Abordagens científicas do ensino da Ciência *

Frederick Reif ^a

Compreender o modo de pensar dos estudantes e cientistas é a chave para criar métodos de ensino mais eficazes, e é em si um desafio intelectual.

O ensino tradicional das ciências é grandemente fruto da intuição e por isso é, em muitos aspectos, pouco científico. Enquanto nós abordamos os problemas da ciência e da engenharia pelo uso sistemático de princípios fundamentais, aos problemas do ensino da ciência não dedicamos mais do que uma atenção superficial, sem qualquer tipo de reflexão aprofundada. E se em física nos esforçamos por tentar compreender os mecanismos subjacentes a um dado fenómeno, em educação satisfaz-nos plenamente a ideia de os cientistas e estudantes serem «caixas pretas» cujo funcionamento interno não precisa de ser conhecido, não obstante a importância deste conhecimento.

O ensino tradicional é muito menos eficaz do que poderíamos pensar. Por exemplo, vários estudos recentes [1] mostram que muitos estudantes, depois de frequentarem cadeiras de física onde aparentemente tiveram bom aproveitamento, continuam a fazer confusões graves e a voltar a noções pré-científicas ao defrontarem problemas reais, sendo com frequência incapazes de aplicar os conhecimentos adquiridos na resolução de questões simples.

Pelo contrário, numa abordagem mais científica haverá a preocupação de compreender os processos de assimilação de conhecimento que levam a um domínio efectivo de um dado campo. Uma vez isto feito, bastará aplicar estes dados no planeamento de um ensino realmente efectivo.

Há três vantagens potenciais numa tal abordagem:

- (i) Conduz a uma maior compreensão dos mecanismos do pensamento em situações complexas. Se suficientemente desenvolvida, pode ser importante em áreas como a psicologia cognitiva e a inteligência artificial.
- (ii) Conduz a métodos de ensino da ciência melhor fundamentados e simultaneamente mais eficazes.
- (iii) Conduz pelo menos a uma ideia generalizada da importância do assunto, diminuindo a probabilidade de os professores prosseguirem práticas ineficazes ou mesmo contraproducentes.

Neste artigo descrevo resumidamente algumas experiências recentes no sentido de uma abordagem sistemática do ensino da ciência, e em especial da Física.

Aspectos centrais

Podemos encarar o processo de aprendizagem como uma transformação em que o estudante S passa de um estado inicial S_i para um estado final S_f , de maior

capacidade de desempenho intelectual. O estudo sistemático desta transformação implica dar resposta a quatro questões:

- (i) Que sabe e como pensa o estudante no estado inicial S_i ?
- (ii) Que deve saber e como deve pensar o estudante para atingir o estado final S_f ?
- (iii) Qual o processo de aprendizagem (ensino) adequado à transformação $S_i \rightarrow S_f$?
- (iv) Quais as técnicas e métodos de aprendizagem (ensino) para a execução prática do processo de transformação?

Trata-se de uma situação análoga à existente em Medicina, em que o objectivo é a passagem de um estado inicial malsão para um estado final saudável. Nesse caso os aspectos a estudar são:

- (i) Mecanismo da doença
- (ii) Funcionamento do corpo saudável
- (iii) Terapia que induz a evolução para o estado saudável
- (iv) Estruturas e práticas para a aplicação de cuidados médicos.

Todos estes aspectos são complexos e constituem por isso desafios intelectuais. Também a resposta às questões equivalentes em ensino da ciência não é menos estimulante do ponto de vista intelectual.

Figura 1

Ensino da física baseado na compreensão dos mecanismos do pensamento científico. O estudante da fotografia está a utilizar um programa didáctico num computador que incorpora inteligência artificial e bons gráficos. Estes computadores têm sido usados em investigação dos processos de raciocínio, e na concepção e aplicação de métodos de ensino tendo em conta essa mesma investigação

* Traduzido de Physics Today (Novembro de 1986, p. 48) por Mário N. Berberan e Santos, com autorização do American Institute of Physics e do autor.

^a Department of Physics and School of Education, University of California, Berkeley, CA 94720, EUA.

