

Carta do Editor

Projeto Arquimedes

Está sendo apreciada no âmbito do Ministério de Ciência e Tecnologia uma iniciativa do CNPq de propor o Projeto Arquimedes após estudos de um grupo de trabalho¹. O Projeto consiste na criação de centros de referência de ensino de ciências e matemática e na produção de kits para a distribuição em escolas e venda ao público em geral. Centros de ciências já existiram no Brasil em épocas passadas mas, com raras exceções, tiveram vida curta. Por questões de espaço não analisaremos as possíveis causas dos êxitos e fracassos destes centros.

O Projeto surgiu devido à constatação óbvia da precariedade atual do ensino de Ciências e Matemática bem como a necessidade de atualização e aprimoramento dos professores do Ensino Médio e Fundamental nestas áreas. Por outro lado, observa-se o interesse de professores de universidades em colaborar em um programa de formação continuada de professores e na inovação no ensino de Ciências, buscando ainda uma reorientação na formação inicial dos futuros professores nos cursos de licenciatura. Constata-se ainda a imperiosa necessidade de fabricação de material instrucional de excelente qualidade fazendo bom uso das experiências bem sucedidas do passado, mas sem se atrelar a propostas importadas de duvidosa eficácia.

Os objetivos principais do Projeto Arquimedes são: promover o ensino das Ciências e Matemática para estudantes do Ensino Fundamental e Médio fora e dentro da escola; oferecer aos professores destas áreas condições para expandir ou aprofundar seu conhecimento do conteúdo e de novas tecnologias educacionais; identificar professores com formação superior consolidada, oferecendo-lhes os meios para participar como agentes multiplicadores das ações de treinamento e aprimoramento profissional; propi-

ciar a participação de estudantes universitários em atividades de educação em Ciências e Matemática; promover e incentivar o uso de atividades experimentais, textos para-didáticos, portais da WEB, material multimídia e informações atualizadas, desde os primeiros anos da educação formal; selecionar, adaptar e implementar materiais instrucionais para as escolas; criar redes de centros de referências de alto desempenho que ajudem as escolas na tarefa de selecionar e implementar materiais instrucionais; disseminar os conhecimentos que a Ciência e a Tecnologia propiciam também para a população que está fora da rede formal de ensino; formar agentes disseminadores de novos centros de referência em escolas e centros comunitários; estabelecer conexões entre a educação formal e informal; construir um espaço de socialização do conhecimento e centro de informação de ciências e matemática através do acesso livre à biblioteca, videoteca e Internet.

Deverão participar das atividades dos centros os alunos das escolas do Ensino Fundamental e Médio, professores/alunos que vão participar de cursos de atualização e aprimoramento, alunos do ensino superior que procuram oportunidades de realizar atividades práticas de ensino de Ciências e Matemática reconhecidas como parte daquelas exigidas pelos currículos de licenciaturas, pessoas interessadas em aprender Ciências, freqüentar cursos para expandir ou atualizar seus conhecimentos, e finalmente grupos de jovens ou adultos interessados em freqüentar cursos.

Os centros são constituídos de laboratórios, salas especializadas com vídeos, livros, CD's, terminais ligados às redes de informação, salas equipadas com recursos de multimídia para tele-conferências, realização de debates e apresentação coletiva de vídeos, e aulas interativas.

Espera-se que os centros tenham a capacidade de atuarem como focos irradiadores de outros centros em permanente expansão com os professores treinados agindo como disseminadores de novos centros em suas escolas e região.

É preciso deixar claro que a criação dos centros não retira da escola o processo de ensino/aprendizagem em Ciências e Matemática, mas o auxilia e o complementa.

O projeto também prevê a produção de material instrucional que contribua para aumentar o conhecimento, desenvolver habilidades e suprir dificuldades dos estudantes em todos os níveis. Esses kits são de dois tipos: o primeiro, de custo moderado, fácil operação e inestimável valor didático-científico para uso nos centros de referências e nas escolas; o outro, de baixo custo, de fácil distribuição e/ou comercialização para uso nos centros, escolas e em casa, fabricado em parceria com empresas especializadas.

Essa ação inovadora, complementar ao ensino formal, poderá mobilizar cientistas e professores, alunos e profissionais, interessados em criar condições efetivas para a melhoria do ensino de Ciências e Matemática no país.

Nelson Studart

¹Este grupo foi formado por Celso Pinto de Melo (diretor do CNPq), Cid Bartolomeu de Araújo (UFPE), Ennio Candotti (UFES), Nelson Studart, coordenador (UFSCar), Nélio Bizzo (USP), Oswaldo Luis Alves (UNICAMP), e Suely Druck (UFF)

Rapel e Física -

Uma Dupla Premiada!



O estudante moderno não se limita mais a, simplesmente, copiar do quadro o que lhe ensinam. Ele sente a necessidade de questionar conceitos e teorias; busca aplicar o que aprende e, principalmente, quer sentir prazer em estudar. Dentro dessa perspectiva apresenta-se a necessidade de inovar os métodos de ensino sempre buscando uma maior qualidade no aprendizado. Dessa necessidade de inovação surgiu a idéia de tentar fazer com que os próprios alunos criassem atividades práticas para o curso de Física deles. Dentre as várias iniciativas, a que mais se destacou foi a oficina de Física no rapel. Mas não parou por aí. Como se não bastasse atingir os objetivos pedagógicos, tal trabalho ainda foi inscrito no II Prêmio Jovem Cientista do Futuro - 2001 (promovido pelo CNPq e patrocinado pela Fundação Roberto Marinho e pela Gerdau) e foi classifi-

O estudante moderno não se limita mais a, simplesmente, copiar do quadro o que lhe ensinam. Ele sente a necessidade de questionar conceitos e teorias; busca aplicar o que aprende e, principalmente, quer sentir prazer em estudar

cado em primeiro lugar! Este artigo destina-se não só a descrever o trabalho que foi desenvolvido pelo aluno Vanderlei, sob a orientação do professor de Física, Júdice, mas também serve como um incentivo para que outros professores repensem sua prática didática e incentivem seus alunos à pesquisa científica desde cedo.

Este trabalho nasceu a partir dos questionamentos sobre a possibilidade de, realmente, se aplicar os conhecimentos que estavam sendo desenvol-

vidos no colégio em situações do dia a dia. Não que a aprendizagem só se justifique quando é aplicável, mas não se têm desvantagens nessa tal aplicabilidade. Cobranças do tipo “não seria possível o próprio aluno procurar as tais aplicações dos conceitos discutidos?” também surgiam. E foi justamente nessa atmosfera de inquietação que surgiu esta pesquisa.

Contando com o incentivo e orientação do professor de Física, todo o trabalho desenvolvido pelo aluno da 2ª série do Ensino Médio foi baseado na seguinte pergunta: será possível um aluno construir uma atividade prática de Física, contextualizada, para outros alunos das séries anteriores?

Acreditava-se que sim, e por isso traçou-se o seguinte objetivo para a pesquisa: elaborar uma atividade prática de Física sobre o rapel para os alunos do 1º ano do Ensino Médio. A principal justificativa para a escolha do rapel como tema da atividade foi o fato do aluno Vanderlei já ser um praticante e ter muita familiaridade com esse esporte.

Essa atividade prática não só foi desenvolvida “no papel”, como foi aplicada para os alunos, em especial os do 1º ano, durante a Estação Ciência do Colégio Arnaldo (Belo Horizonte) no ano de 2000. E são vários os fatores que indicam a relevância deste projeto. Os três considerados mais relevantes são apresentados aqui. Primeiro, a motivação. As atividades

.....
Renato Júdice

Faculdade de Educação da UFMG
Belo Horizonte - MG
E-mail: judicebh@terra.com.br

.....
Vanderlei da Conceição Veloso Júnior

Colégio Arnaldo
Belo Horizonte - MG
E-mail: dcfv@bol.com.br

A necessidade de buscar inovação nos métodos de ensino gerou o experimento aqui descrito, unindo Física e a prática de uma variante do alpinismo, o rapel. O trabalho, apresentado no II Prêmio Jovem Cientista do Futuro 2001, promovido pelo CNPq, arrebatou nada menos que o primeiro lugar.

práticas, de um modo geral, não só facilitam a aprendizagem mas também conquistam os alunos para um estudo mais efetivo da disciplina. Afinal, é árduo para o aluno quando o professor apenas “enche” o quadro de fórmulas e o coloca para resolver uma lista de exercícios de vestibular. O segundo fator é a coerência da idéia com as propostas mais recentes do governo para a educação, em especial, os Parâmetros Curriculares Nacionais - PCNs. Como exemplo, têm-se dois trechos retirados da parte III dos PCNs (parte das Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias), nos quais se pode constatar o incentivo à contextualização do ensino e à realização de atividades práticas.

“Os objetivos do Ensino Médio em cada área do conhecimento devem envolver, de forma combinada, o desenvolvimento de conhecimentos práticos, contextualizados, que respondam às necessidades da vida contemporânea...” (pag. 06)

“Um dos pontos de partida para esse processo é tratar, como conteúdo do aprendizado matemático, científico e tecnológico, elementos do domínio vivencial dos educandos, da escola e de sua comunidade imediata.” (pag. 07)

E, finalmente, o terceiro e mais importante argumento é o incentivo à inovação nas metodologias da educação, pois este trabalho não é inovador por si próprio. No entanto, acredita-se que ele sirva como um incentivo para que os professores, em especial

do Ensino Médio, repensem suas práticas pedagógicas, quem sabe, até adotando os alunos como seus parceiros na elaboração, execução e avaliação das atividades práticas...

