VIGOTSKI E A EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE CIÊNCIAS

Baseado no livro *Atividades experimentais no ensino de Física – Uma nova visão baseada na teoria de Vigotski* de Alberto Gaspar publicado pela Editora Livraria da Física (2014)

PLANO DE CURSO -- CALENDÁRIO

DIA	AULA	CONTEÚDO
10/5	1ª	1. A prática experimental no ensino de Física: do ensino tradicional às primeiras iniciativas inovadoras
	2ª	2. A pedagogia da redescoberta: um equívoco epistemológico
17/5	3ª	3. A teoria de Jean Piaget e a compreensão do funcionamento genético do cérebro humano
	4ª	4. A importância das preconcepções científicas e o construtivismo
24/5	5ª	5. A teoria de Vigotski: ideias básicas
	6ª	6. Estudo do desenvolvimento dos conceitos científicos na infância
31/5	7ª	7. A neurociência e a teoria de Vigotski
	8ª	8. Implicações pedagógicas da teoria de Vigotski – parte 1
7/6	9ª	8. Implicações pedagógicas da teoria de Vigotski – parte 2
	10ª	9. A prática experimental orientada pela teoria de Vigotski

1. A prática experimental no ensino das ciências: do ensino tradicional às primeiras iniciativas inovadoras

BREVE RESUMO HISTÓRICO

O início do ensino experimental – desde o início do século XIX até pelo menos o final dos anos 1950

A abordagem experimental baseava-se no uso de equipamentos de demonstração apresentados pelos professores aos alunos em sala de aula,

Equipamento experimental usado para demonstração da lei de Mariotte, mais conhecida por nós como lei de Boyle.
Página 138 do livro Cours de physique purement expérimentale: à l'usage des personnes étrangères aux connaissances mathématiques, de Adolphe Ganot, publicado em 1859.

contraire, la pression devenant deux, trois fois moindre, le gaz, en vertu de sa force expansive, prend un volume double, triple de

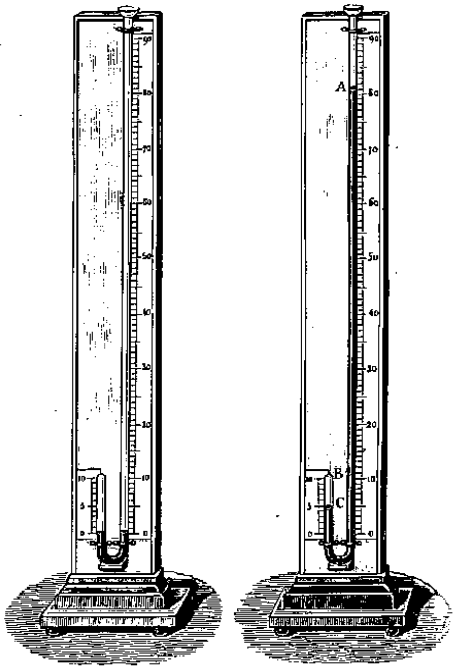


Fig. 83. Fig. 84.

Tube de Mariotte pour démontrer la loi de la compressibilité des gaz.

celui qu'il avait d'abord. C'est ce principe qu'on désigne sous le nom de ***loi de Mariotte.***

Pour démontrer cette loi, Mariotte a fait usage d'un appareil connu sous le nom de ***tube de Mariotte,*** et qui consiste en un tube de verre recourbé en deux branches inégales (fig. 83 et 84). A l'inverse du baromètre à siphon, c'est la petite branche qui est fermée

Das críticas da Escola Nova ao impacto do Sputnik

No início do século XX a insatisfação de muitos filósofos e pedagogos com a prática educacional vigente deram origem, entre outros, ao movimento da Escola Nova. A proposta central desse movimento era fazer o aluno participante ativo na aquisição do próprio conhecimento. Iniciado em alguns países da Europa no final do século XIX se fortaleceu na primeira metade do século XX, tanto na Europa quanto nos Estados Unidos e no Brasil.

Nessa nova concepção da escola, a base de todos os seus trabalhos é a atividade espontânea, alegre e fecunda, dirigida à satisfação das necessidades do próprio indivíduo. Nela deve estar sempre presente não só da correspondência entre os graus do ensino e as etapas da evolução intelectual fixadas sobre a base dos interesses, como também da adaptação da atividade educativa às necessidades psicobiológicas do momento.

mas essas ideias não foram bem aceitas por causa...

... dos insucessos das inúmeras propostas que pretenderam adotá-la; as práticas tradicionais, ao contrário, foram consideradas responsáveis pelo extraordinário avanço da ciência e da tecnologia ocorrido naquela época.

A Física, em particular, conheceu então a mais extraordinária revolução de sua história. Nas três primeiras décadas do século XX foram formuladas as teorias da relatividade e da mecânica quântica, que transformaram radicalmente a nossa compreensão da natureza e resultaram no advento de uma nova era tecnológica, cujos resultados ainda hoje continuam a nos surpreender. E todas essas conquistas foram atribuídas ao trabalho de centenas de cientistas que, afirmava-se, aprenderam o que sabiam frequentando escolas em que se adotava o ensino tradicional.

mas faltou combinar com os russos...

Em 5 de outubro de 1957 a URSS lançou o Sputnik, primeiro satélite artificial da Terra

"All the News That's Fit to Print"

The New York Times.

LATE CITY EDITION

NEW YORK, SATURDAY, OCTOBER 5, 1957. FIVE CENTS

SOVIET FIRES EARTH SATELLITE INTO SPACE; IT IS CIRCLING THE GLOBE AT 18,000 M. P. H.; SPHERE TRACKED IN 4 CROSSINGS OVER U. S.

