objectivos próprios muito específicos e satisfazer também objectivos de complemento de formação científica no campo da Física. É esse o entendimento que se depreende da maioria das respostas à questão 4 da parte II. As sugestões quanto a tópicos novos estão em concordância com as respostas dadas à questão 6 da parte III, que preconizam um maior relacionamento da História da Física com as disciplinas do 3.º e 4.º anos; onde se situam, de modo geral, os assuntos de Física moderna.

Elucidativas são também as conclusões que se tiram das respostas a questões de natureza metodológica (questões 6, 7 e 9 da parte II). A necessidade de utilização de meios audio-

(1) Helge Kragh «An introduction to the History of Science», Cambridge University Press, 1987.

-visuais, de visitas e de recorrer a professores convidados é evidenciada. Igualmente se conclui que deverá existir um número razoável de meios de consulta, particularmente obras originais (ou cópias) e revistas da especialidade. Na Biblioteca do Departamento de Física da Universidade de Aveiro existem algumas obras, das quais é de salientar o Dictionary of Scientific Biographies de Ch. G. Gillispie, em 16 volumes, adquirido com o apoio da Fundação C. Gulbenkian. Quanto a revistas apenas são assinadas cinco (ISIS, Revue d'Histoire des Sciences et de leurs Applications, British Journal for the History of Science, Historical Studies in Physical Sciences, History of Science).

Sobre a avaliação a usar na disciplina, as preferências vão maioritariamente para o método que tem sido usado: elaboração e discussão de trabalhos finais, individuais ou por grupos de 2 alunos, com apresentação e discussão individual, sobre temas escolhidos de uma extensa lista fornecida no início do curso.

Na parte III do questionário procurou-se averiguar ainda da opinião dos inquiridos quanto ao interesse do assunto em si para a formação dos futuros físicos e professores e da disciplina no contexto dos cursos.

As respostas não são muito entusiásticas (vd. as respostas às questões 1, 2, 3, e 4 dessa parte) o que estará eventualmente correlacionado com os aspectos metodológicos que condicionam o interesse pela cadeira. No entanto, a opinião de obrigatoriedade da disciplina nos currícula dos cursos de Física e Ensino de Física e Química é maciçamente favorável.

Os inquiridos com experiência profissional, quer como professores provisórios, estagiários (5.º ano da licenciatura em ensino) ou professores qualificados, utilizam maioritariamente conhecimentos de História da Física nas suas aulas.

Finalmente as sugestões pedidas no último ponto do questionário, de que atrás se dão alguns exemplos, são interessantes para tornar mais atraente e mais formativa a disciplina de História da Física.

Prémio Nobel da Física-1990

Friedman, Taylor, Kendall

A estrutura da matéria pode ser hoje encarada em cinco níveis distintos de conhecimento: moléculas, átomos, núcleos, nucleões (protões e neutrões) e «quarks». Os quarks são as partículas elementares de que são feitos os nucleões, tendo sido previstos *teoricamente* no início da década de 60 pelo físico americano Murray Gell-Mann, a quem foi mais tarde atribuído o prémio Nobel da Física (1969).

A detecção experimental dos primeiros quarks veio a ocorrer nos finais da década de 60, com o êxito das experiências dos físicos americanos Jerome Friedman (hoje com 60 anos de idade) e Henry Kendall (63), e do físico canadiano Richard Taylor (60). As descobertas tiveram lugar em Stanford, USA, com a utilização do maior acelerador de partículas então existente, no Stanford Linear Accelerator Center.

Nestas experiências produziram-se feixes de electrões com velocidades próximas da velocidade da luz, que eram lançados contra protões e neutrões. O estudo da distribuição espacial e velocidade dos electrões, após as colisões com os nucleões, mostrou que os nucleões não possuem uma densidade de matéria uniforme no seu interior, sendo antes formados por pequeníssimos corpúsculos de matéria — os chamados quarks.

O prémio Nobel da Física de 1990 veio justamente consagrar os cientistas Friedman, Kendall e Taylor pela descoberta experimental dos quarks, a eles se devendo um novo e apaixonante ciclo de investigação para a descoberta do Universo da Física Sub-Nuclear. Desde então muitas outras partículas elementares foram descobertas, assistindo-se hoje ao desenvolvimento de gigantescos aceleradores de partículas em centros de investigação supra-nacionais, com meios de financiamento e dimensão a uma escala sem paralelo na história da Física, de que o exemplo porventura mais representativo é o centro europeu CERN, em Genève, para o estudo da Física das Partículas Elementares (1).

J. B. S.

(1) Vide Gaz. Física 11 140-149 (1988), 8 43-49 (1985), Ciência Hoje 3 43-49 (1984).