

A Física e as necessidades da Indústria

Reflexões sobre cursos de licenciatura e de pós-graduação

STUART B. PALMER

Head of Department of Physics, University of Warwick, Coventry, U.K.

1. Introdução

Diz-se frequentemente que um curso de Física pode constituir, pela sua flexibilidade e exigências multifacetadas, uma plataforma de acesso a uma grande variedade de carreiras. No entanto, o mais natural é que um físico siga uma das três carreiras seguintes: professor de Física, em escolas secundárias ou no ensino superior; investigador a tempo inteiro, em institutos do Estado ou institutos privados, e por último, embora não de menor importância, há a exigente carreira de Físico na indústria.

Exigente pelo menos em dois aspectos: por um lado cada organização industrial tem de assegurar-se de que lhe é lucrativo empregar um licenciado (ou pós-graduado) em Física; por outro lado é igualmente importante que o físico saiba que lhe oferecem uma perspectiva de trabalho e uma carreira profissional intelectualmente estimulante. Se qualquer um destes requisitos falhar, a carreira que parecia a priori prometedora virá a ser curta.

Neste artigo, propõe-se a análise destes dois aspectos separadamente. Em primeiro lugar, consideremos o ponto de vista industrial, numa perspectiva do exterior. O que se espera de um licenciado em Física? Em que diferem as suas potencialidades das de um mestre ou doutorado em Física? Estão as universidades actualmente a oferecer preparação adequada às exigências da indústria ou deverão rever toda a estrutura dos seus cursos para satisfazer esta exigência?

Em segundo lugar temos de considerar as expectativas e as aspirações do estudante que entra na carreira industrial. Deverá continuar

dedicado à investigação e desenvolvimento da Física, ou preferirá transferir-se para o sector da administração e gestão, procurando promoções até aos níveis mais elevados que essa carreira lhe pode trazer?

2. O ponto de vista dos industriais

Possivelmente o inquérito mais actual e fiável sobre o ponto de vista industrial, quanto à preparação ideal de um físico, será o que foi realizado há dois anos na Grã-Bretanha por um grupo de estudo conjunto do «Institute of Physics» e do «University Grants Committee» [1]. Não nos surpreende que daí tenha resultado uma forte recomendação no sentido de se desenvolver em todos os estudantes de Física «uma compreensão clara da utilidade da Física» e de em todas as fases do seu curso dever ser dada uma ênfase e importância particulares a este ponto de vista.

Relativamente ao inquérito referido, foram analisadas 500 respostas a um questionário enviado aos administradores de um leque muito amplo de indústrias. Destas respostas pôde concluir-se que quase 70 % dos físicos que na Grã-Bretanha entram na carreira industrial são contratados pelas mesmas 40 grandes empresas. Provou-se que as conclusões a tirar da análise das respostas dessas 40 empresas são idênticas às que resultariam da análise de todas as respostas do conjunto. Vamos analisá-las aqui em duas vertentes complementares, tratando separadamente o caso dos cursos de licenciatura e dos cursos de pós-graduação.

i) *Cursos de licenciatura*

Os resultados mais relevantes mostram-se na figura 1 e na tabela 1 [2].

A figura 1 resume os resultados das respostas das 500 Empresas interrogadas. A análise da figura mostra que uma grande maioria das entidades patronais na indústria prefere empregar estudantes com algum conhecimento em Física Aplicada ou mesmo com um grau universitário nesta área. Há muito fraca aceitação para especializações como Física Médica e Microelectrónica, embora Optoelectrónica tenha uma aceitação razoável.

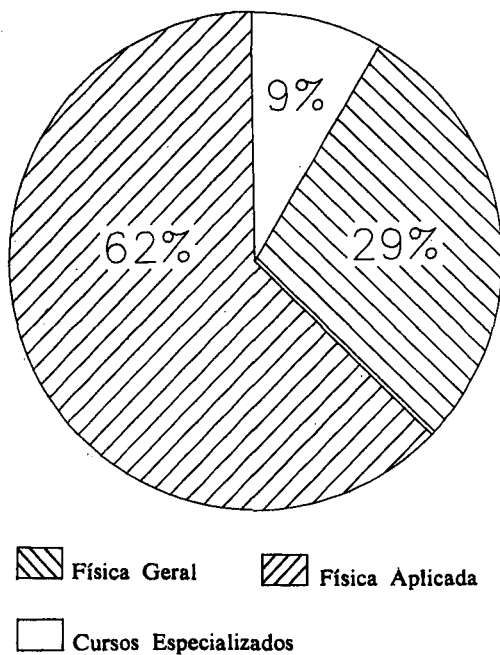


Fig. 1—Cursos universitários preferidos pela Indústria (ver ref. 1).