Visando o êxito da atividade, o trabalho foi iniciado criando algumas suposições e pensando em possíveis

problemas. A seguir tais suposições são descritas e explicadas:

- Qual nível de conhecimento o aluno deve ter para executar com sucesso a tarefa a qual se propõe? - Afinal durante a apresentação era ele quem dava todas as explicações; conseqüentemente, tinha que estar preparado para responder, de maneira correta, as dúvidas que surgissem.

- Como despertar a curiosidade do aluno e do público em geral para a visita da atividade, ou seja, era imprescindível divulgar o trabalho de uma maneira objetiva e ao mesmo tempo criativa, algo incomum que realmente instigasse a curiosidade de todos os visitantes.

- É realmente viável a realização de tal atividade? - Essa pergunta foi feita porque era necessária uma autorização do colégio para realizar a oficina e o rapel. Por ser um esporte radical e não muito difundido, acaba sendo taxado como perigoso, que põe em risco a vida das pessoas, fato esse, que acabou-se provando ser falso.

Com relação aos problemas que apareceram durante o trabalho, os mais relevantes foram: a escola, preocupada com a segurança de todos os envolvidos, pediu que fosse feita uma apresentação prévia. Essa apresentação aconteceu e foi suficiente para que a escola se convencesse de que era realmente segu-

ro e que a atividade era bastante séria. Outro problema era onde realizar a atividade, pois era preciso um ponto alto para fazer a descida. Felizmente, o colégio Arnaldo possui uma piscina suspensa, que se tornou o ponto ideal para se praticar o rapel. E, por último, destaca-se a necessidade de pelo menos

mais uma pessoa para ajudar na segurança do trabalho, ou seja, outra pessoa conhecedora da técnica. Esse

problema foi resolvido rapidamente pois um outro aluno, que cursava a mesma série, ajudou durante a parte prática.

Pretendia-se criar uma atividade onde as pessoas, além de terem contato com a parte teórica, pudessem também praticar o rapel.

Sendo Vanderlei

praticante do esporte, já tinha o conhecimento necessário para a parte prática do trabalho. Faltava somente a aplicação dos conceitos físicos. E estando já no 2º ano do Ensino Médio, ele teve condições de elaborar uma explicação sobre conceitos de atrito, movimento retilíneo uniforme, aceleração e, principalmente, decomposição de forças (especialmente a força peso). Também foi introduzida alguma explicação sobre energia potencial gravitacional e energia cinética, outra rica maneira para se abordar os conceitos físicos neste caso.

Para completar o trabalho, foi montado um sistema de roldanas (fixas, móveis, combinações entre roldanas fixas e móveis, móveis e móveis) para que as pessoas fizessem, elas mesmas, os testes com o sistema. Claro que tudo isso sob a supervisão de Vanderlei,

A relevância do projeto do rapel reside no incentivo à inovação nas metodologias da educação. Acredita-se que ele sirva como um incentivo para que os professores, em especial do Ensino Médio, repensem suas práticas pedagógicas, quem sabe, até adotando os alunos como seus parceiros na elaboração, execução e avaliação das atividades práticas

Pretendia-se criar uma atividade onde as pessoas, além de terem contato com a parte teórica, pudessem também praticar o rapel. Sendo Vanderlei praticante do esporte, já tinha o conhecimento necessário para a parte prática do trabalho. Faltava somente a aplicação dos conceitos físicos



Foto 1. Vanderlei (direita) e o colega Nilton, que o ajudou na empreitada. Ambos estão sob a piscina suspensa do Colégio Arnaldo, onde foi realizada a oficina de Física no rapel.



Fotos 2 e 3. Vanderlei está fazendo rapel em uma ponte, sobre os trilhos do trem, no bairro Belvedere em Belo Horizonte. Aqui ele desce tranqüilamente na posição tradicional...



...mas aqui ele mostra muita perícia e desce de cabeça para baixo!

que também explicava o funcionamento do tal sistema. Para que todas as pessoas pudessem entender o que acontecia, procurou-se fazer uso de um vocabulário simples e objetivo.

Com relação à divulgação do trabalho, foram criados alguns cartazes com imagens e alguns tópicos que instigassem a curiosidade do público; foi feita uma faixa de oito metros, colocada em local

A atividade do rapel foi a mais visitada e comentada pelos alunos que visitaram a Estação Ciência do Colégio Arnaldo no ano de 2000, fato que causou extrema satisfação e trouxe a certeza de que os objetivos do trabalho tinham sido concretizados

estratégico; foi montado um mural com fotos de rapéis anteriores; conseguiu-se até um jipe da Troller, que foi colocado em local próximo ao que a atividade estava acontecendo.

O rapel foi feito de uma piscina suspensa a uma altura de aproximadamente oito metros.

A atividade foi a

mais visitada e comentada pelos alunos, fato que causou extrema satisfação e trouxe a certeza de que os objetivos do trabalho tinham sido concretizados.

Mas afinal, o que é o rapel? O rapel é uma variação do alpinismo, uma técnica de descida por meio de corda, no qual a pessoa desliza controladamente. Essa técnica é utilizada para resgate, espeleologia (exploração de cavernas) e como esporte, sendo também considerada uma das grandes inovações no alpinismo. Vale a pena ressaltar que o primeiro rapel foi feito nos Montes Pireneus, na França. Tal

prática é muito usada pelo Corpo de Bombeiros e em operações táticas pelas Forças Armadas.

O rapel é uma variação do alpinismo, uma técnica de descida por meio de corda, no qual a pessoa desliza controladamente. Essa técnica é utilizada para resgate, espeleologia (exploração de cavernas) e como esporte, sendo também considerada uma das grandes inovações no alpinismo

Já a idéia de inscrever esse trabalho no concurso do CNPq surgiu porque, coincidentemente, o tema do Prêmio no ano de 2000 era dedicado a "Novas metodologias para a educação", no qual a pesquisa se encaixava perfeitamente. Então uma monografia foi escrita e a inscrição foi feita. Tinha-se consciência do envolvimento e da seriedade na qual o trabalho foi feito; no entanto, a notícia do primeiro lugar foi uma surpresa e motivo de grande alegria! E, com certeza, um motivo a mais para estar sempre participando de concursos desse tipo. Aproveitando a oportunidade, vai aí o site do CNPq, no qual pode-se encontrar todas as informações sobre o Prêmio Jovem Cientista (para alunos de graduação e graduados) e sobre o Prêmio Jovem Cientista do Futuro (para alunos do Ensino Médio): <http://www.cnpq.br/jovemcientista>.

Em um levantamento posterior à realização da atividade, pode-se afirmar que se obteve um resultado positivo. Conseguiu-se provar que é possível a um aluno construir uma atividade prática de Física, contextualizada, para outros alunos das séries anteriores, sem defasagem de conteúdo e com segurança na parte prática. Além disso, as pessoas que não conheciam o esporte tiveram um primeiro contato com ele de forma tranqüila e segura, desmistificando a idéia de que o rapel é necessariamente perigoso.

Portanto, espera-se que a maioria dos alunos daquele 1º ano do Ensino Médio do colégio Arnaldo tenham se sentido

mais motivados para aprender Física, já que, ao perceber que a proposta de alunos construir atividades para alunos é viável, eles provavelmente gostarão de se envolver mais com tais atividades e com o ensino de um modo geral. E mais, esperamos principalmente

ter motivado os professores para um Ensino de Física mais voltado para atividades contextualizadas e para a pesquisa científica.

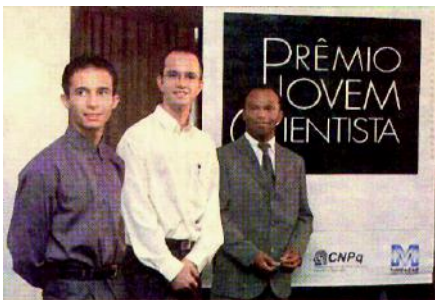


Foto 4. Publicada no jornal Estado de Minas de 30 de outubro de 2001, mostra os vencedores do Prêmio em cada uma das categorias. Foi uma cerimônia, em Brasília, para a divulgação dos resultados para a imprensa. À esquerda, Vanderlei da Conceição Veloso Júnior (1º lugar do Prêmio Jovem Cientista do Futuro); ao centro, Jean Piton Gonçalves (1º lugar do Prêmio Jovem Cientista - categoria: graduandos); e à direita, Gilberto Lacerda dos Santos (1º lugar do Prêmio Jovem Cientista - categoria: graduados).

(Foto de Roberto Stuckert Filho/AG).



Um Julgamento no Ensino Médio – Uma Estratégia para Trabalhar a Ciência sob Enfoque Histórico-Filosófico

.....
**Andreia Guerra e
José Claudio Reis**

Colégio Pedro II - Grupo Teknê
E-mail: grupo@tekne.pro.br

.....
Marco Braga

CEFET-RJ - Grupo Teknê
E-mail: grupo@tekne.pro.br
.....