Mesmo o estudante no estado inicial S_i é surpreendentemente complexo. Com efeito, ele não tem nesse estado uma mente vazia a ser preenchida, mas sim uma estrutura de conhecimento pré-existente a alterar. Vários estudos recentes em física [2] e noutras áreas [3] mostram que os estudantes, independentemente da idade, possuem conceitos e teorias rudimentares sobre o mundo. Numa perspectiva científica, tais ideias são por vezes incorrectas [4], e as teorias incompletas e superficiais. Acresce a grande dificuldade em substituí-las por outras, o que constitui um obstáculo importante à aprendizagem.

A constatação de que ensinar significa modificar estruturas pré-existentes tem importantes implicações:

— Não basta que os currículos científicos indiquem as matérias a ser ensinadas. As noções prévias dos estudantes devem ser identificadas e tidas explicitamente em conta.

— A tarefa de reestruturar estruturas pré-existentes é mais delicada do que a de transmitir novos conhecimentos, e portanto implica o recurso a técnicas de ensino mais sofisticadas (figura 1).

O ponto fulcral de um ensino sistemático é a compreensão dos processos de conhecimento e de raciocínio pelos quais o estudante pode atingir determinadas capacidades. O estado final adequado é aquele em que o estudante não se limita a recordar, mas em que é capaz de resolver problemas e de raciocinar sobre situações novas.

Para definir perfeitamente um tal estado, é preciso saber responder às seguintes perguntas:

— Que conhecimentos básicos devem ser dados ao estudante para que este possa interpretar os conceitos científicos?

— Como deve o estudante organizar o conhecimento científico de modo a utilizá-lo com eficácia na resolução de problemas?

— Como deve o estudante reformular os problemas de modo a tornar mais fácil a sua resolução?

— Quais os critérios a seguir pelo estudante na tomada de decisões para atingir a solução?

Os cientistas são incapazes de responder correctamente a estas perguntas porque grande parte do seu conhecimento é «intuitivo», isto é, inconsciente (do mesmo modo que muitos dos falantes de uma língua são incapazes de indicar as regras gramáticas que utilizam com perfeição).

O carácter intuitivo do *modus cogitandi* do especialista torna-se evidente quando se tenta — caso dos investi-

gadores em inteligência artificial — incorporá-lo em programas de computador destinados a imitar a forma humana de resolver certos problemas.

Devido ao facto de grande parte do conhecimento ser inconsciente, os professores têm muitas vezes tendência a subestimar a complexidade do que ensinam. Os especialistas recorrem com tal frequência a certos «truques» que os dão por sabidos, não os ensinando explicitamente. Na realidade, muitas das dificuldades sentidas pelos estudantes são precisamente devidas a lacunas deste tipo. A mera apresentação do conhecimento intuitivo do especialista não é suficiente para o ensino efectivo. Com efeito, os estudantes têm quase sempre de aprender a realizar as tarefas, algo que se torna automático ao fim de anos de experiência.

Nas páginas que se seguem, apresento os vários aspectos centrais em ligação com casos concretos, descrevendo tentativas de identificar e de ensinar explicitamente os vários procedimentos sistemáticos de abordagem dos problemas científicos.

Interpretação dos conceitos científicos

Numerosos estudos [1,2] mostram que o estudante tem grande dificuldade em interpretar os conceitos científicos. Para estudar o assunto em pormenor, fizemos recentemente [6] um inquérito a alunos universitários que durante dois meses haviam estudado e usado o conceito de aceleração numa cadeira de Mecânica Geral. O tipo de perguntas feito é ilustrado na figura 2. Para cada posição do pêndulo limitávamo-nos a perguntar se a aceleração era nula e, em caso negativo, qual a sua direcção e sentido. Mais de metade das respostas estavam erradas.

Aos estudantes foi pedido que expusessem em voz alta o seu raciocínio, à medida que pensavam nos problemas. Isto permitiu-nos analisar posteriormente em pormenor as respostas registadas num gravador. Este estudo, tal como outros, revela a incoerência do conhecimento conceptual do estudante. Por exemplo, um dado conceito científico é normalmente interpretado recorrendo a várias noções fragmentárias relacionadas com este, muitas das quais são incorrectas. Raramente há a tentativa de usar a sua definição e, quando tal sucede, a interpretação dada à definição é muitas vezes indevida. É também rara uma tentativa de conciliar as várias incoerências encontradas.