HOFFA IS ELECTED TEAMSTERS HEAD; WARNS OF BATTLE

COURSE RECORDED

Navy Picks Up Radio Signals—4 Report Sighting Device

560 MILES HIGH

Visible With Simple Binoculars, Moscow Statement Says

Device Is 8 Times Heavier Than One Planned by U.S.

SATELLITE SIGNAL BROADCAST HERE

Impulse Carried on Radio and TV—First Reported by Long Island Station

Sputnik I, primeiro satélite artificial da Terra

Capa da edição do The New York Times, de 5 de outubro de 1957; a manchete, com destaque excepcional na época, diz: SOVIÉTICOS LANÇAM SATÉLITE NO ESPAÇO; ELE ESTÁ CIRCULANDO EM TORNO DO GLOBO A 18.000 MPH [MILHAS POR HORA]; ESFERA RASTREADA EM 4 TRAVESSIAS SOBRE OS EUA.

No destaque em vermelho, nota sobre os dois transmissores de rádio que emitiam sinais contínuos nas frequências de 20.005 e 40.002 megaciclos, com potência suficiente para serem captados por qualquer radioamador:

bip....bip....bip....bip....bip....bip....bip

A reação da opinião pública foi imediata e dramática. O breve histórico do BSCS (falamos dele logo adiante)* relata:

> ***O bip implacável angustiou os americanos, lembrando-lhes que os soviéticos tinham ganhado a corrida para o espaço com o primeiro lançamento bem-sucedido de um satélite. A tentativa fracassada dos americanos, dois meses depois, com um satélite muito menor que explodiu na plataforma de lançamento agravou esse sentimento.***
>
> ***Os críticos imediatamente começaram a acusar os Estados Unidos de ficarem atrás dos soviéticos na educação em ciência e tecnologia. […] Um ano depois foi criada a Agência Nacional de Aeronáutica e do Espaço (NASA) e nesse mesmo ano o Congresso aprovou a Lei de Educação da Defesa Nacional (NDEA), assinada em setembro de 1958 e passou a financiar a atualização dos livros de ciências.***

* https://bscs.org/history **(acesso em abril de 2017)**

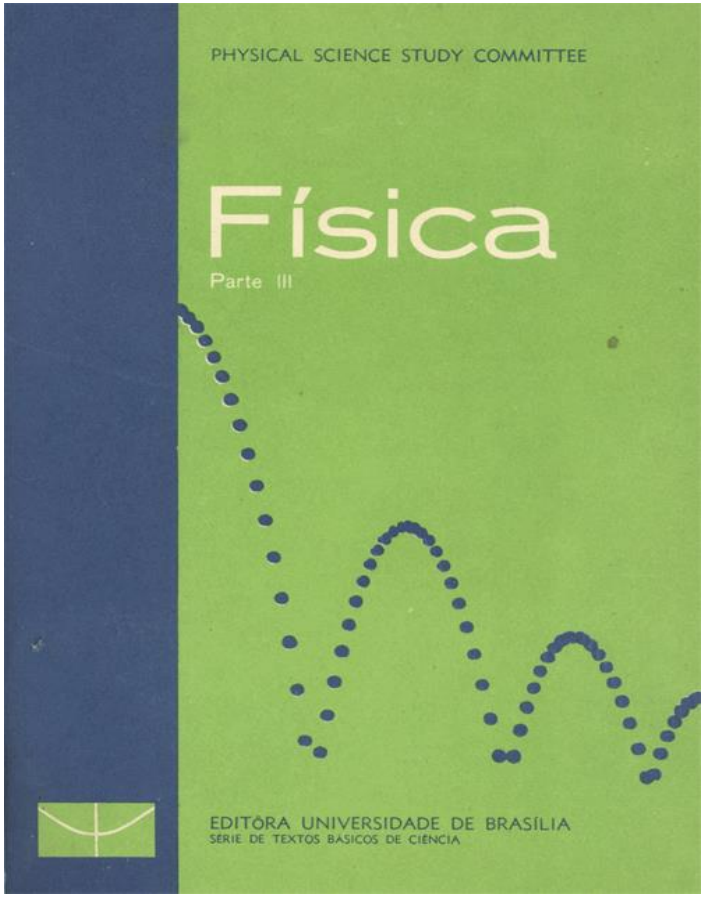
Talvez por coincidência (ou espionagem premonitória…) iniciou-se em 1956 o projeto de reformulação do ensino de Física nos EUA elaborado pelo Physical Science Study Committee (PSSC), liderado pelo físico nuclear do MIT, Jerrold Zacharias (1905 – 1986).

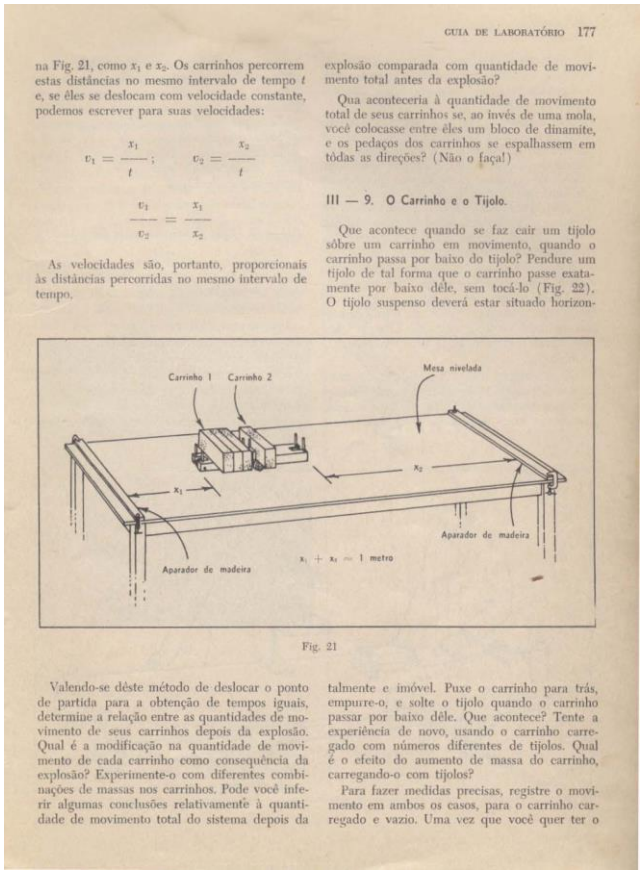
Mas, de acordo com Bybee*, apesar dessa antecedência, o…