Introdução

Os aparatos científicos e tecnológicos preenchem nosso cotidiano, apresentando-nos constantemente novas questões, fazendo com que o exercício da cidadania implique, necessariamente, em posicionar-se diante da Ciência e da Tecnologia. Como ser cidadão sem discutir as estratégias para investimentos energéticos, o problema dos transgênicos, das radiações eletromagnéticas em torres de alta energia que cortam as cidades, dentre tantos outros que podemos aqui mencionar? A exigência de um olhar crítico à Ciência e à Tecnologia torna o ensino das Ciências fundamental no processo de formação da cidadania. Entretanto, não podemos nos contentar com a certeza da urgência de um ensino de Ciências de qualidade; precisamos, ainda, nos perguntar sobre seus objetivos e os caminhos que devemos seguir em nossas salas de aula.

As possibilidades para os cursos de Ciências são grandes. Porém, quaisquer que sejam as opções tomadas, existe uma questão que precisa ser discutida com os alunos: quais os limites e possibilidades do conhecimento científico?

É pensando e refletindo sobre a Ciência que os alunos poderão no futuro enfrentar novas questões científicas, mesmo estando trabalhando em áreas completamente distantes do meio de produção científica e tecnológica. Assim, trazer a reflexão da Ciência para a sala de aula é tarefa de todos os professores envolvidos com a educação científica.

Reconhecemos que várias são as estratégias possíveis a serem tomadas pelos professores para que a reflexão citada se concretize. Nós, por exemplo, optamos por problematizar a Ciência e a Tecnologia a partir da discussão histórico-filosófica de sua construção.

Apesar dessa defesa, transformar um curso de Ciências em aulas de História da Ciência seria empobrecedor para o aluno. As aulas devem permitir aos alunos o contato com a Ciência nos seus diferentes aspectos, inclusive, no lúdico. Então como trazer o estudo histórico-filosófico da Ciência e com ele a reflexão sobre os limites e possibilidades desta, sem transformar as aulas de Ciências em aulas de História das Ciências?

A alternativa que temos adotado ao longo dos últimos 10 anos é escolher certos momentos cruciais para o desenvolvimento da Ciência, e em nosso caso da Física, para serem historicamente trabalhados. Tendo realizado a escolha, nos envolvemos com a construção de estratégias

A exigência de um olhar crítico à Ciência e à Tecnologia torna o ensino das Ciências fundamental no processo de formação da cidadania

concretas de ação em sala de aula que levem os alunos a lerem e refletirem sobre o assunto tanto no tempo de aula como no horário extra-escolar.

Uma das estratégias que muito sucesso tem logrado é a realização de um “juízo”. Essa atividade tem se mostrado muito pertinente para fazer com que os adolescentes dediquem tempo à leitura e à reflexão do assunto que desejamos debater.

Apresentaremos a seguir um “juízo” que temos realizado há

Este artigo apresenta uma atividade realizada ao longo dos últimos cinco anos em escolas da cidade do Rio de Janeiro, que tem por propósito introduzir nos cursos de física de nível médio discussões histórico-filosóficas sobre a ciência.

cinco anos com alunos de um curso de Física de primeira série do Ensino Médio, em escolas da cidade do Rio de Janeiro. Pelo tempo que estamos trabalhando sobre esse projeto, o que aqui relatamos é a versão final, resultado de modificações das primeiras atividades executadas.

Nos cursos de Física da primeira série das escolas selecionadas, o tema trabalhado é o estudo da Mecânica. Os assuntos tratados nessa série são:

1. Medidas: o que significa medir, o que são padrões de medidas

2. Erros e Algarismos significativos

3. O estudo do movimento

3.1. Movimento retilíneo uniforme e uniformemente variado (a classificação dos movimentos foi historicamente apresentada, sem que muito tempo fosse despendido com o assunto).

3.2. Queda livre

3.3. Movimento planetário/ leis de Kepler

4. Leis de Newton e Gravitação Universal

5. Força de atrito e aplicações de Leis de Newton.

Ao enfocarmos o item 1, “Medidas”, optamos por discutir historicamente a introdução da linguagem experimental e matemática na Ciência. Isto porque defendemos que para uma efetiva compreensão da Ciência e de seu papel na sociedade contemporânea, é fundamental que se discuta as condições históricas e filosóficas para o chamado “Nascimento da Ciência Moderna”, pois do contrário a Matemática e a experimentação se apresentarão como passes de mágica. Para dar, então, início à discussão, os alunos lêem o livro “Galileu e o Nascimento da Ciência Moderna” (Guerra, 1997), que discute como a Matemática e a experimentação tornaram-se critérios de verdade para as Ciências. Para concretizar o debate, o livro apresenta a sociedade medieval e as transformações técnico-culturais que a Europa sofreu a partir do século XII. O papel da Igreja na Idade Média é ressaltado, assim como a importância de pensadores religiosos como Santo Agostinho e São Tomás de Aquino para a ciência medieval. Discute-se,

também, a importância de algumas ordens religiosas, como a dos franciscanos com Robert Grosseteste, Roger Bacon, John Scotus, William de Ockham e outros para o questionamento da posição ali hegemônica. Ao travar esse debate, a Ciência se apresenta como uma construção de homens inseridos em uma cultura.

Ao término da leitura, continuamos com a projeção do filme “O Nome da Rosa” de Jean Jacques Annaud (1986), baseado no livro homônimo de Umberto Eco, em que os temas já abordados no livro foram aprofundados e debatidos. Apesar dessas etapas incentivarem a reflexão sobre o desenvolvimento das idéias científicas, acreditávamos que o estudo do “Nascimento da Ciência Moderna” precisasse ser continuado durante o trabalho dos outros temas do curso de primeira série. Como percebemos que novas aulas não causariam mais tanto impacto, propusemos aos alunos a realização de um “julgamento”.

As Etapas Preliminares ao Dia do “Julgamento”

O “julgamento” tem por propósito, como destacamos anteriormente, impulsionar os alunos a estudarem o nascimento da Ciência moderna fora do espaço de sala de aula. Por isso, indicamos a seguinte sentença: “O desenvolvimento da Ciência foi atrasado ao longo da Idade Média?”.

Para concretizar a atividade, os alunos foram divididos em três grupos. Um, a promotória, teria por propósito defender a tese afirmativa em relação à pergunta colocada, um outro, a defesa, a tese negativa e um terceiro constituir-se-ia no corpo de jurados.

A promotória e a defesa escolheram dois advogados para apresentarem suas teses. O restante dos componentes desses grupos eram testemunhas chamadas, no dia do julgamento, a depor a favor da tese

defendida por seu grupo. Foi solicitado que as testemunhas representassem supostamente pessoas que viveram na Europa em fins da Idade Média ou no Renascimento. Assim, hipoteticamente, o “julgamento” aconteceria na Europa no final do Renascimento.

Os jurados formavam, por sua vez, o grupo dos inquisidores. Cada um tinha por função formular perguntas às testemunhas e aos advogados dos dois grupos. A cada apresentação de uma testemunha, o grupo de jurados selecionava uma pessoa para levantar questões àquele personagem, de modo a não repetir o inquisidor.

Para uma efetiva compreensão da Ciência e de seu papel na sociedade contemporânea, é fundamental que se discuta as condições históricas e filosóficas para o chamado “Nascimento da Ciência Moderna”, pois do contrário a Matemática e a experimentação se apresentarão como passes de mágica

Para se prepararem para o dia do julgamento, o grupo da promotória e o da defesa receberam textos suplementares, sendo ainda incentivados a pesquisar outras fontes bibliográficas. Após a escolha do papel a ser desempenhado no dia do “julgamento”,

cada aluno dedicou sua atenção ao estudo de seu personagem histórico, criando argumentos para defender a tese de seu grupo e atacar a do adversário. Como os advogados seriam destinados a construir uma história lógica para defender a tese do grupo, foi lhes solicitado que estudassem um pouco da vida e dos argumentos construídos para cada testemunha.

O grupo de jurados, após estudar o assunto, formularia, em conjunto, perguntas que tinham por propósito questionar os dois grupos.

O Dia do Julgamento

Os jurados escolheram um juiz, cuja função no dia do evento foi a de organizar as apresentações, mantendo a ordem.

O “julgamento” iniciou-se com os advogados de cada lado apresentando um resumo da tese defendida. Feito isso, foi sorteado um grupo para começar. Um dos advogados, então, chamava a primeira testemunha, apresentando-a. Inicialmente o outro

advogado, do grupo da testemunha, que não a apresentara, lançava-lhe uma pergunta. Após a resposta da testemunha, iniciava-se a inquirição do corpo de jurados. Dois jurados realizavam individualmente uma pergunta à testemunha. Após o questionamento dos jurados, o juiz permitia ao grupo adversário questionar a testemunha com uma única pergunta. Fechado o ciclo o juiz avaliava a situação, e caso julgasse esclarecidos

A Ciência moderna não foi implementada por um ou mais homens geniais, ela foi construída em um tempo e em um espaço muito bem determinados em função dos conflitos e questionamentos dos homens que lá viveram

os argumentos da testemunha, a dispensava. Em caso contrário, convidava um novo jurado a colocar-lhe novas perguntas. Tendo encerrado a apresentação da testemunha, o juiz requisitava ao outro grupo que chamasse sua testemunha. O processo repetia-se, alternando-se os grupos, até que todas as testemunhas tivessem deposto.