A tabela 1 mostra as preferências dos industriais em relação a 26 tópicos em Física. Verifica-se novamente que são preferidas as áreas de Física Aplicada relacionadas com Electrónica, nomeadamente: Electrónica analógica e digital, Sensores e transdutores; Processamento de sinais/comunicação; equipamento semiconductor/microelectrónica, Física Computacional/simulação de modelos, dentre as mais populares. Outros cursos industrialmente

TABELA 1

Area of study	% of whole sample: vital or very useful	% of «top 40» companies: vital or very useful
Analogue/digital electronics	87	94
Sensors and transducers	83	76
Computational physics/modeling	82	92
Semiconductor devices/microelectronics	79	86
Signal processing/communications	79	81
Electromagnetism	78	89
Mechanics, vibration waves	73	83
Geometrical/physical optics and lasers	70	86
Analytical techniques (spectroscopy, microscopy, etc)	69	64
Thermodynamics (gases, liquids, solids)	65	68
Acoustics and ultrasonics	64	76
Image analysis/processing	63	68
Solid state (including crystallography, dielectric properties & lattice dynamics)	62	72
Advanced classical mechanics	53	60
Atomic and molecular physics	42	54
Environmental physics	42	48
Statistical mechanics	42	30
Vacuum physics	35	41
Low temperature physics (including superconductivity and superfluidity)	31	52
Ionisation and plasma physics	29	46
Quantum mechanics	28	46
Biophysics/medical physics	22	11
Nuclear	21	27
Elementary particles	18	22
Geophysics	14	8
Astronomy/astrophysics	7	11

relevantes incluem a Acústica e Ultrasons, a Física do Estado Sólido e Física das Baixas Temperaturas/supercondutividade. Deve notar-se que o questionário foi realizado num período em que os novos supercondutores de alta temperatura se revelavam prometedores para uma espectacular revolução tecnológica a curto prazo. A Física das baixas temperaturas poderá agora não ser tão popular, já que se sabe não serem estes novos supercondutores facilmente utilizáveis em aplicações tecnológicas imediatas.

Este último aspecto põe em evidência um dos dilemas habituais do professor de Física. Tem de se encontrar uma solução de compromisso entre os interesses imediatos e os «tópicos quentes» para o industrial, e por outro lado a necessidade de fornecer ao estudante a preparação básica científica e as técnicas que o tornem apto para acompanhar com flexibilidade e crescente adaptação as rápidas mudanças impostas pelo progresso tecnológico. Por isso, a todos os estudantes de Física deve ser proporcionada uma sólida formação básica, quer na Física Clássica quer na Física Quântica.

Temos estado apenas preocupados com os programas das disciplinas dos cursos de licenciatura. Há no entanto outros aspectos muito revelantes dos cursos, como se expõe na Tabela 2. Por falta de espaço, não faremos

TABELA 2 — Pontos mais relevantes do curriculum e qualificação dos potenciais candidatos a emprego (na perspectiva da Indústria)

-
1. Terem feito estágios na Indústria durante o curso universitário (contínuo ou intercalados).
 2. Estágio final do curso (Seminário ou equivalente) em domínio relevante para a Indústria.
 3. Facilidade de comunicação e expressão (oral e escrita).
 4. Conhecimentos práticos em computação e programação.
 5. Familiarização com a Electrónica.
 6. Treino em áreas de gestão e metodologia empresarial.
 7. Contacto com a área da produção e desenvolvimento.
 8. Conhecimentos de línguas estrangeiras.
-

aqui uma análise profunda de qualquer das áreas referidas nessa tabela. No entanto, torna-se evidente que a indústria vê como atributos essenciais as aptências individuais quanto a dotes de comunicação e de exposição, e a preparação em computação e electrónica, enquanto a experiência em áreas de gestão, desenvolvimento de produção e conhecimento de uma ou mais línguas estrangeiras são requisitos complementares considerados úteis.