> ***…Sputnik ainda desempenhou papel significativo na reforma educacional. Tornou-se um histórico*** **turning point**. ***Para o público representou uma ameaça à segurança dos americanos, à nossa superioridade em ciência e tecnologia, ao nosso progresso e nossa liberdade. Em síntese, os Estados Unidos se sentiram cientificamente, tecnologicamente, militarmente e economicamente frágeis. Como resultado, educadores, cientistas e matemáticos expandiram e aceleraram a reforma educacional, o público compreendeu e apoiou esse esforço e os legisladores aumentaram o financiamento federal.***

*** BYBEE, R. B. THE SPUTNIK ERA: WHY IS THIS EDUCATIONAL REFORM DIFFERENT FROM ALL OTHER REFORMS?, trabalho apresentado no simpósio Reflecting on Sputnik: Linking the Past, Present, and Future of Educational Reform. In: http://www.nas.edu/sputnik/bybee1.htm**

A fundamentação pedagógica do PSSC





GUIA DE LABORATÓRIO 177

na Fig. 21, como x_1 e x_2. Os carrinhos percorrem estas distâncias no mesmo intervalo de tempo t e, se êles se deslocam com velocidade constante, podemos escrever para suas velocidades:

$$v_1 = \frac{x_1}{t}; \qquad v_2 = \frac{x_2}{t}$$

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{x_1}{x_2}$$

As velocidades são, portanto, proporcionais às distâncias percorridas no mesmo intervalo de tempo.

explosão comparada com quantidade de movimento total antes da explosão?

Qua aconteceria à quantidade de movimento total de seus carrinhos se, ao invés de uma mola, você colocasse entre êles um bloco de dinamite, e os pedaços dos carrinhos se espalhassem em tôdas as direções? (Não o faça!)

III — 9. O Carrinho e o Tijolo.

Que acontece quando se faz cair um tijolo sôbre um carrinho em movimento, quando o carrinho passa por baixo do tijolo? Pendure um tijolo de tal forma que o carrinho passe exatamente por baixo dêle, sem tocá-lo (Fig. 22). O tijolo suspenso deverá estar situado horizon-

Fig. 21

Valendo-se dêste método de deslocar o ponto de partida para a obtenção de tempos iguais, determine a relação entre as quantidades de movimento de seus carrinhos depois da explosão. Qual é a modificação na quantidade de movimento de cada carrinho como consequência da explosão? Experimente-o com diferentes combinações de massas nos carrinhos. Pode você inferir algumas conclusões relativamente à quantidade de movimento total do sistema depois da

talmente e imóvel. Puxe o carrinho para trás, empurre-o, e solte o tijolo quando o carrinho passar por baixo dêle. Que acontece? Tente a experiência de novo, usando o carrinho carregado com números diferentes de tijolos. Qual é o efeito do aumento de massa do carrinho, carregando-o com tijolos?

Para fazer medidas precisas, registre o movimento em ambos os casos, para o carrinho carregado e vazio. Uma vez que você quer ter o

À esquerda, foto da capa da edição publicada no Brasil em 1966 do livro texto do PSSC. Ver http://paje.fe.usp.br/~mef-pietro/pssc_capas.htm#; à direita , foto da página do Guia de Laboratório que acompanha a edição publicada no Brasil em 1966 do livro texto do PSSC. Ver http://www.cienciamao.usp.br/dados/pssc/_parteiii-mecanicaguiadel.arquivopdf.pdf

Além do livro texto (no Brasil ele foi dividido em três volumes), chamado no prefácio de "alma do curso" o projeto incluía " [...] um guia de laboratório e um conjunto de aparelhos modernos e baratos, um grande número de filmes e testes padronizados; uma série crescente de publicações preparadas por expoentes nos respectivos campos e um extenso livro do professor." (PSSC, 1963)

Pode-se afirmar que esse projeto tinha dois pressupostos pedagógicos básicos:

I) um novo currículo: a apresentação dos conteúdos para o ensino de determinada ciência deveria obedecer à **sequência lógica dessa ciência**; caberia aos especialistas na disciplina decidir qual seria essa sequência.

II) uma nova forma de apresentação dos conteúdos: essa orientação baseou-se exclusivamente nas intuições ou crenças pedagógicas dos físicos que lideravam a comissão. Para eles, todo o conteúdo apresentado na proposta do PSSC deveria basear-se firmemente na experimentação. Ou seja, abstrações expressas por meio de fórmulas e gráficos deveriam ser sempre precedidas de observações concretas.

Assim, seus formuladores acreditavam que...

... o aluno só poderia aprender ciência por meio da atividade experimental, como se afirma no prefácio do Guia de Laboratório : "As ideias, os conceitos, e as definições, só têm, na verdade, um sentido efetivo quando baseados em experiências".