Concluído o interrogatório das testemunhas, os advogados tinham novamente a palavra para fazer um resumo do ocorrido. Os jurados, então, se reuniam com os professores que assistiram ao julgamento para dar um veredicto.

Avaliando os Alunos

Ao longo do processo de preparação, que durou dois meses, os grupos entregaram relatórios parciais ao professor. O primeiro relatório, entregue uma semana após a divisão dos grupos, consistia apenas da apresentação do levantamento bibliográfico realizado. O segundo relatório era mais elaborado que o primeiro; nele os alunos da defesa e da promotoria apresentavam as testemunhas e um protótipo dos argumentos a serem levantados pelos advogados no dia do encontro. O grupo de jurados, nesse segundo relatório, mostrava uma relação de dúvidas e questionamentos a serem abordados com os advogados no “julgamento”.

Após o professor ter lido e comentado os relatórios dos grupos da promotoria e da defesa, esses eram entregues aos jurados. Uma semana antes

do dia marcado para a realização da atividade, os três grupos apresentaram o relatório final, contendo um relato de cada testemunha, a tese de cada advogado e no caso dos jurados as perguntas previamente formuladas às testemunhas e aos advogados.

Fora os relatórios, os alunos foram avaliados pelo desempenho no dia da apresentação, que contou com o nível de participação e profundidade demonstrada. Essa avaliação foi sempre feita em conjunto com outros professores e membros da coordenação da escola que assistiram o julgamento.

Fontes Cinematográficas e Bibliográficas Fornecidas aos Alunos

Foram fornecidos aos alunos uma lista de filmes, que ajudam a compreender o ambiente cultural que estava sendo estudado.

- “Em Nome de Deus” - Clive Donner, 1988;

- “O Nome da Rosa” - Jean-Jacques Annaud, 1986.

Também alguns livros foram indicados como fonte de pesquisa:

- “Galileu e o Nascimento da Ciência Moderna”, Ed. Atual;

- “História Ilustrada da Ciência”, Colin Ronan, Jorge Zahar Editores, v. 2 e 3;

- “Crônicas da Física”- tomo 3 - José Maria Bassalo, Editora da Universidade Federal do Pará;

- “De Arquimedes a Einstein - a face oculta da invenção científica”, Pierre Thuillier, Jorge Zahar Editor. (principalmente capítulos II, III e IV);

- “A Vida de Galileu” texto da peça de Berthold Brecht;

- “O Mundo de Sofia”, Jostein Gaarder, Companhia das Letras;

- “Leonardo da Vinci: Pode um mesmo Homem ser Engenheiro, Cientista e Artista?”, Marco Braga, Revista CEFET-RJ.

Obs: Os alunos recorreram a livros de História Geral indicados por seus professores de história e biogra-

fias de personagens envolvidos naquele processo, como Galileu Galilei.

Avaliando o Trabalho Pedagógico

Construir uma avaliação de uma atividade pedagógica não é uma tarefa muito simples. Apesar desse fato, reconhecemos a importância de problematizarmos nosso trabalho. No caso específico do “julgamento”, desejávamos perceber se com a atividade os alunos estudariam com maior profundidade o nascimento da Ciência moderna, percebendo que a questão “A Idade Média atrasou o desenvolvimento da Ciência?” não fazia sentido. Nos preocupamos, assim, em analisar se os alunos compreenderam que a Ciência moderna foi construída por homens que, vivendo em um ambiente em transformação, dialogavam com seus contemporâneos, apesar dos horrores da Inquisição. A Ciência moderna não foi implementada por um ou mais homens geniais, ela foi construída em um tempo e em um espaço muito bem determinados em função dos conflitos e questionamentos dos homens que lá viveram.

Com essas preocupações em mente, analisamos os relatórios entregues pelos alunos e o “julgamento” em si. Os advogados de defesa argumentaram que para examinar a questão era preciso entender o papel da Igreja na sociedade medieval, uma vez que ela era a instituição que mais poder exerceu naquela época. Tendo apresentado o argumento, chamaram testemunhas como por exemplo Roger Bacon. Apresentaram-no como um homem que, apesar de ser membro da Igreja, contribuíra muito para o desenvolvimento da Ciência. Leonardo da Vinci e Galileu Galilei também foram chamados a depor. O aluno que interpretou Leonardo da Vinci apresentou no dia do “julgamento” desenhos do personagem e dados bibliográficos de sua vida que mostraram aos jurados que Leonardo da Vinci criara projetos muito especiais, por ter sido educado em um ambiente de grande reboio cultural.

O aluno que encenou Galileu Galilei também participava do grupo de defesa. No dia do julgamento, ele

apresentou os desenhos de Galileu das crateras da Lua feitos em 1610, a partir das observações da luneta, comparando-os com os do astrônomo inglês Thomas Harriot. Esse astrônomo também observara a Lua com uma luneta, porém, como não tinha os conhecimentos técnicos de desenho de Galileu, não soube interpretar as mudanças de tonalidade lunares como penumbras e sombras e assim ele não representou a Lua com crateras¹. Após confrontar os desenhos, o ator que representava Galileu contou sua vida, o ambiente em que se formara e argumentou que, apesar da Inquisição, os homens de sua época, sob forte domínio da Igreja, tiveram uma formação que os permitiu criar coisas novas e ultrapassar aqueles velhos ensinamentos. A conclusão foi, portanto, de que a Igreja não atrasara a Ciência. As outras testemunhas foram depondo nessa mesma linha de argumentação.

A promotória chamou para testemunhar Giordano Bruno, Copérnico e Galileu, dentre outros. Defenderam que a Idade Média

atrasou a Ciência, pois a Igreja calara muitas pessoas, impedindo que certas obras fossem divulgadas. Fora isso condenara à prisão ou à morte muitas pessoas pelo simples fato de se oporem às

Harriot, como Galilei, observou a Lua com uma luneta; porém, como não tinha os conhecimentos técnicos de desenho de Galileu, não soube interpretar as mudanças de tonalidade lunares como penumbras e sombras, e assim ele não representou a Lua com crateras

normas e às idéias da instituição. Argumentavam, ainda, que caso as testemunhas chamadas não tivessem sido perseguidas por aquela instituição ou tido suas obras condenadas, a Ciência teria progredido mais, visto que mais pessoas teriam se dedicado a ela e os próprios condenados teriam tido mais tempo para trabalharem com assuntos científicos.

O confronto entre os dois grupos foi bastante intenso. As testemunhas de ambos os lados estavam muito bem preparadas, trazendo problemas não apenas para o adversário mas também para o corpo de jurados, que muitas vezes teve que formular perguntas de improviso devido a complexidade das respostas apresentadas.

Os argumentos dos grupos, a preparação das testemunhas e o envolvimento dos alunos com o evento mostraram-nos que pelo menos um dos nossos objetivos foi atingido: eles estudaram com cuidado o nascimento da Ciência moderna.

Apresentamos uma pequena amostra dos resultados do trabalho. Motivados

pelo “julgamento”, os alunos pesquisaram e leram a bibliografia dada pelo professor. Isso fez com que durante o primeiro semestre, enquanto o item 3 do programa ia sendo tra-

balhado, os alunos trouxessem constantemente questões ao professor, tornando a sala de aula um ambiente rico, um espaço em que a Ciência foi historicamente trabalhada com a ajuda dos próprios alunos. Mesmo no segundo semestre, quando o “julgamento” já terminara, os alunos ainda se referiam a ele quando estimulados pelo professor. Assim, o curso de primeira série deixou de ser um emaranhado de fórmulas para constituir-se em um aprendizado histórico-filosófico da Mecânica.

Referências Bibliográficas

Braga, M. *A Nova Paidéia: Ciência e Educação na Construção da Modernidade*, Rio de Janeiro, e-papers (www.e-papers.com.br), 2000.

Edgerton, Jr. S.Y. *The Heritage of Giotto's Geometry - Art and Science on the Eve of the Scientific Revolution*, Ithaca e London, Cornell University Press, 1993.

Guerra, A. et al. *Galileu e o Nascimento da Ciência Moderna*, São Paulo, Ed. Atual, 1997.

Thuillier, P. *De Arquimedes a Einstein - Face Oculta da Invenção Científica*, Rio de Janeiro, Jorge Zahar Editor, 1994.

_____. *Science et Société - Essais sur les Dimensions Culturelles de la Science*, Paris, Fayard, 1998.

Nota

1. Essas informações, discutidas por Edgerton na obra *The Heritage of Giotto's Geometry - Art and Science on the Eve of the Scientific Revolution*, foram debatidas pelo professor com a turma durante o debate inicial a respeito do nascimento da Ciência moderna.



Desvendando a Física!