As noções de base necessárias à compreensão de um dado conceito científico [7] são realmente complexas. Por exemplo, para haver a certeza de se estar a usar correctamente um dado conceito, é necessário possuir conhecimentos elementares sobre o seu significado e simultaneamente possuir maneira de o identificar ou construir. Relativamente ao conceito de aceleração, por exemplo, os conhecimentos elementares incluem uma definição tal como $\vec{a} = d\vec{v}/dt$ e um processo da construção como o indicado na figura 3. Para assegurar uma interpretação, rápida e sem grande esforço, é também necessário estar de posse de um conjunto de casos particulares — aceleração no movimento circular, por exemplo.

Assim, uma interpretação adequada e eficaz dos conceitos implica o recurso conjunto a estes dois tipos de conhecimento, bem como a outros não mencionados aqui.

Este modelo da interpretação correcta de conceitos afasta-se bastante do habitual em estudantes recém-entrados na Universidade, mas é próximo do dos cientistas. O especialista ao ser defrontado com o problema

Figura 2

Aceleração de um pêndulo em vários pontos. Muitos estudantes afirmam que a aceleração é nula em A e C, ou que é tangente à trajetória em B e D. Na verdade a aceleração não é nula em nenhum ponto e tem as direcções e sentidos indicados

da figura 2, por exemplo, determina a aceleração em C recorrendo a *conhecimentos específicos* sobre movimento circular uniforme, mas já determina a aceleração em A pelo *processo geral* de comparação de velocidades em dois pontos. Contudo, mesmo alguns professores de Física têm dificuldade em responder às questões aparentemente simples da figura 2.

Para investigar as implicações educacionais do modelo de interpretação correcta de conceitos, estes foi utilizado com estudantes no caso específico da aceleração. Depois de terem praticado a sua aplicação em exercícios individuais, entre os quais a detecção e correcção de erros cometidos previamente pelos próprios e de «erros» pretensamente cometidos por outros, instrução esta que teve uma duração total de cerca de meia-hora, os estudantes respondiam correctamente a 29 de 30 questões sobre aceleração [6], já não apresentavam as confusões iniciais, eram capazes de explicar as dificuldades sentidas anteriormente, e estavam em condições de encontrar e corrigir erros alheios.

O estudo realizado sofreu de algumas limitações, especialmente por não ter investigado a aprendizagem a prazo. No entanto, mostra a importância de ensinar explicitamente os processos de interpretação dos conceitos. Um tal ensino explícito é, na prática, muito raro, pois os conceitos são quase sempre introduzidos através de meras definições ou por analogias vagas.

Figura 3.

Processo de definir a aceleração de uma partícula. a: velocidade $\vec{v}$ no instante t . b: velocidade $\vec{v}'$ no instante ligeiramente posterior t' . c: obtenção da diferença vectorial $\Delta\vec{v}$. d: obtenção do quociente $\Delta\vec{v}/\Delta t$. e: obtenção do limite deste quociente quando $t' \rightarrow t$.

Organização do conhecimento

Uma utilização eficaz do conhecimento passa necessariamente por uma boa organização deste. As várias pastas de um arquivo podem conter informação valiosíssima mas esta será quase inútil a menos que haja uma ordenação das mesmas.

Questão fulcral: como organizar o conhecimento de modo a maximizar as capacidades de recordação, resolução de problemas e aprendizagem?