... a realização de experiências daria ao aluno a possibilidade de simular o papel do cientista na descoberta da ciência "Ao realizar experiências cujo resultado, de antemão, lhe é desconhecido, fica o aluno tomado por uma sensação de participação pessoal nas descobertas científicas; tornam-se-lhe mais significativas a ciência e a importância do cientista."

... e com surpreendente e ingênua confiança afirmavam:
"Com aparelhamento simples de laboratório, os estudantes descobrem a lei do movimento de Newton."

Outros projetos seguiram-se ao PSSC nos EUA, vinculados à Lei de Educação da Defesa Nacional (NDEA), financiados pela National Science Foundation (NSF) – o primeiro deles foi o…

BSCS, Biological Science Curriculum Commitee

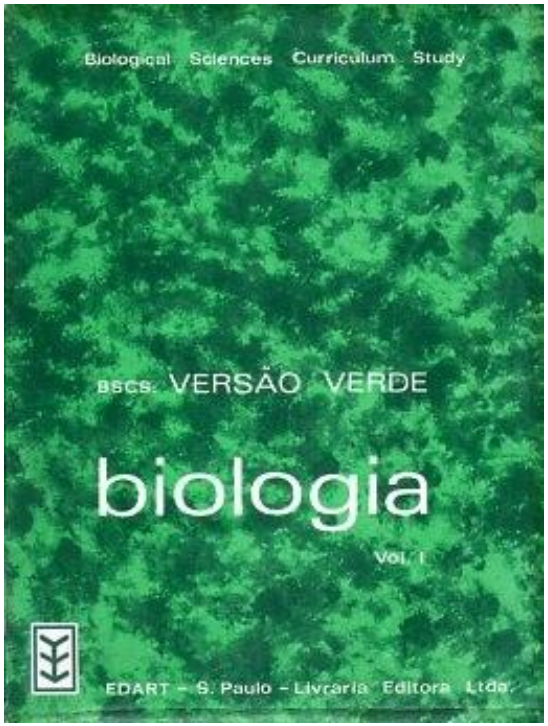
A liderança do BSCS durante sua primeira década de operação foi composta principalmente por biólogos e profissionais que trabalharam com educadores e administradores de escolas secundárias para desenvolver e implementar novos materiais curriculares

Durante as primeiras reuniões do Comitê Diretor, em 1959, o BSCS decidiu focar a melhoria do ensino de biologia no ensino médio, principalmente ao nível das séries finais. No verão de 1960 foram desenvolvidos três novos livros didáticos de biologia do ensino médio.

As três versões ficaram conhecidas pela cor de suas capas: azul, abordando a biologia molecular; verde, ecologia, e amarela, biologia celular. Essas três versões e seus correspondentes exercícios de laboratório recém desenvolvidos foram testados em escolas de ensino médio nos Estados Unidos durante o ano letivo de 1960-61.

Os materiais do currículo foram então revisados durante o verão de 1961 com base no feedback dos professores, estudantes e biólogos profissionais, e testados novamente durante 1961-62. Em 1963, as três versões de livros didáticos foram publicadas comercialmente.

Cerca de 70% do conteúdo de cada livro era idêntico, mas o material foi apresentado por meio de diferentes temas. Embora o BSCS quisesse evitar a crítica de querer estabelecer um currículo nacional, seus livros - para todos os efeitos práticos - fizeram exatamente isso, pois na década de 1960, a maioria das escolas usava livros de texto do BSCS.



No Brasil, o IBECC (Instituto Brasileiro de Educação Ciência e Cultura), nas décadas de 1960 e 1970, traduziu e adaptou dois dos projetos do BSCS: a versão azul em dois volumes e a versão verde em três volumes.

Um dos três volumes da versão do BSCS publicado Brasil

Os livros do BSCS recolocaram a teoria da evolução no currículo de biologia e foram determinantes na decisão da Suprema Corte dos EUA que tornou inconstitucionais as leis que proibiam o ensino da evolução humana. Credita-se essa decisão à qualidade dos textos e de seus autores, recrutados entre os melhores cientistas e professores dos Estados Unidos.

O nome do projeto é hoje o nome de uma corporação sem fins lucrativos que continua a desenvolver materiais de currículo de alta qualidade para todos os níveis de graduação, incluindo a biologia do ensino médio. Ainda trabalha no desenvolvimento profissional do professor em apoio ao ensino efetivo de ciências. Os materiais do BSCS foram impressos em mais de 25 idiomas para uso em mais de 60 países. Desde a sua criação, mais de 20 milhões de alunos usaram materiais BSCS.

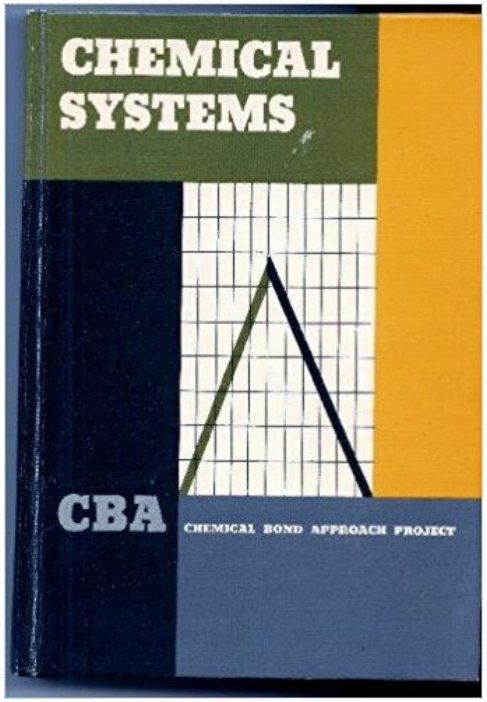
BSCS

A SCIENCE EDUCATION CURRICULUM STUDY

DOIS PROJETOS DE QUÍMICA

1. CBA – Chemical Bond Approach

O projeto teve início em 1959 por iniciativa de um grupo de nove professores de química do ensino médio e nove alunos. Com o patrocínio da NSF o grupo elaborou uma proposta preliminar de um curso introdutório que via o estudo da química como um processo de tecedura de ideias e fatos que poderiam manter o estudante ativo. A ênfase estava em definições operacionais e conceituais e na compreensão das reações químicas a luz das ideias modernas.