Soluções do número anterior

Ação e reação (p. 38): Resposta (d)

É verdade, a força que o cavalo exerce sobre a charrete é a mesma que

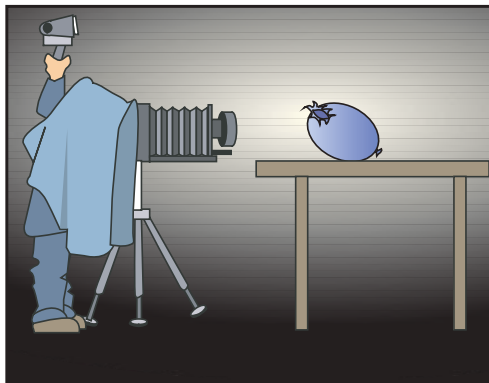
a charrete exerce sobre o cavalo, mas estamos interessados na aceleração e não na força. A aceleração de um objeto depende da sua massa assim como depende da força. Bem, quem tem massa maior, o cavalo ou a charrete? Não importa, porque o cavalo está ligado à Terra através dos cascos. Assim, efetivamente, uma força puxa a carroça e uma reação igual e oposta puxa o cavalo E A TERRA. Para puxar para trás o cavalo também é necessário puxar para trás toda a Terra maciça, enquanto a charrete, sendo menos maciça que a Terra, move-se muito mais facilmente. Enquanto a charrete move-se para a frente, toda a Terra move-se UM POUQUINHO para trás. Sabe quanto? Cerca de 10^{-23} m...

Uma explicação mais detalhada em termos das forças aplicadas no cavalo e na charrete pode ser encontrada em *Leituras de Física - Mecânica* (GREF), (2001) p. 75.

Numa noite fria (p. 38): Resposta (c)

As malhas estão em série. Ou seja, o calor deve atravessar ambas as malhas antes de escapar. Calor flui de lugares quentes para lugares frios do mesmo modo que eletricidade flui de altas para baixas voltagens. Isolantes térmicos em série funcionam como resistências elétricas em série, não importando a ordem em que estão dispostos.

Problemas adaptados de *Thinking Physics*, Lewis Carroll Epstein, Insight Press, San Francisco (1979).



FOTOGRAFANDO O QUE NÃO SE VÊ

.....
Marcelo M.F. Saba

Instituto Nacional de Pesquisas
Espaciais
E-mail: saba@dge.inpe.br

.....
**Rodrigo Roversi Rapozo e
Gustavo Andrade Santana**

Instituto Tecnológico de Aeronáutica /
Clube de Ciências Quark
.....

Existem na natureza muitos fenômenos que não podem ser acompanhados pela nossa visão devido à rapidez com que acontecem. Como exemplos, podemos citar uma bexiga estourando, uma bola se deformando ao ser golpeada, o impacto de um projétil em um alvo qualquer etc.

Este trabalho descreve uma técnica muito simples para “congelar” movimentos impossíveis de se ver a olho nu. Com ela registramos, em filme fotográfico, instantâneos dos mais diversos fenômenos. A imaginação do leitor será o limite para a ampla gama de experiências que poderão ser feitas com a técnica aqui apresentada.

Material

- Máquina fotográfica com controle de tempo de exposição;
- *Flash* externo se possível com sensor de luminosidade;
- Cabo de conexão para disparo do *flash* (geralmente acompanha o *flash*);
- Tiristor TIC 106D ou equivalente;
- Microfone;
- Amplificador ou equipamento de som que tenha entrada para microfone e saída para caixa acústica;
- Tripé (opcional).

A Técnica

Quando tiramos uma foto, permitimos que a luz proveniente do objeto que se encontra na frente da máquina incida sobre o filme fotográ-

Você viu?

Não...

É..., eu também não! Foi muito rápido!

fico. Para isso, ao apertarmos o botão de disparo (chamado tecnicamente de *disparador*), abrimos e fechamos rapidamente uma janela (conhecida por *obturador*) por onde entra a luz que atingirá o filme.

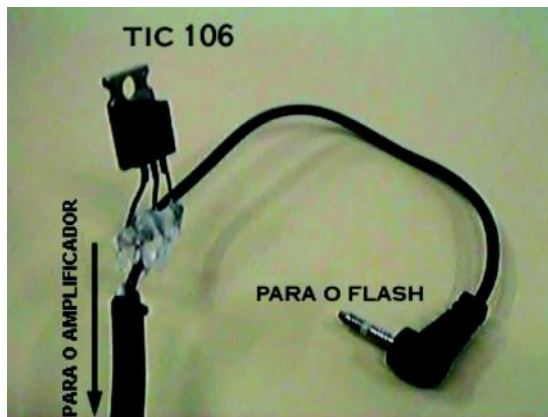
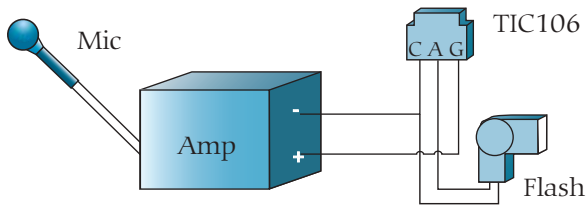
Em algumas máquinas o controle do tempo de exposição do filme à luz externa é ajustável. Números como 125, 60, 30 etc. indicam o tempo de abertura do obturador. Por exemplo: o número 125 corresponde a um tempo de abertura de 1/125 segundos. Normalmente essas máquinas possuem também uma posição do ajuste do tempo chamada “B”. Colocando-se o ajuste de tempo nesta posição, podemos manter o obturador da máquina aberto durante o tempo em que mantivermos o disparador pressionado. Com este recurso podemos através de uma técnica bem simples fotografar eventos muito rápidos que estejam associados a sons intensos, por exemplo: o estouro de uma bexiga, o disparo de uma arma etc.

Em uma sala escura colocamos o evento a ser fotografado de frente para a câmera. Pressionamos o disparador da máquina, expondo o filme. Este não será sensibilizado se tivermos o cuidado de manter a sala realmente escura. Ao estourarmos uma bexiga, por exemplo, o som do estouro será captado por um microfone que, por sua vez, acionará um *flash* independente (externo à máquina). A luz do *flash* iluminará o evento que será registrado no filme. Então basta soltar-

Este artigo mostra uma forma simples de se conseguir fotografar instantes específicos de fenômenos que ocorrem a altas velocidades.

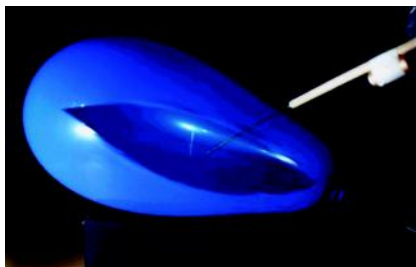
mos o disparador da máquina e a foto da bexiga estourando está feita.

Para que o som do evento acione o *flash* ligamos o microfone em um amplificador. A saída do amplificador, ao invés de ser ligada em uma caixa acústica, deve ser ligada ao *flash* através de um dispositivo eletrônico conhecido como *tiristor* (por exemplo o TIC106D) segundo o esquema abaixo. Essa ligação do *tiristor* ao *flash* pode ser feita utilizando-se o cabinho que normalmente acompanha os *flashes*. Corta-se a ponta que normalmente seria encaixada na lateral da máquina fotográfica, ligando-se os dois fios ao SCR conforme o Esquema 1.



Esquema 1. Montagem esquemática da parte eletrônica do experimento (em cima) e foto do tiristor (embaixo).

O *tiristor*, ao receber do amplificador um sinal elétrico suficientemente alto, curto-circuitará os terminais do *flash*, disparando-o. O momento do disparo estará associado com a distância do microfone ao local de onde o som foi produzido. Por exemplo: se o microfone estiver muito perto da bexiga que será estourada, a onda sonora chegará rapidamente ao microfone e a foto mostrará o início do rasgo. Se afastarmos o microfone, o som demorará mais tempo para chegar e um rasgo maior será registrado. Esse recurso é muito útil no controle do momento do fenômeno que se deseja fotografar.



Resultados

Apresentamos algumas das fotos conseguidas com esta técnica.

Bexiga

Na Foto 1 podemos observar o microfone preso na haste que perfura a bexiga. Pode-se, sabendo a distância da ponta da haste ao microfone (d_m) e a velocidade do som (v_{som}), estimar a velocidade média do rasgo (v). Para a estimativa do comprimento do rasgo (d) utilizamos como referência a dimensão da caixa que está sob a bexiga. No caso desta foto a velocidade do rasgo em direção à parte mais esticada da bexiga chegou a 264 m/s, mais de 900 km/h!!

$$\frac{d_m}{v_{som}} = \frac{d}{v}$$

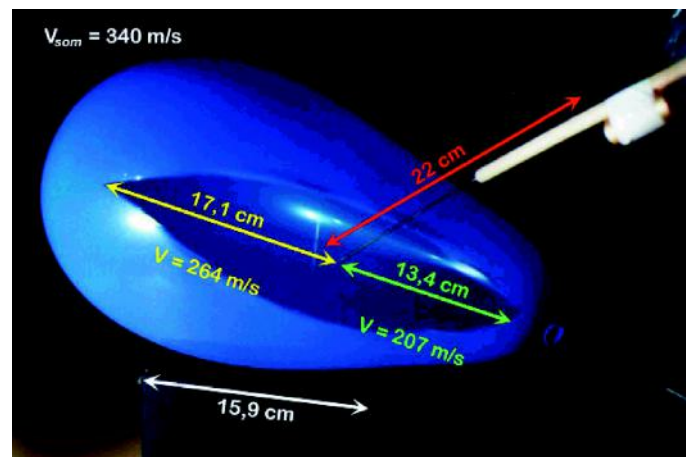


Foto 1. O microfone capta o som do estouro da bexiga e aciona o mecanismo de disparo da máquina.