O modo de incentivar a ligação e a colocação do estudante na indústria é muito mais problemático. Assume normalmente um de dois aspectos: ou o estudante, durante o seu curso, passa um ano inteiro na indústria («thick sandwich») ou passa intermitentemente vários períodos de três meses cada («thin sandwich»). Estes cursos podem também proporcionar ao estudante o bonus adicional de uma retribuição financeira. O maior problema advém do objetivo do estágio, que deve dar ao estudante, como físico, uma visão clara das realidades da sua carreira na indústria e ao mesmo tempo deve actuar como um estímulo para que ele abrace tal carreira. A realidade é frequentemente bem diferente, podendo acontecer que no fim do estágio o estudante sinta que não quer de modo algum trabalhar mais para a mesma empresa ou para a indústria. Essa atitude, embora possa ocorrer por diversas razões, é devida principalmente à falta de reflexão, de enquadramento e de preparação do próprio pessoal da empresa responsável pelo estágio. Recai de facto uma grande responsabilidade sobre cada instituição industrial para transformar o estágio numa experiência estimulante e num desafio para o estagiário, de modo a construir uma oportuna e duradoura propaganda futura da carreira industrial. O desenvolvimento das capacidades de comunicação e exposição oral e escrita é o aspecto mais importante identificado na tabela 2, que pode ser tratado num curso de licenciatura. Os estudantes devem ser encorajados e frequentemente obrigados a escrever relatórios desde os primeiros anos do seu curso. Os tópicos desses relatórios devem ser escolhidos tanto para rever um assunto particular como para permitir ao estudante exprimir a sua crítica de acordo com o seu ponto de vista, já que numa carreira industrial ele será solicitado a escrever qualquer um destes tipos de relatórios.

É também muito importante que o estudante mostre facilidade de comunicação oral e nesse sentido deve ser solicitado, durante o curso, a colaborar num trabalho tutorial em pequenos grupos e também a fazer comunicações para audiências mais alargadas, sobre

temas tratados possivelmente em projectos do último ano. Os estudantes deviam tomar consciência das facilidades áudio-visuais disponíveis e da melhor maneira de as usar e potencializar.

ii) Cursos de pós-graduação

Admitindo que a indústria é o maior empregador de pós-graduados que deixam as Universidades e Institutos Superiores com os graus de Mestrado ou de Doutoramento, deveria existir um bom ajustamento entre as exigências da indústria e os assuntos ministrados nas escolas de Ensino Superior. O assunto foi tratado em inquéritos recentes, realizados também na Grã-Bretanha pelo Institute of Physics (IOP) e pelo University Grants Committee (UGC). Na Fig. 2 mostra-se, no período de 1988-91, a oferta (relativamente a estudantes com mestrado e doutoramento) e a procura ao nível de 500

Empresas, para um espectro de 25 especializações.

Da análise da Fig. 2 conclui-se que, para certas especializações, o número de estudantes que obtêm os graus de doutor e de mestre não chega para satisfazer os pedidos da indústria. Esse desajuste não é preocupante em certos casos, já que há muitas outras carreiras alternativas que um pós-graduado pode seguir. No entanto, o desajustamento é tão flagrante em certas situações, que não pode deixar de causar grandes preocupações nesses casos. Assim, nas áreas de electrónica, sensores e transdutores, mecânica dos fluídos, física do vácuo, análise e processamento de imagens e física computacional/modelação, a indústria pede mais do dobro dos estudantes que se formam. Por outro lado, em física das partículas elementares, física nuclear e das altas energias, física atómica, física médica e biofísica, astronomia e astrofísica, física da ionização e dos plasmas, óptica,