Chemical Systems, livro texto do CBA, era pensado pelos autores como "o mais espinhoso esforço para mostrar a inter-relação entre ideias e fatos na química". Foi usado um procedimento experimental para desenvolver esse texto. Membros do staff do CBA prepararam versões preliminares do texto e guia de laboratório. testados pro 200 professores e 10 mil alunos.

livro texto do CBA, edição de 1964

Grande parte da ciência estudada no curso do CBA baseou-se no trabalho de cientistas notáveis. De acordo com o staff do CBA, ler sobre ciência permite aos estudantes apenas serem espectadores, por isso o principal objetivo era levá-los a se envolverem em projetos. Quanto mais o aluno puder se envolver pessoalmente na cadeia de ideias e experimentos, mais ele poderá proceder como cientista.

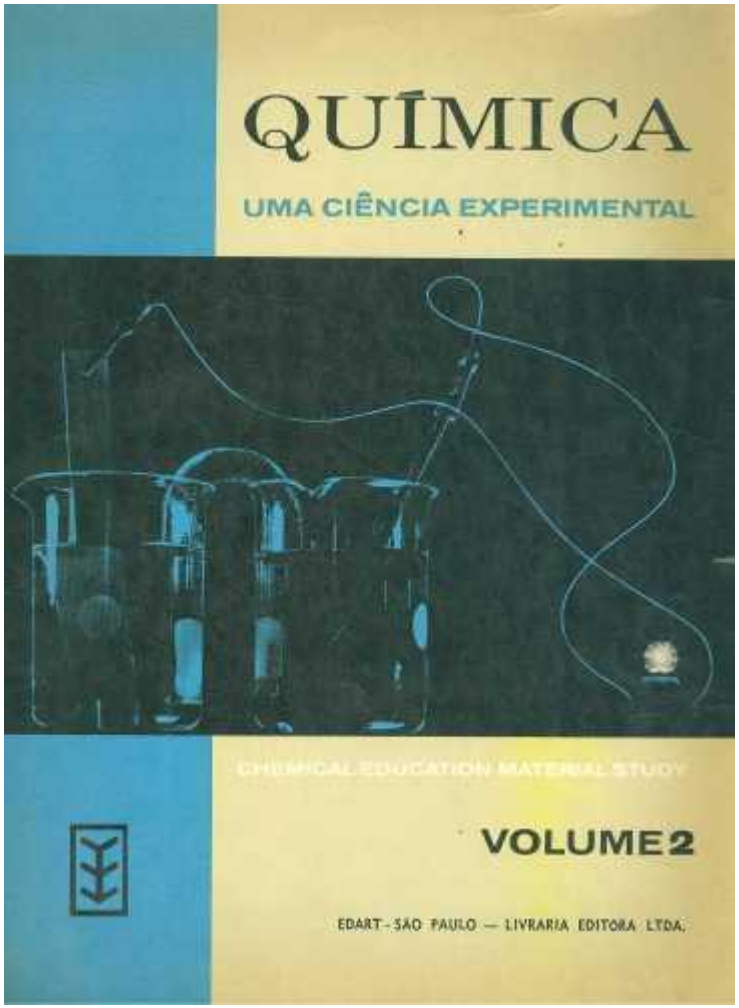
Para o staff, a ciência é tanto experimental como mental e ambos são observação e imaginação. Assim, o método de estudo do CBA objetiva inicialmente o levantamento de questões, algumas acompanhadas de respostas, outras foram levantadas para que o próprio estudante responda e outras ainda foram colocadas para destacar aspectos da química sobre os quais nem os cientistas têm respostas satisfatórias.

O curso do CBA segue estas orientações para o ensino da química:

1. **Inclui a apresentação sistemática de trabalho experimental.**
2. **Adota uma forte aproximação entre texto e laboratório,**
3. **Apresenta uma abordagem lógica para a compreensão da estrutura atômica e molecular;**
4. **O conceito de energia permeia toda a abordagem.**

2. CHEM – Chemical Education Material Study

O CHEM foi aplicado pela primeira vez em 1960; na sua elaboração a comissão procurou contar com a colaboração dos mais capazes cientistas universitários e professores secundários norte-americanos.



O livro texto do CHEM Study admite que o aluno acredita em átomos e moléculas, mas não entende as razões dessa crença. Os capítulos introdutórios apresentam uma visão geral da química em termos da natureza atômico molecular da matéria. Esses capítulos desenvolvem conceitos do comportamento químico em termos da teoria atômica e informação química.

capa do volume 2 da tradução em português do livro texto do CHEM, publicada pela EDART, em 1969.