Tiro em um giz

Observamos na primeira foto o chumbinho disparado por espingarda, indo em direção ao giz. Para obter a cena do impacto, movemos o microfone para mais longe da espingarda atrasando em alguns milissegundos o instante do disparo do *flash*.



A clássica foto do disparo em um pedaço de giz (que pode ser substituída por uma carta de baralho), obtida através da técnica apresentada.

Bola

Nesta foto observamos a deformação de uma bola de tênis de praia no momento de seu choque contra uma mesa.



Observações Finais

Com esta técnica podemos conseguir fotos fantásticas com equipamento de fácil obtenção. Em uma escola, por exemplo, não será difícil encontrar estudantes interessados em fotografia e com o equipamento necessário. Provavelmente o único componente a ser comprado será o *tiristor* (facilmente encontrado em lojas que vendem componentes eletrônicos).

Os estudantes ficam ansiosos em ver as fotos reveladas que permitirão na maioria dos casos uma rica análise da Física envolvida nos fenômenos fotografados.

Outras fotos se encontram disponíveis no site www.clubequark.cjb.net.

Dicas Úteis

- Dê preferência a filmes de alta sensibilidade (ASA 400) e utilize um tripé para a fixação da câmera.
- A utilização de um *flash* com sensor de luz embutido diminuirá a duração do *flash*, proporcionando fotos mais nítidas.
- Procure tirar fotos de perto e utilizar um fundo escuro opaco para evitar reflexos da luz do *flash*.
- Antes de tirar fotos, verifique se o sistema de acionamento do *flash* está funcionando corretamente. Estoure, por exemplo, uma bexiga e veja se o *flash* dispara. Se você fizer isto em uma sala escura poderá ver a cena “congelada” que será posteriormente fotografada.
- Se a foto ficar escura aproxime o *flash* ou aumente a abertura do diafragma da máquina.
- Já existem no mercado máquinas fotográficas digitais com controle de tempo de exposição.

Agradecimentos

Os autores agradecem aos estudantes Felipe Simões da Silva e Vinícius Gonzaga de Barros Ramos do Colégio N. S^a Aparecida, João Gabriel de Magalhães do Colégio Anglo/Cassiano Ricardo e Sidney Macias Dourado Jr. do Colégio Poliedro. Graças à perseverança e imaginação destes alunos durante as reuniões semanais do Clube de Ciências Quark, pudemos chegar aos resultados aqui mostrados.

Referências Bibliográficas

Winters, L. *High-Speed Flash Photography with Sound Triggers*. The Physics Teacher, pp. 12-19, jan., 1990.

Absorvendo Calor



Objetivo

Mostrar como funciona a absorção de luz (e calor) por um objeto e como a absorção pode variar de acordo com a cor do objeto.

Material

- isopor;
- canetas coloridas;
- lupa.

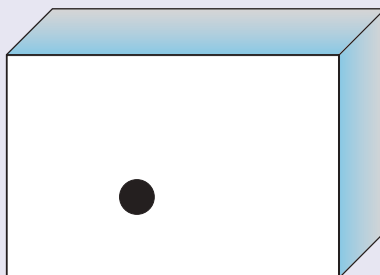
Procedimento

Em um dia de sol, tente queimar um pedaço de isopor com o auxílio de uma lupa. Nada acontecerá. Desenhe um ponto preto no iso-

por e tente outra vez. Repita o procedimento para outras cores.

Observe que...

A absorção de luz e portanto de calor varia conforme a cor do objeto iluminado. Um objeto é branco pois

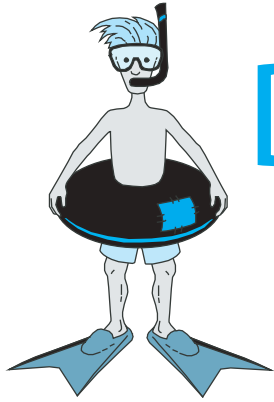


reflete todas as cores. Assim a quantidade de energia absorvida pelo isopor é pequena. No entanto, após ser colorido de preto ele derrete, pois a cor preta absorve todas as cores “contidas” na luz solar.

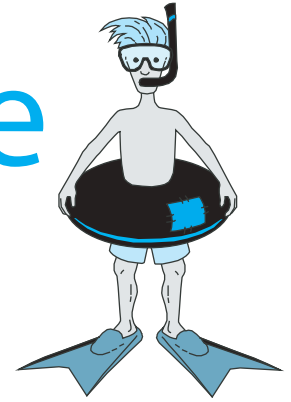
Tópicos de discussão

- cores;
- absorção e reflexão;
- foco de lentes convergentes;
- radiação e calor.

Marcelo M.F. Saba
Clube de Ciências Quark
S. J. Campos – SP



Densímetro de Baixo Custo



Quando caminhamos dentro de uma piscina em direção à parte mais funda ou quando seguramos um objeto, total ou parcialmente submerso, temos a impressão de que seu peso diminui, como se a água exercesse uma força de sentido contrário ao peso deste objeto. Essa força é chamada de 'empuxo', e é equivalente ao volume de água que a massa do objeto deslocou.

Mergulhando o mesmo objeto em um outro líquido, notaremos que ele pode, por exemplo, afundar totalmente em vez de apenas ficar parcialmente imerso. Isso ocorre porque diferentes líquidos produzem diferentes empuxos em um mesmo objeto. Esse fenômeno acontece devido a uma característica particular de cada líquido, e está ligado à sua densidade, expressa pela relação $d = m/v$, onde d é a densidade do líquido, m a massa do objeto e v o volume desse objeto.

Interessado nessas questões, este trabalho apresenta um densímetro de baixo custo, de fácil e rápida construção, para ser empregado de maneira qualitativa no ensino de ciências do ensino fundamental ou em experimentos quantitativos do ensino básico, dentro do conteúdo de hidrostática.

Na seqüência, descrevemos a montagem do instrumento e apresentamos alguns resultados experimentais, a fim de que o leitor possa observar a qualidade do equipamento. Também sugere-se alguns experimentos utilizando-se esse densímetro.

A Montagem do Densímetro

Diferentes tipos de canudinhos de refresco e pregos foram testados e os melhores resultados foram obtidos

utilizando-se a seguinte relação de material para a confecção do densímetro:

- 1 prego de medida 17 x 21 mm (medida padrão)
- 1 canudinho de refresco (aproximadamente 21 cm de comprimento e 0,6 cm de diâmetro)
- cola (adesivo epoxi - tipo araldite, de secagem rápida)

A construção do densímetro é feita passando cola na parte do prego próxima à cabeça do mesmo, de modo que na introdução do prego, dentro do canudinho de refresco, vede-se a extremidade relacionada à cabeça do prego. É importante que essa cabeça deva ser de um diâmetro próximo ao do canudinho, ajustando-se ao seu corpo; a razão disso é possibilitar a existência de uma relação linear entre a altura submersa do canudo e o volume de líquido deslocado. Deixar secar na posição vertical. A Figura 1 esquemmatiza o que dissemos.

Usando o Aparelho

Para determinarmos o valor da densidade ($d = m/v$) das substâncias líquidas, basta obtermos diretamente o valor da sua massa e volume. Chegamos a esses resultados por meio de uma balança e uma proveta graduada.

Outra forma de medir a densidade de certas substâncias líquidas pode ser feita utilizando o densímetro sugerido e empregando o princípio de Arquimedes. Ao introduzirmos este instrumento em um recipiente contendo um desses líquidos, observamos que uma parte do densímetro fica imersa, em uma situação de equilíbrio vertical. A extensão da parte submersa varia de acordo com o líquido e com o tipo de densí-

.....
Carlos Eduardo Laburú
UEL Departamento de Física,
Universidade Estadual de Londrina
(UEL), C.P. 6001, 86051-970,
Londrina, PR

.....
João Baptista Domingos Júnior
Licenciando em Física, com recursos
parciais da CEC/UEL. Departamento de
Física, UEL, CEP 86051-970, C.P. 6001,
Londrina, PR.
E-mail: laburu@uel.br

.....
Norberto Cardoso Ferreira
Instituto de Física da USP, São Paulo,
SP

Este artigo mostra como pode-se construir um densímetro de baixo custo a partir de materiais simples e realizar experimentos com substâncias facilmente encontráveis no mercado.

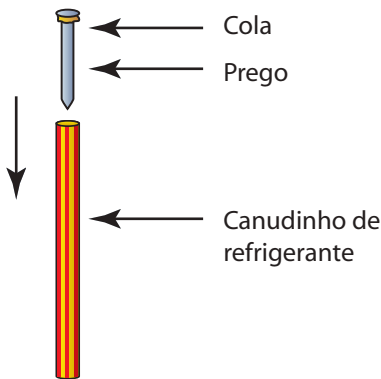


Figura 1. Montagem do densímetro.

metro construído. Para se obter a medida da densidade do líquido nessa situação, é necessário que se iguale o módulo da força peso (P) ao módulo da força de empuxo (E). A determinação desta última se obtém através do princípio de Arquimedes. Esse princípio nos indica que o módulo da força de empuxo (E) é igual ao módulo do peso (W) do volume de líquido deslocado, isto é, do volume da parte submersa.

Então, se

$$P = E \quad (1)$$

e sendo o empuxo igual ao peso do volume de líquido deslocado temos:

$$E = W = mg \quad (2)$$

A densidade do líquido nos dá a massa m deslocada do mesmo:

$$m = dV \quad (3)$$

onde V é o volume de líquido deslocado.