Para estudar o efeito de uma diferente organização dos mesmos conhecimentos científicos, realizámos [8] uma experiência com dois grupos de alunos. Ambos deveriam recordar uma mesma argumentação científica (a resolução de um problema) mas apresentada de maneira diferente aos dois grupos. A um, a argumentação foi apresentada de uma forma «linear» numa sequência detalhada em vários passos levando das premissas à conclusão; ao outro, a argumentação foi apresentada de uma forma «hierárquica»: uma sequência dos passos mais importantes, cada um dos quais por sua vez organizado em sequências mais pormenorizadas. Como se vê pela figura 4, o grupo da forma hierarquizada de

Figura 4

Efeito do modo de organizar o conhecimento sobre o desempenho de uma certa tarefa a: Representação esquemática da organização linear b: Organização hierárquica do mesmo argumento c: Aproveitamento dos estudantes a que foi ministrada a organização linear (negro) e a organização hierárquica (cizento)

resolução foi o mais capaz na memorização, compreensão do efeito de erros e na modificação da argumentação ao alterarem-se as premissas. Estes resultados eram previsíveis, pois uma estruturação hierarquizada permite simplificar a procura interna de informação e «perceber nas árvores uma floresta» (*to see the forest amidst the trees*).

As vantagens de uma organização hierárquica do conhecimento são ainda mais evidentes em situação de maior complexidade. Por exemplo, os programas de computador muito extensos têm uma estruturação hierárquica [9] para facilitar a sua escrita, compreensão e eventuais modificações. Campos inteiros do conhecimento. Como a Mecânica, podem também, com vantagem, ser organizados hierarquicamente [10].

Estes estudos cognitivos sugerem que devemos prestar pelo menos tanta atenção à organização do que se ensina como ao que se ensina — o que quase nunca se faz. Quer a solução de problemas, quer o raciocínio científico, são quase sempre apresentados na forma linear e não na forma hierárquica. Embora a lógica daquela seja inatacável, os estudantes não ficam nas melhores condições de utilizar a informação recebida, não lhes sendo ao mesmo tempo incutidos modelos de organização eficaz do conhecimento.

Resolução de problemas

Dada a importância da resolução de problemas na realização de induções científicas, esta é normalmente aplicada e discutida em cadeiras científicas. Mas a resolução de um problema pode ser muito pouco esclarecedora quanto aos processos mentais que a ela conduziriam. Com efeito, embora a resolução implique a apresentação de um dado fio de raciocínio, não há normalmente a indicação de como este foi encontrado, de como foi preferido face a outros possíveis ou ainda de como foram evitados impasses ou vias alternativas.

Ora são precisamente estes os aspectos que o estudante deve aprender se pretendemos que ele possa vir por sua vez a ser capaz de resolver novos problemas. E tais processos mentais não são quase nunca ensinados. Não é pois de admirar que tantos estudantes tenham grande dificuldade em resolver problemas e assim permaneçam pela vida fora.

A resolução de problemas envolve os seguintes processos de raciocínio:

— Dispor os dados do problema de modo a facilitar a sua resolução

— Tomada criteriosa de decisões durante a busca de solução

— Testar e rever a solução.

Investigações recentes em ciência cognitiva [11] puderam elucidar algum destes processos levando a aplicações no ensino da Física [12], da Matemática [13] e da Biologia [14]. Referirei aqui brevemente alguns exemplos relevantes para a Física.

A forma de pôr um problema pode ser determinante no seu grau de dificuldade.

Os especialistas têm uma tendência quase inconsciente para reformular os enunciados dos problemas, o que para um estudante é muito difícil. Num dos nossos estudos [15], estudantes que haviam recentemente frequentado uma cadeira básica de Física com bom aproveitamento (grau B ou melhor) foram defrontados com problemas de Mecânica semelhantes aos resolvidos nessa cadeira. Cerca de metade das resoluções estava errada, devido a uma interpretação incorrecta dos movimentos ou das forças (vd. figura 5).

A nossa análise sugere que será possível obter processos explícitos de reformulação de problemas para qualquer área. No caso referido, apresentámos um procedimento aplicável a todos os problemas da Mecânica Elementar. Este, muito mais explícito do que as indicações sumárias normalmente dadas, especifica a descrição do movimento e das forças, identifica todas as interacções que originam forças, explica as propriedades gerais das forças e mostra como verificar a consistência das descrições em termos de forças e movimento. A eficácia deste processo foi testada [15] recorrendo a condições experimentais controladas que assegurassem o seu emprego na resolução de vários problemas, de que é exemplo o da figura 6. Como se mostra na figura 5, sempre que os estudantes utilizaram métodos menos directos do que o procedimento explícito, a sua capacidade de resolução foi menor.