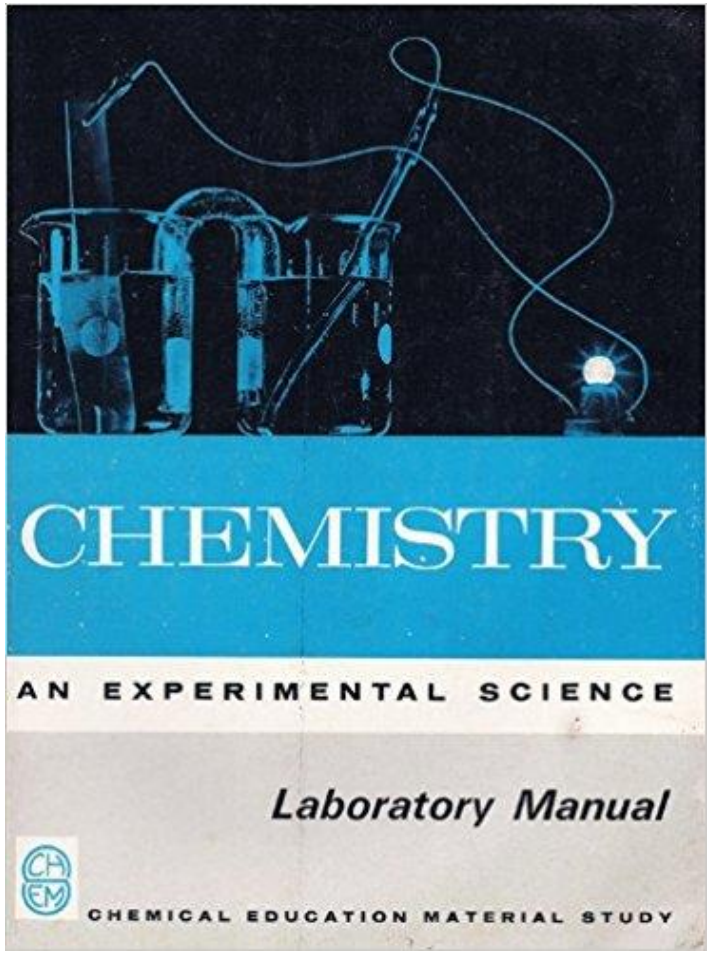
Nos capítulos seguintes – a segunda sessão do livro –, abordam-se alguns conceitos básicos de química, do ponto de vista experimental. Capítulos são também dedicados às variações de energia, equilíbrio, ácidos, bases e oxidação-redução. Eles são amarrados em termos dos conceitos de mol, energia cinética e do comportamento atômico-molecular da matéria.

Em seguida, discute-se a estrutura atômica e molecular e as relações estruturais dos vários estados da matéria em função de sua influência na reatividade química. A química do carbono – a química orgânica – é apresentada no último capítulo. Outros elementos químicos são apresentados com ênfase nessas seções em uma abordagem experimental. O objetivo dos autores nessas últimas sessões é usar esses materiais e ideias apresentadas anteriormente como um modo de unificá-las.

A fundamentação pedagógica do CHEM fica explícita desde suas primeiras aulas. Nelas, na maior parte da primeira semana, o aluno permanece no laboratório observando e estudando a chama de uma vela.

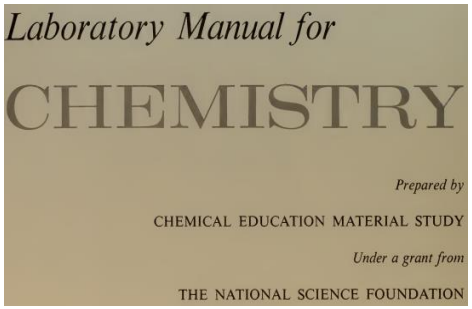
*"A intensão seria de ele [o aluno] levantar questões sobre um evento cotidiano que ele acha que conhece. Desse modo ele iria se familiarizar com a complexidade de sistemas aparentemente simples e compreender como ideias relativamente simples podem ser usadas para interpretar o comportamento desses sistemas" **

Para exemplificar apresentamos parte das instruções sugeridas no manual de laboratório do projeto para essas aulas iniciais.



capa do Manual de Laboratório do projeto

***CHIMENO, J.S. A COMPARATIVE STUDY OF THE CHEM STUDY METHOD VERSUS THE CBA METHOD, North Texas State University, Master of Science Education, 1971 In:**
https://digital.library.unt.edu/ark:/67531/metadc131463/m2/1/high_res_d/n_04379.pdf (acesso em 2/74/2017)



Todo mundo se considera bom observador. No entanto, isso não é tão simples como parece. É preciso concentração, atenção ao detalhe, engenhosidade e frequentemente apenas muita paciência. E aplicação! Faça você mesmo. Procure escrever uma descrição completa sobre um evento familiar – digamos, uma vela acesa. Seja "científico", comece fazendo uma experiência. Isso significa observar a vela acesa em laboratório, ou seja, em um lugar onde as condições podem ser controladas. Mas como saber quais condições precisam ser controladas? Esteja pronto para surpresas aqui! Às vezes, as condições importantes são difíceis de descobrir, um experimento pode não ter sentido se as condições que importam não forem controladas.