Substituindo 3 em 2, temos a relação para o empuxo:

$$E = d V g$$

Ora, considerando 1 ficamos com,

$$P = E = d g V \quad (4)$$

Agora, lembrando que o densímetro tem forma cilíndrica, seu volume é dado por:

$$V = A h$$

onde A e h são, respectivamente, a área da base e da altura submersa do densímetro. Substituindo esta última relação em 4 tem-se,

$$P = d g A h$$

o que dá

$$\frac{1}{d} = \frac{gAh}{P}$$

Sendo gA/P uma constante que podemos chamar de k , chegamos à seguinte relação entre a densidade do líquido e a altura submersa:

$$\frac{1}{d} = kh$$

Caso tenhamos uma substância com densidade (d_1) conhecida (e se isto não acontecer, é possível obtê-la pela definição, $d = m/v$), bem como o valor da altura (h_1) da imersão do densímetro nessa substância, podemos determinar a densidade de outra substância qualquer (d_2), medindo-se a altura (h_2) de submersão do densímetro nessa nova substância, pela relação:

$$\frac{1/d_1}{1/d_2} = \frac{kh_1}{kh_2} \Rightarrow d_2 = \frac{d_1 h_1}{h_2} \quad (5)$$

A relação (5), portanto, possibilita determinar a densidade das substâncias, tendo conhecimento da densidade de uma delas. Ora, se adotarmos d_1 como sendo a densidade da água, que vale 1 g/cm^3 , as densidades desconhecidas (d_2) são obtidas nas mesmas unidades e ficam dependentes, unicamente, da relação das alturas do canudo na água (h_1) e na substância (h_2).

Resultados Experimentais

Na Tabela 1 indicamos as densidades da água, óleo de cozinha, glicerina e álcool, substâncias que podem facilmente ser obtidas. Na segunda coluna estão indicadas as medidas das alturas submersas do densímetro. Na terceira e quarta colunas estão, respectivamente, as medidas das densidades calculadas pela definição de densidade ($d = m/V$) e pela relação 5.

É possível observar que a diferença entre as densidades (últimas duas colunas) é menor do que 0,9%, com exclusão da água que foi tomada como padrão (h_1) para as outras medidas.

Últimos Comentários

Este trabalho sugere um densímetro de baixo custo que chega a alcançar precisão maior do que 99% na determinação das densidades, quando Tabela 1. Densidades de substâncias de fácil obtenção para a experiência.

Substância	h (cm)	d_1 (g/cm ³)	d_2 (g/cm ³)
Água	12,2	0,985	0,985
Óleo	13,4	0,895	0,897
Glicerina	9,6	1,247	1,252
Álcool	15,1	0,803	0,796

d1: definição; d2: relação V.

comparada pelo procedimento direto (penúltima coluna da tabela), das substâncias por nós selecionadas.

No que se refere aos alunos do ensino médio, podem ser sugeridas experiências sobre densidade, conforme o tratamento mencionado acima.

Uma alternativa de experiência com o aparelho até mais simples e conceitualmente mais significativa do que essa, é utilizar o instrumento para aplicar o conceito de empuxo de forma direta: partindo da relação de equilíbrio entre a força de empuxo e a força peso do aparelho (ver relação 1), pode-se, pela determinação individual de cada uma dessas forças, respectivamente $E = dgV$ e $W = mg$, observar se a mesma é satisfeita. Neste caso, seria suficiente determinar a massa do aparelho em uma balança e o seu volume de líquido deslocado dado um certo líquido, que pela facilidade óbvia poderia ser a água. Para a medida do volume de líquido deslocado (água) poderíamos aplicar o Princípio de Arquimedes diretamente. Ou seja, afunda-se lentamente o densímetro em um tubo comprido cheio de água e de espessura conveniente, contendo uma certa folga, para o aparelho flutuar. A água derramada pode ser recolhida em um vasilhame e medida em uma seringa de três ou cinco mililitros (3 ou 5 mL). Este volume obtido de água, que é o volume de líquido deslocado, deve ser numericamente igual ao valor da massa do densímetro, uma vez que o valor da densidade da água é igual a 1 g/cm^3 ($mg = dgV \Rightarrow m = V$).

Finalmente, este instrumento pode ser empregado igualmente no ensino fundamental, devido à facilidade de construção e manipulação pelos alunos. Neste caso, o simples fato do instrumento manter uma posição de equilíbrio na vertical já pode ser objeto de atenção, pela curiosidade dessa situação. Daí é possível passar a discutir com os estudantes, de maneira qualitativa ou semi-quantitativa, questões como flutuação, densidade e força (de empuxo) que sustenta o aparelho, fazendo-se testes com vários líquidos. Um próximo encaminhamento das discussões poderia orientar-se para o entendimento da flutuação de navios e submarinos, levando a compreensão do entorno tecnológico.

Vês aqui a grande máquina do Mundo,
Etérea e bela, que se fabrica
Assim foi do mundo o primeiro dia.

Que é sem princípio e meta limitada,
Quem cerca em derredor este rotundo
Globo e sua superfície tão limada,
É Deus; mas o que é Deus, ninguém o entende,
Que a tanto o engenho humano não se estende.

Poesia na sala da aula de ciências?

A literatura poética e possíveis usos didáticos

.....
Ildeu de Castro Moreira

Instituto de Física - UFRJ
.....

Existem relações profundas entre Ciência, cultura e arte no processo de criação humana. No entanto, a discussão integrada dessas dimensões raramente se realiza nas salas de aula. Numa tentativa de motivar a discussão de alguns temas científicos importantes e atuais, em particular dentro da Física, mas não exclusivamente, propomos a exploração, em sala, de poemas referentes à Ciência existentes na Literatura brasileira e portuguesa, de forma interligada e em interação com outras disciplinas (Português e História, por exemplo).

Dentro do objetivo didático exposto, poemas foram aqui reunidos segundo um tema “científico” geral. A idéia é que sejam discutidos de maneira interdisciplinar, de preferência acompanhados de um apanhado histórico das relações entre Ciência e poesia relativas àquele tema, do contexto científico e literário associado e de análises sobre o conteúdo e forma dos poemas. Os temas abordados nesta primeira ação exploratória foram: a máquina do mundo; tempo e evolução; a matéria; os astros; a bomba atômica; caos e fractais; vida, pensamento e complexidade; cânticos dos quânticos; a ciência em si. Percorremos vários momentos da literatura poética lusa e brasileira, iniciando por *Os Lusíadas*, o grande poema épico da nossa língua. Os poemas selecionados a seguir são apenas exemplos possíveis; muitas outras escolhas poderiam ter sido feitas. Um professor, com imaginação, dedicação e tempo, poderá com certeza construir

Ciência e poesia pertencem à mesma busca imaginativa humana, embora ligadas a domínios diferentes de conhecimento e valor

seu próprio conjunto de belos e instigantes poemas, todos eles associados a temas científicos. Limitamo-nos também a alguns poucos comentários de caráter geral sobre cada tópico considerado.

Ciência e poesia pertencem à mesma busca imaginativa humana, embora ligadas a domínios diferentes de conhecimento e valor. A visão poética cresce da intuição criativa, da experiência humana singular e do conhecimento do poeta. A Ciência gira em torno do fazer concreto, da construção de imagens comuns, da experiência compartilhada e da edificação do conhecimento coletivo sobre o mundo circundante. Tem como vínculo restritivo, ao contrário da poesia, o representar adequadamente o comportamento material; tem, mais pro-

fundamente que a leitura poética do mundo, a capacidade de permitir a previsão e a transformação direta do

entorno material. As aproximações entre Ciência e poesia revelam-se, no entanto, muito ricas, se olhadas dentro de um mesmo sentimento do mundo. A criatividade e a imaginação são o húmus comum de que se nutrem. Na origem desses dois movimentos, as incertezas de uma realidade complexa que demanda várias faces que podem transformar-se em versos, em *gedankens* ou ser representados por formas matemáticas. Haroldo de Campos dizia, sobre Schenberg, que: *na estante de Mário física e poesia coexistem - como asas de um pássaro*.

.....
A interdisciplinaridade em sala de aula é um tema importante e que deve sempre ser explorado pelo professor. Neste artigo, mostra-se como Física e Literatura podem formar um belo dueto para tornar mais interessante a interação entre ambas.
.....

Nos tempos atuais, em que a Ciência e a tecnologia impregnam profundamente nossa cultura e permeiam nosso cotidiano, com seus benefícios extraordinários mas também com suas mazelas, a poesia poderia parecer um anacronismo. Mas, talvez, as muitas pequenas verdades científicas constituam apenas uma abordagem incompleta e limitada do mundo. Relembremos Einstein: *Não superestime a ciência e seus métodos quando se trata de problemas humanos!* A poesia e a arte, que parecem constituir necessidades urgentes de afirmação da experiência individual, uma visão complementar e indispensável da experiência humana, não podem ficar de fora das atividades interdisciplinares com os jovens nas escolas, mesmo aquelas ligadas ao aprendizado de Ciências.