A grande dificuldade na resolução de problemas está na necessidade de tomar decisões criteriosas que permitam, de entre os muitos caminhos possíveis, escolher aquele que leva à solução.

Embora não haja receitas que assegurem decisões acertadas, existem métodos sistemáticos [10,11] que simplificam bastante a procura da solução, especialmente se comparados com os «métodos» de muitos estudantes. Em particular é útil fazer pontos da situação frequentes, em que se determinam as dificuldades existentes, por exemplo a ausência de equações necessárias ou a presença de variáveis indesejadas. Nesta altura é possível tentar resolver sub-problemas com o fim de eliminar pelo menos algumas das dificuldades. Além disso, o especialista tem normalmente tendência a abordar um problema por aproximações sucessivas: são inicialmente obtidas soluções esquemáticas que servem de orientação para chegar à solução final, muito mais pormenorizada. Os estudantes raramente procedem deste modo.

Estes métodos de decisão e planeamento quase não são ensinados em cadeiras científicas, embora tenha havido algumas tentativas recentes [14] de o fazer em contextos especiais. Alguns métodos de ensino prevalentes em matemática e nas ciências físicas podem mesmo ser nocivos, dada a sua insistência no simbolismo matemático e na formulação quantitativa dos problemas. Há assim uma tendência por parte do estudante para decorar colecções de fórmulas, desencorajando-o a raciocinar qualitativamente, o que é importante no planeamento e resolução de problemas pelo processo das aproximações sucessivas.

Ensino baseado em princípios

A compreensão dos processos de raciocínio necessários a uma boa aptidão intelectual numa dada disciplina deve levar à elaboração de métodos eficazes de ensino desses mesmos processos. Os ensaios educacionais baseados numa tal abordagem sistemática apresentam-se como bastante promissores. Alguns destes ensaios, bem sintetizados num artigo de revisão recente [16], concentraram-se na leitura e na escrita de textos escolares em que a comunicação seja efectiva, bem como no ensino de técnicas de resolução de problemas.

No trabalho sobre a leitura, por exemplo, identificaram-se e foram indicados explicitamente [17] processos de clarificar, resumir e prever que os leitores podem utilizar para extrair conhecimento significativo de um dado texto. Os estudos revelaram um novo método, dito de «ensino recíproco», em que instrutor e aluno fazem à vez de professor. Este método, de aplicação imediata em ensino científico, é muito eficaz pois força os estudantes a uma participação activa, em que o seu comportamento e forma de pensar são claramente expressos. Além disso torna-os críticos e criativos, e a presença do instrutor não deixa perguntas sem resposta. O estudante torna-se progressivamente mais independente à medida que o instrutor lhe vai dando menos apoio. Em resultado deste ensino sistemático, os índices médios de compreensão escrita subiram de 15% para 85% depois de vinte sessões de treino e mantinham-se a 60% seis meses depois. Mesmo em alguns ensaios menos individualizados envolvendo salas de aula inteiras, os índices aumentaram de 40 para 75%. Estes resultados são impressionantes para qualquer técnica de ensino.

Os computadores podem ser muito úteis no estudo e aplicação dos métodos educacionais. A investigação sobre o ensino pode ser tornada mais rigorosa e mais

Figura 5
Classificação em problemas de física de estudantes orientados por vários métodos. Os pontos indicam o número médio de soluções correctas (em três) relativamente ao movimento, forças, equações e respostas

explícita se os modelos puderem ser postos sob a forma de programas de computador. O computador também permite controlar melhor as condições em que se desenrolam as experiências pedagógicas. Os computadores permitem aos estudantes [18] explorar de forma activa novas ideias e portanto desenvolver a intuição e a percepção dos problemas. Os computadores podem além disso desempenhar o papel de instrutores pessoais [19], especialmente quando os programas têm em conta análises cognitivas e exploram técnicas da inteligência artificial. Estes instrutores cibernéticos foram concebidos e utilizados recentemente [20] no ensino de geometria e da linguagem LISP.