Primeiro examine a vela com cuidado. Em seguida, acenda-a e anote em seu caderno todas as observações que você pôde fazer durante um curto período (10 a 15min).
[...]
*Escreva uma descrição da vela acesa, com base na sua lista de observações e em quaisquer observações adicionais de velas acesas que você gostaria de fazer mais tarde em casa.**

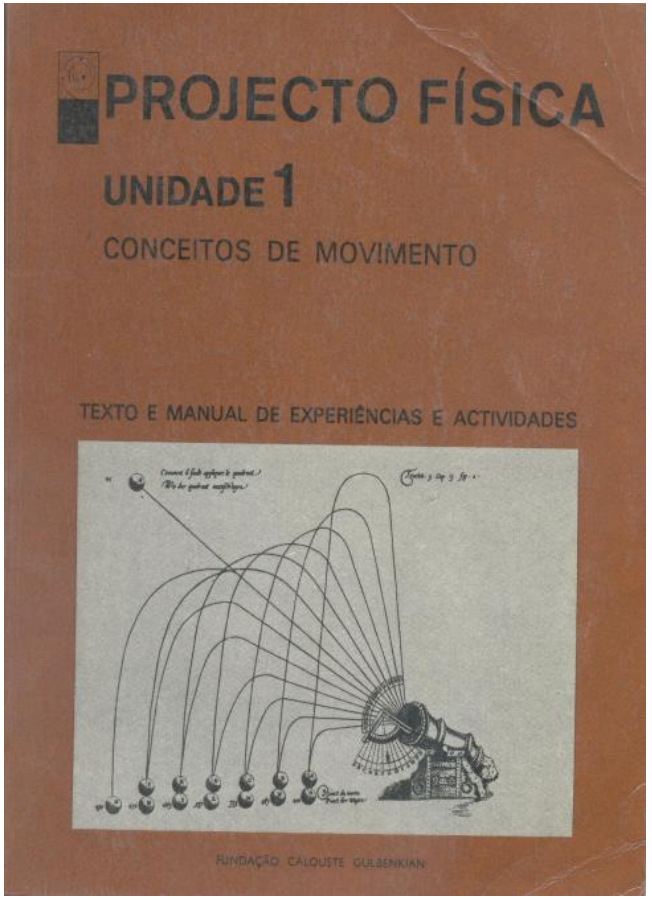
***Laboratory Manual for CHEMISTRY, na experimental science, prepared by CHEMICAL EDUCATION MATERIAL STUDY under a grant from THE NATIONAL SCIENCE FONDATION, 1960.**

Houve ainda muitos outros projetos internacionais...

O Projeto Harvard (Harvard Project Physics), 1975, tinha uma visão humanista da ciência: consistia de

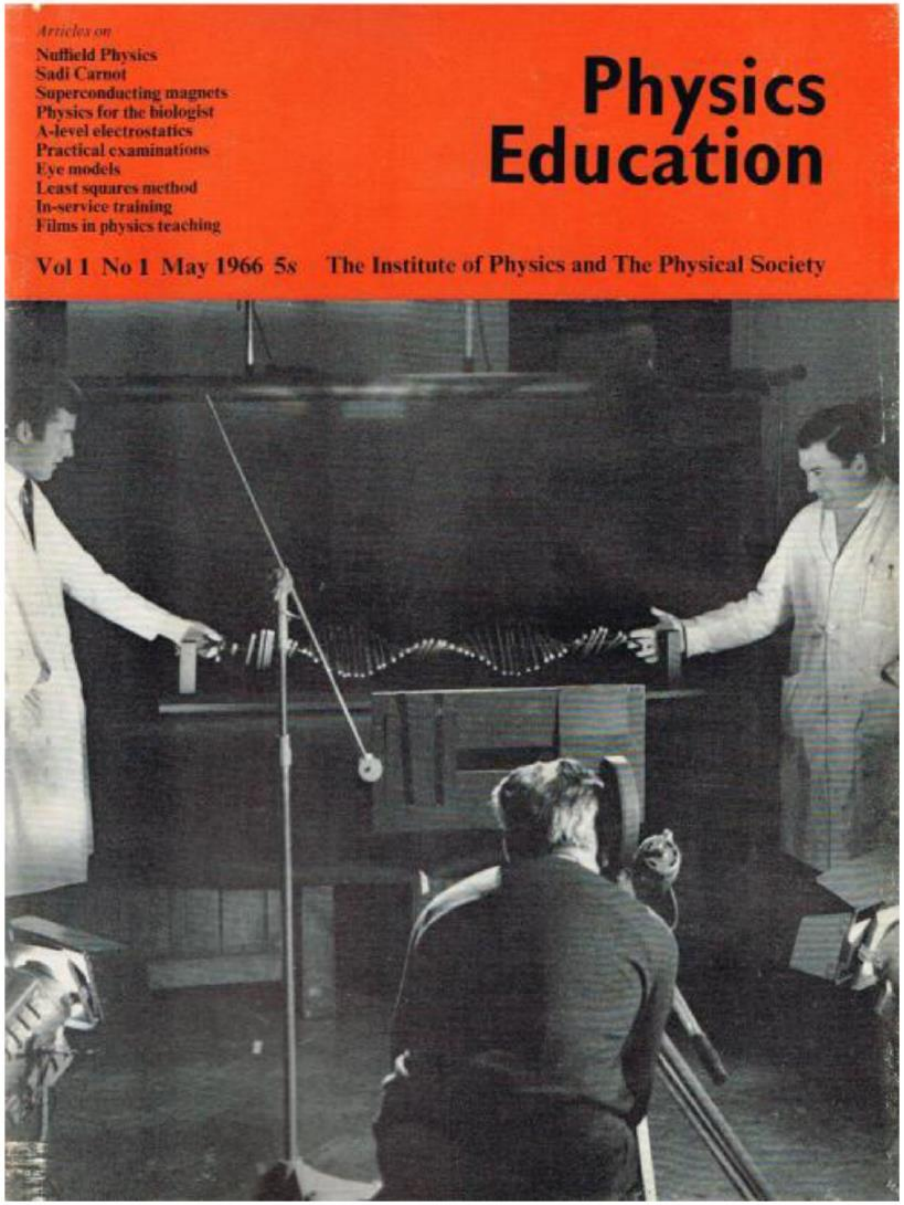
"uma grande variedade de materiais de aprendizagem entre os quais o livro-texto é apenas um; existem ainda as colectâneas de textos, manuais de actividades, guias para o professor, livros de instrução programada, filmes sem-fim 'loop', filmes de 16 mm, transparências, aparelhos e livros de teste"

(HOLTON, RUTHERFORD e FLETCHER, 1985).