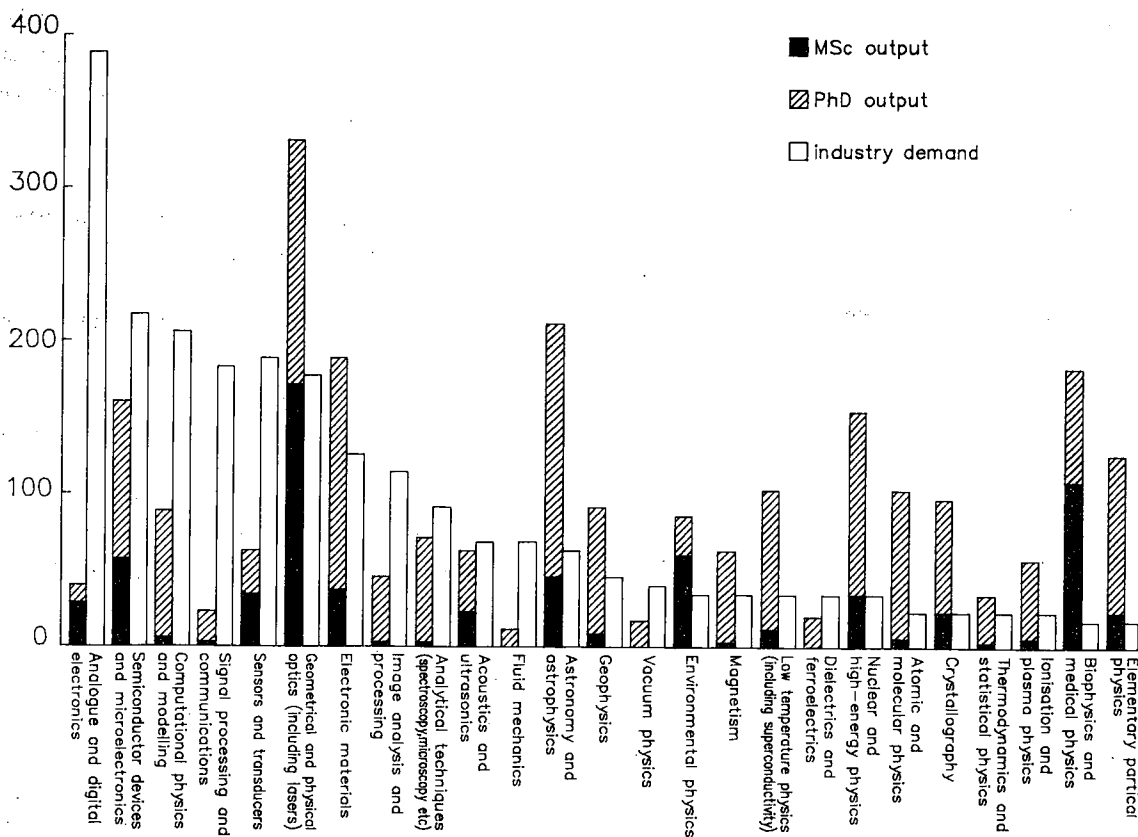


Fig. 2 — Procura e oferta no conjunto de 25 especialidades (ver ref. 3).

o número de estudantes que se formam é mais do que o dobro do número pedido pela indústria!

As conclusões a tirar deste estudo são as seguintes:

- a) Devem ser realizados mais cursos de Mestrado em tópicos relevantes do ponto de vista industrial. Em particular é crucial que esses cursos sejam pensados e localizados de maneira a estimular e atrair os estudantes de Física;
- b) A indústria deveria estar mais receptiva e motivada para dar um suporte financeiro adequado à realização de trabalhos de doutoramento que considerasse mais relevantes, proporcionando ao estudante um salário adequado durante o seu período de estudo. Um doutoramento orientado para a indústria é visto frequentemente como um doutoramento de segunda categoria. Assim, uma maior receptividade e empenhamento por parte da indústria, aliados a aliciantes de ordem financeira (já em prática em pequena escala) poderiam ajudar a inverter rapidamente esta situação.

3. O ponto de vista do Estudante

É evidente que os cursos de licenciatura e de pós-graduação não podem ser alterados sem termos presentes os objectivos e os anseios dos próprios estudantes. Em primeiro lugar, o que atrai os estudantes para um curso de Física? Da informação que temos ao nosso dispor, tudo indica que na Escola as crianças são especialmente atraídas para a Física através de assuntos como Astronomia, Partículas Elementares e Relatividade. Estes são, porém, aqueles assuntos que não têm uma importância perceptível imediata para a indústria ou para os agentes fomentadores das aplicações tecnológicas.

É contudo necessário e vital assegurar que tais assuntos excitantes, carismáticos, não desapareçam dos cursos de licenciatura; caso contrário, o número de estudantes que escolhe Física à partida, diminuirá muito rapidamente. A Física relevante para a indústria deve por

isso ser introduzida ao nível dos cursos de licenciatura, dando especial relevo aos benefícios que a Física Aplicada traz à sociedade e à indústria; e aos meios mais adequados de tirar partido da aplicação da Física para melhorar o ambiente, a qualidade e o nível de vida. Como simples exemplo podíamos perguntar: como seria a sociedade moderna sem o conhecimento do Magnetismo e das suas aplicações? e como seria sem as vantagens que resultaram da descoberta dos raios X?

Acima de tudo temos de ser cuidadosos no sentido de garantir que o número de estudantes que saem das Universidades não seja apenas condicionado pela crescente procura da tecnologia de ponta actual. É necessário mostrar aos estudantes que o estudo da Física é não só excitante e estimulante em si mesmo, mas mostrar-lhes também a relevância da Física para a manutenção e para a melhoria do nosso mundo do dia-a-dia. Os estudantes têm de ser convencidos, pelos nossos próprios esforços e esclarecida actuação, que a Física Industrial pode ser tão excitante e exigente como qualquer um dos ramos mais exóticos e proeminentes da Física, como ciência em si.