Perspectivas e obstáculos

Todas as tentativas descritas neste artigo são no sentido de basear o ensino numa compreensão dos processos de pensamento. Procura-se estudar os problemas educacionais através de análises teóricas e de investigações experimentais, de generalizar abordagens sistemáticas existentes em alguns campos da ciência e de ultrapassar pois ideias apenas nascidas da experiência e de noções intuitivas [21]. Muitos ramos do conhecimento como a Física, a Metalurgia, a Agricultura ou a Medicina, começaram por ser artes, ofícios ou especulações filosóficas, mas evoluíram gradualmente para ciências com suporte teórico e larga aplicação prática. Não há razão para crer que o mesmo não possa suceder com a Educação, que se poderá tornar pelo menos comparável à Medicina moderna ou mesmo tão bem sucedida como a Física Aplicada.

Parece especialmente adequado fazer um balanço no momento actual. Progressos recentes [22] em ciências cognitivas como a psicologia do processamento de informação, inteligência artificial e linguística abriram novas perspectivas na compreensão dos mecanismos do pensamento.

Acrescem os avanços espectaculares nas tecnologias da informação — sobretudo nos computadores — que põem à nossa disposição ferramentas poderosas em investigação e ensino. Tudo isto permite abordar de forma mais racional os problemas do ensino da ciência.

E tem-se evoluído: estabeleceram-se muitos pontos centrais do ensino; vários métodos de ensino prejudiciais foram identificados como tal; compreenderam-se melhor processos cognitivos complexos; e ensaiaram-se algumas técnicas de ensino promissoras. Estes resultados são, no seu conjunto, muito encorajadores, mas seria descabido pretender que são mais do que um começo. Por outro lado, seria também errado, especialmente por parte de um cientista, tomar a posição de descrever nos efeitos a longo prazo de uma abordagem sistemática.

Há alguns obstáculos importantes ao desenvolvimento desta abordagem. O maior destes é talvez a falta de talentos. O progresso em qualquer campo, seja ele a Física, a Biologia Molecular, a Medicina ou outro, depende muitíssimo da existência de grupos de dimensão razoável constituídos por pessoas dotadas. Este problema é especialmente grave em Educação por a exploração das várias novas direcções exigir conhecimentos profundos em várias áreas: matemática e ciências naturais, informática e inteligência artificial, pedagogia e ciências sociais. O número de pessoas com uma tal combinação de qualificações é bastante reduzido. E só em muito poucos sítios, como a Universidade da Cali-

fórnia em Berkeley, a Universidade de Pittsburgo ou a Universidade Carnegie-Mellon, existem embriões de grupos interdisciplinares onde todas as áreas referidas estão representadas. Este problema levou a que há pouco tempo se emitissem várias recomendações [23] no sentido de se estabelecerem Centros Nacionais semelhantes aos existentes nos domínios da Engenharia e da Física Teórica e suportados pela *National Science Foundation*. O objectivo destes centros será o de se obterem progressos significativos no domínio do ensino através dos esforços conjuntos de vários peritos, a que será dada a necessária cobertura material. Está contudo por saber se estas recomendações irão ser seguidas. A falta de talentos é em última análise devida à escassez de estudantes preparados para trabalhar de forma inovadora na área da educação. Só lentamente as coisas têm vindo a mudar. Um punhado de universidades, como Berkeley, têm agora programas de doutoramento dedicados à aplicação das ciências cognitivas e da computação ao ensino das ciências.

As oportunidades de emprego para alguém que se especialize numa tal área são cada vez maiores. Algumas estudantes com boas bases em matemática, física ou inteligência artificial começam a sentir-se atraídos pelo ensino moderno. Os melhores dentre estes são aqueles que se afastam das carreiras científicas mais tradicionais pois aperceberam-se da vasta área inexplorada que é a Educação, recheada de desafios intelectuais, ferramentas científicas e tecnológicas por aplicar e com importantíssimas implicações sociais. Precisaremos contudo de muito mais desses estudantes para que a Educação possa vir a ter o grande desenvolvimento que lhes auguramos.