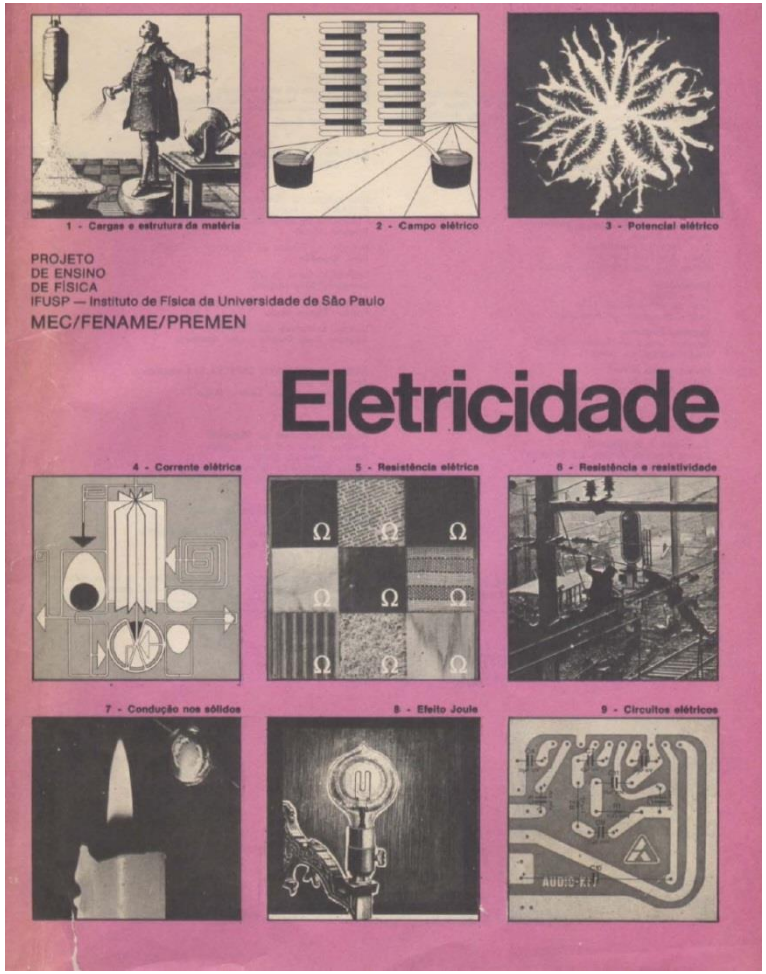
Projeto da Fundação Nuffield (década de 1960), inglês – a ciência no futuro:

"A física, e com ela o mundo, está mudando tão rapidamente que ninguém pode prever quais capítulos da física serão utilizados dentro de, digamos, dez anos. Mas estamos inteiramente seguros de que há algumas ideias básicas que serão mais apropriadas para os novos problemas de amanhã. Procuramos basear este curso no que acreditamos serão essas ideias" **(BLACK & OGBORN, 1975)**



...e no Brasil, o PEF (Projeto de Ensino de Física)

iniciativa do Instituto de Física da USP, em convênio com o MEC (FENAME - Fundação Nacional do Material Escolar e o PREMEN - Programa de Expansão e Melhoria do Ensino); compunha-se de um texto básico, apresentado em quatro conjuntos de fascículos – Mecânica 1, Mecânica 2, Eletricidade e Eletromagnetismo – acompanhados de material experimental simples, de baixo custo, e de guias do professor.



a concepção pedagógica residia no estímulo à postura ativa e individual do aluno, na crença na validade do método científico e na convicção de que a experimentação é essencial para a compreensão dos conceitos físicos:

[...] a parte experimental do PEF é integrada no curso, sendo praticamente impossível seguir o texto sem realizar as experiências lá especificadas. Assim, o equipamento experimental não deve ser encarado como um apêndice acessório ao texto, mas como parte integrante do curso, sem o qual ele fica mutilado.

assim como o PSSC, Harvard e Nuffield, o PEF não obteve sucesso; em poucos anos foram abandonados;

com exceção de algumas causas específicas, brasileiras, como a ineficiente distribuição do material, a qualidade do material experimental e a dificuldade de obtenção dos guias do professor, a nosso ver a causa principal do insucesso do PEF foi a mesma do PSSC, seu precursor no Brasil:

a superestimação da capacidade do material instrucional na promoção da aprendizagem individual do aluno ancorada basicamente na experimentação, enquanto do professor se pedia e se esperava muito pouco.

Nesse sentido o PEF radicalizou a visão pedagógica do PSSC – o estímulo à interação individual do aluno com o material é explícito:

"1. Você pode trabalhar sozinho ou então em pequenos grupos de até 5 alunos. Mesmo trabalhando em grupo, **é importante que você faça as tarefas sozinho, *para que aprenda melhor*.**

2. Leia o texto com atenção, tentando responder ***sozinho*** a cada uma das questões [...].

3. ***Depois*** de responder a cada questão, ***discuta*** **com os seus colegas** se a resposta está correta e por quê.

4. O professor, ***ou o próprio texto***, indicará o momento em que você deve comparar sua resposta com as respostas corretas [...]" (grifos nossos)

mas, mesmo esperando tão pouco do professor, grande parte dos pesquisadores ainda atribuíram o fracasso de suas propostas ao...

professor!

por isso, uma nova proposta pedagógica ainda mais radical começou a ser adotada, mas isso é o assunto da próxima aula...