4. O que podem fazer os Departamentos Universitários de Física?

Qualquer Departamento de Física tem hoje uma clara obrigação de envolver nos seus cursos a indústria e cientistas a ela ligados. No entanto, todas as decisões sobre conteúdos do curso, métodos de ensino e normas de avaliação devem ser tomadas em última instância pelos membros do Departamento.

Há vários processos de envolver a indústria no curso de licenciatura. Descrevem-se a seguir alguns deles, por ordem decrescente do grau de envolvimento.

Em primeiro lugar, uma determinada empresa pode subsidiar um posto académico, garantindo por exemplo o pagamento de um vencimento para um lugar universitário por um período variável, tipicamente entre 4 e 7 anos. Esta atitude conduz a situações como

«The Mitsubishi Chair in Semiconductor Physics» ou «General Motors Lectureship in Applied Magnetism». Em tais casos, o docente pago pela indústria continua normalmente com os seus serviços docente e administrativo, mas o programa de investigação é orientado pelos interesses da companhia em causa.

Em segundo lugar, o departamento pode conceder a categoria de professor convidado ou honorário (honorary Professor or honorary Fellow) a físicos ligados à indústria. Dessas pessoas espera-se que co-orientem projectos, ministrem cursos de curta duração e aconselhem o departamento em matérias respeitantes à indústria. É sempre importante que esses físicos já sejam bem conhecidos do departamento e que com ele tenham tido uma colaboração prévia bem sucedida.

Em terceiro lugar, o departamento pode convidar físicos ligados à indústria para dar cursos de curta duração, a serem seguidos principalmente por alunos do último ano da licenciatura ou do primeiro ano de pós-graduação. Esta situação é muito comum já que não implica, para quem dá o curso, uma grande ocupação de tempo na preparação e apresentação de algumas aulas sobre assuntos da sua própria especialidade. Por outro lado, a empresa expõe-se por este processo aos bons alunos e potenciais candidatos a um lugar na indústria.

Uma outra opção é a organização de seminários industriais dados por pessoas com preparação e especializações diversas. Este processo tem a vantagem de trazer ao Departamento novas pessoas com a possibilidade de conduzir a colaborações bilaterais extensivas e frutuosas.

Finalmente, parece muito recomendável convidar para o Departamento antigos graduados que exerçam uma carreira industrial com sucesso. A criação de uma rede de ex-estudantes que se sintam ainda ligados ao departamento é um recurso que pode ser utilizado por um variado leque de razões.

A lista anterior não é de modo algum exaustiva. Há muitas outras maneiras de forjar ligações com a indústria com benefício para

o Departamento, para os Estudantes e para a Indústria.

Antes de terminar, deveríamos considerar brevemente aditamentos e extensões que poderão ser feitas aos cursos de Física correntes, para que a preparação global seja mais relevante do ponto de vista industrial. Tais aditamentos podem ser inteiramente realizados pelo Departamento ou numa base de colaboração com a indústria local. É sempre útil, para um estudante de Física, ter uma formação incluindo conhecimento de tarefas simples como a utilização da máquina de furar, do torno e de ferramentas de mão. Se estas tarefas forem apoiadas por desenho técnico rudimentar, então o estudante estará muito mais apto para apreciar o que é ou não possível realizar, e como.

O estudante deveria também possuir conhecimentos básicos de electrónica. Deveria ser capaz de soldar, montar transistores e circuitos integrados, e levar a cabo testes simples utilizando aparelhos comuns.

Finalmente, a facilidade para fazer e estruturar programas de computação, pelo menos numa das linguagens modernas, é quase uma necessidade em todos os ramos de Física.

Conclusões

O desenvolvimento de um curriculum em Física ideal para preencher as necessidades industriais é um assunto interminável, em que todos nós, académicos e industriais, temos as nossas próprias convicções. No presente artigo tentou-se apresentar, o mais brevemente possível, um ponto de vista pessoal sobre os aspectos mais relevantes do assunto.

BIBLIOGRAFIA

- [1] «Physics in Higher Education: an analysis and statement of policy», publ. Institute of Physics London (1988); ver também *Physics Bulletin*, **39** 63 (Feb. 1988).
- [2] *Physics World*, **1**, 45 (Nov. 1988).
- [3] *Physics World*, **2**, 57 (Sept. 1989).
- [4] *Physics World*, **2**, 39 (Jan. 1989).

Tradução de: *M. Fátima Pinheiro
J. Bessa Sousa*