Movimento de C

Forças em C

Figura 6

Um dos problemas usados nos ensaios da Figura 5. As perguntas referem-se ao bloco C. Os diagramas inferiores indicam o movimento e as forças que actuam neste bloco. Os estudantes respondem com frequência que a força de atrito está dirigida para a esquerda. O processo de descrição referido evita erros deste tipo pois explica as propriedades das forças e faz os alunos verificarem se estas são coerentes com as acelerações

BIBLIOGRAFIA

1. Veja-se, por exemplo, M. McCloskey, A. Caramazza, B. Green, *Science* **210**, 1139 (1980). D.E. Trowbridge, L.C. McDermott, *Am. J. Phys.* **48**, 1020 (1980); *Am. J. Phys.* **49**, 242 (1981). R. Cohen, B. Eylon, U. Ganiel, *Am. J. Phys.* **51**, 407 (1983). L.C. McDermott, *Physics Today*, Julho 1984, p. 24. I.A. Halloun, D. Hestenes, *Am. J. Phys.* **53**, 1043, 1056 (1985).
2. L. Viennot, *Eur. J. Sci. Educ.* **1**, 205 (1979). J. Clement, *Am. J. Phys.* **50**, 66 (1982). A. diSessa, *Cognitive Sci.* **6**, 37 (1982). A. diSessa, in *Mental Models*, D. Gentner, A. Stevens, eds., Erlbaum, Hillsdale, N.J. (1983), p. 15. M. McCloskey, *Sci. Am.*, Abril 1983, p. 122. *Research on Physics Education: Proc. First Int. Wksp.*, Centre National de la Recherche Scientifique, Paris (1983). R. Driver, E. Guesne, A. Tiberghien, eds., *Children's Ideas about the Physical World*, Open U.P., Milton Keynes, England (1985).
3. D. Kahnemann, A. Tversky, in *Judgment under Uncertainty: Heuristics and Biases*, D. Kahnemann, A. Tversky, P. Slovic, eds., Cambridge U.P., Cambridge, England (1982), p. 493. D.B. Karbo, E.D. Hobbs, G.L. Erickson, *J. Biol. Educ.* **14**, 137 (1980). H. Helms, J.D. Novak, eds., *Proc. Int. Sem. on Misconceptions in Science and Mathematics*, Cornell Univ., Ithaca, N.Y. (1983).
4. A. diSessa, in *Constructivism in the Computer Age*, G. Forman, ed., Erlbaum, Hillsdale, N.J. (1986).
5. *Proc. 5th Int. Joint Conf. on Artificial Intelligence*, MIT, Cambridge, Mass. (1977): artigos de J. deKleer, p. 299 e de G.S. Novak, p. 286.
6. P. Labudde, F. Reif, L. Quinn, *Facilitation of Scientific Concept Learning by Interpretation Procedures and Diagnosis*, report CES-4, School of Education, Univ. Calif., Berkeley (1986).
7. F. Reif, *Interpretation of Scientific or Mathematical Concepts: Cognitive Issues and Instructional Implications*, report CES-1, School of Education, Univ. Calif., Berkeley (1986). F. Reif, in *Cognitive Structure and Conceptual Change*, L.H.T. West, A.L. Pines, eds., Academic, New York (1985), p. 133.
8. B. Eylon, F. Reif, *Cognition and Instruction* **1**, 5 (1984).
9. J.K. Hughes, J.I. Michton, *A Structured Approach to Programming*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J. (1977).
10. F. Reif, J.I. Heller, *Educ. Psychologist* **17**, 102 (1982).
11. A. Newell, H.A. Simon, *Human Problem Solving*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J. (1972). J.G. Greeno, H.A. Simon, in *Stevens' Handbook of Experimental Psychology* (rev. ed.), R.C. Atkinson, R. Herrnstein, G. Lindzey, eds., Wiley, New York (1986).
12. D. Tuma, F. Reif, eds., *Problem Solving and Education: Issues in Teaching and Research*, Erlbaum, Hillsdale, N.J. (1980).
13. J.H. Larkin, J. McDermott, D.P. Simon, H.A. Simon, *Science* **208**, 1335 (1980). M.T.H. Chi, R. Glaser, E. Rees, in *Advances in the Psychology of Human Intelligence*, R. Sternberg, ed., Erlbaum, Hillsdale, N.J. (1981). F. Reif, in *Research on Physics Education: Proc. First Int. Wksp.*, Centre National de la Recherche Scientifique, Paris (1983), p. 15.
14. A.H. Schoenfeld, *Mathematical Problem Solving*, Academic, New York (1985).
15. N. Thomson, J. Stewart, *J. Biol. Educ.* **19**, 53 (1985).
16. J.I. Heller, F. Reif, *Cognition and Instruction* **1**, 177 (1984).
17. A. Collins, J.S. Brown, in *Cognition and Instruction: Issues and Agendas*, L.B. Resnick, ed., Erlbaum, Hillsdale, N.J. (1986), em publicação.
18. A.S. Palincsar, A.L. Brown, *Cognition and Instruction* **1**, 117 (1984). A.L. Brown, A.S. Palincsar, in *Intelligence and Cognition in Special Children: Comparative Studies of Giftedness, Mental Retardation, and Learning Disabilities*, J.B. Borkowski, J.D. Day, eds., Ablex, Norwood, N.J. (1986), em publicação.
19. S. Papert, *Mindstorms: Children, Computers and Powerful Ideas*, Basic, New York (1980). A. diSessa, *Cognitive Sci.* **6**, 37 (1982). B. White, *Cognition and Instruction*, **1**, 69 (1984).
20. D. Sleeman, J.S. Brown, *Intelligent Tutoring Systems*, Academic, New York (1982).
21. J.R. Anderson, C.F. Boyle, B.J. Reiser, *Science* **228**, 458 (1985). J.R. Anderson, B.J. Reiser, *Byte* **10**, 159 (Abril 1985).
22. L.B. Resnick, *Science* **220**, 477 (1983).
23. H. Gardner, *The Mind's New Science: A History of the Cognitive Revolution*, Basic, New York (1985).
24. National Academy of Sciences, *Research Briefings 1984*, Natl. Acad. P. Washington, DC (1984), p. 17. M.C. Linn, ed., *Establishing a Research Base for Science Education: Challenges, Trends and Recommendations*, Lawrence Hall of Science, Univ. Calif., Berkeley (1986).

Iniciamos neste exemplar do boletim uma nova rubrica cujo objectivo é contribuir para a publicação de um léxico científico actualizado, e que se deverá prolongar por mais alguns números — se entretanto o director deste boletim não for demitido por publicar coisas destas...

Os vocábulos agora descritos são produto da nossa reflexão. Já no próximo número contamos apresentar algo de mais profundo, resultante da recolha de termos científicos, que estamos a efectuar nos Jornais e na T.V.

Aproveitamos para protestar pelo facto das entidades oficiais se terem recusado a financiar este projecto, quando outros igualmente divertidos ou ainda mais sérios, foram contemplados... mais vale cair em graça que ser engraçado...

Florêncio Vesúvio
Professor

Contribuição para um novo léxico científico ...em desordem alfabética

Super visão — Visão de raios X do super homem

Raios gama — Expressão utilizada pelo Dr. Victor Constâncio quando se indispôs com o Dr. Jaime Gama

Fitar uma curva * — Acto de olhar fixamente para a dita.

Corante — Que se envergonha ao ponto de enrubescer

Spins que alinham — Em oposição àqueles que são uns «chatos»

Mole — Conjunto de moléculas que se torna macio

Espectro — Pessoa macilenta e magra

Padrão — Padre muito grande

Amostra — Quando pedimos para ver

Dados — Aquisição que não foi necessário pagar

Momento de transição — Eufemismo que designa a passagem de 24 para 25 de Abril de 1974

Modelos químicos — Beldades licenciadas em Química

Reflexão — Acto de meditar sobre o tema da simetria

Rotação — Acto de andar às voltas com a simetria

Inversão — Desvio patológico que leva uma molécula a ter afinidades por outra igual

Grupos pontuais de simetria — Conjunto de estudiosos de simetria que chega sempre a horas

Representação dos grupos pontuais de simetria — Quando os grupos anteriores fazem a récita anual

Semi-condutor — Aquele que conduz às segundas, quartas e sextas-feiras.

* Gentilmente cedido pelo Professor Tertuliano Malmequer