A Máquina do Mundo

Neste tópico, nada melhor do que iniciar com o grande poema da literatura portuguesa escrito por Camões. Muitos temas de astronomia e da visão geocêntrica hegemônica no século XVI surgem ali entre as glórias, sucessos e insucessos das armas e da gente portuguesa. Trata-se, em particular, de um excelente ponto de partida para uma possível interação entre o professor de Física, o de Português e o de História. Outros poetas da língua portuguesa abordaram, sob óticas diversas, o tema da 'Máquina do Mundo', aqui iniciado por Camões, como Carlos Drummond de Andrade e Haroldo de Campos. Reproduzimos abaixo dois menos conhecidos, do século XX. O primeiro deles é um belíssimo poema do físico, poeta e divulgador da Ciência Rómulo de Carvalho, falecido poucos anos atrás, e que escrevia sob o pseudônimo de Antonio Gedeão. O último, que trata da visão quântica do mundo, é da lavra do poeta brasileiro moderno Marco Lucchesi.

Os Lusíadas - Canto X - 80/90

Luís de Camões

Vês aqui a grande máquina do Mundo,
Etérea e elemental, que fabricada
Assim foi do Saber, alto e profundo,
Que é sem princípio e meta limitada.
Quem cerca em derredor este rotundo
Globo e sua superfície tão limada,

É Deus; mas o que é Deus, ninguém o
entende,
Que a tanto o engenho humano não se
estende.

Este orbe que, primeiro, vai cercando
Os outros mais pequenos que em si
tem,
Que está com luz tão clara radiando,
Que a vista cega e a mente vil
também,
Empíreo se nomeia, onde logrando
Puras almas estão daquele Bem
Tamanho, que Ele só se entende e
alcança,
De quem não há no mundo
semelhança.

Aqui, só verdadeiros, gloriosos
Divos estão, porque eu, Saturno e
Jano,
Júpiter, Juno, fomos fabulosos,
Fingidos de mortal e cego engano.
Só pera fazer versos deleitosos
Servimos; e, se mais o trato humano
Nos pode dar, é só que o nome nosso
Nestas estrelas pôs o engenho vosso.

E também, porque a Santa
Providência,
Que em Júpiter aqui se representa,
Por espíritos mil, que tem prudência,
Governa o Mundo todo que sustenta
(Insiná-lo a profética ciência,
Em muitos dos exemplos que apresenta:
Os que são bons, guiando, favorecem,
Os maus, em quanto podem, nos
empecem);

Quer logo aqui a pintura, que varia,
Agora deleitando, ora insinuando,
Dar-lhe nomes que a antiga Poesia
A seus Deuses já dera, fabulando;
Que os Anjos de celeste companhia
Deuses o sacro verso está chamando;
Nem nega que esse nome preminente
Também aos maus se dá, mas
falsamente.

Enfim que o sumo Deus, que por
segundas
Causas obra no Mundo, tudo manda.
E, tornando a contar-te das profundas
Obras da Mão Divina veneranda:
Debaixo deste círculo, onde as mundas
Almas divinas gozam, que não anda,
Outro corre, tão leve e tão ligeiro,
Que não se enxerga: é o Mobile
primeiro.

Com este rapto e grande movimento
Vão todos os que dentro tem no seio;
Por obra deste, o Sol, andando a tento,
O dia e noite faz, com curso alheio.
Debaixo deste leve, anda outro lento,
Tão lento e subjugado a duro freio,
Que, enquanto Febo, de luz nunca

escasso.

Duzentos cursos faz, dá ele um passo.
Olha estoutro debaixo, que esmaltado
De corpos lisos anda e radiantes,
Que também nele tem curso ordenado
E nos seus axes correm cintilantes.
Bem vês como se veste e faz ornado
Co largo Cinto de ouro, que estelantes
Animais doze traz afigurados,
Aposentos de Febo limitados.

Olha, por outras partes, a pintura
Que as estrelas fulgentes vão fazendo:
Olha a Carreta, atenta a Cinosura,
Andrômeda e seu pai, e o Drago
horrendo.

Vê de Cassiopeia a fermosura
E do Oriente o gesto turbulento;
Olha o Cisne morrendo que suspira,
A Lebre e os Cães, a Nau e a doce Lira.

Debaixo deste grande Firmamento,
Vês o céu de Saturno, Deus antigo;
Júpiter logo faz o movimento,
E Marte abaixo, bélico inimigo;
O claro Olho do céu, no quarto
assento,

E Vênus, que os amores traz consigo,
Mercúrio, de eloquência soberana;
Com três rostos, debaixo vai Diana.

Em todos estes orbes, diferente
Curso verás, nuns grave e noutros
leve;

Ora fogem do Centro longamente,
Ora da Terra estão caminho breve,
Bem como quis o Padre onipotente,
Que o fogo fez e o ar, o vento e neve,
Os quais verás que jazem mais a dentro
E tem co Mar a Terra por seu centro.

A Máquina do Mundo

Antonio Gedeão

O Universo é feito essencialmente de
coisa nenhuma.
Intervalos, distâncias, buracos,
porosidade etérea.
Espaço vazio, em suma.
O resto, é a matéria.

Daí, que este arrepio,
este chamá-lo e tê-lo, erguê-lo e
defrontá-lo,
esta fresta de nada aberta no vazio,
deve ser um intervalo.

A Quarta Parede

Marco Lucchesi

Esta foi a
bela e preciosa
lição de Bohr
e Mann
de sua mecânica
sublime
antes maldestra
hoje tão bela

como laura,
nise e glaura
esferas
musicantes
de Pitágoras...
esta foi
a bela
e preciosa
descoberta

que
a máquina
do mundo
flutua
em mil pedaços
partículas
sabores
(lauras
e jasmins
também flutuam)
ínvios
mares

e o nada
sobrenada
entre infinitos
infinitos

Tempo e Evolução

Em quase todos os ramos da árvore da Ciência, um dos conceitos centrais no entendimento dos fenômenos naturais é da evolução no tempo. Também na literatura poética universal, o tempo é um dos temas mais recorrentes, pela vinculação óbvia com a vida e a morte.

Dentro da visão científica clássica, o tempo é considerado como um parâmetro essencial de referência, unidimensional, ordenado e contínuo, que flui independentemente de seu entorno. Essa concepção tornou-se, a partir do século XVII, profundamente enraizada na Física e se espalhou para outros domínios da Ciência. Na segunda metade do século XIX, o conceito de entropia, introduzido como padrão de medida para a desordem crescente de um sistema natural, cristalizou a perspectiva de um caos terminal: a morte térmica do mundo. A Ciência parecia dar as mãos às concepções religiosas de uma conflagração final, sem perceber que tais especulações estavam baseadas em determinado modelo de sistema fechado, a que o universo poderia não querer se adaptar. Esta noção de caos final, entremeadada com a do caos primordial, habitava já a cultura, a Filosofia e o

discurso poético.

Aqui tomamos dois exemplos. João Cabral nos fala do tempo que existe na agulha de um instante e Murilo Mendes faz um estudo poético do caos que lembra a conflagração final.

Habitar o Tempo

João Cabral de Melo Neto

Para não matar seu tempo, imaginou:
vivê-lo enquanto ele ocorre, ao vivo;
no instante finíssimo em que ocorre,
em ponta de agulha e porém acessível;
viver seu tempo: para o que ir viver
num deserto literal ou de alpendres;
em ermos, que não distraiam de viver
a agulha de um só instante, plenamente.
Plenamente: vivendo-o de dentro dele;
habitá-lo, na agulha de cada instante,
em cada agulha instante: e habitar nele
tudo o que habitar cede ao habitante.

E de volta de ir habitar seu tempo:
ele corre vazio, o tal tempo ao vivo;
e como além de vazio, transparente,
o instante a habitar passa invisível.
Portanto: para não matá-lo, matá-lo;
matar o tempo, enchendo-o de coisas;
em vez do deserto, ir viver nas ruas
onde o enchem e o matam as pessoas;
pois como o tempo ocorre transparente
e só ganha corpo e cor com seu miolo
(o que não passou do que lhe passou),
para habitá-lo: só no passado, morto.

Estudo para um Caos

Murilo Mendes

O último anjo derramou seu cálice no ar.
Os sonhos caem na cabeça do homem,
As crianças são expelidas do ventre
materno,
As estrelas se despregam do firmamento,
Uma tocha enorme pega fogo no fogo,
A água dos rios e dos mares jorra
cadáveres.
Os vulcões vomitam cometas em furor
E as mil pernas da Grande dançarina
Fazem cair sobre a terra uma chuva de
lodo.
Rachou-se o teto do céu em quatro
partes:
Instintivamente eu me agarro ao abismo.
Procurei meu rosto, não o achei.
Depois a treva foi ajuntada à própria
treva.

Os Astros

As estrelas, planetas, galáxias, cometas e outros objetos que são objeto de estudo da Astronomia têm sido um tema constante e inspirador para inúmeros poetas. Já mencionamos Ca-

mões e suas incursões astronômicas, mas inúmeros outros podem ser citados ao longo dos últimos séculos. Seguem-se apenas dois exemplos, que falam da Lua e da órbita dos planetas, sendo que o segundo deles foi escrito por um matemático e poeta que atualmente é professor da UFRJ.

Satélite

Manuel Bandeira

Fim de tarde.
No céu plúmbeo
A lua baça
Paira
Muito cosmograficamente
Satélite.

Desmetaforizada,
Desmitificada,
Despojada do velho segredo de
melancolia,
Não é agora o golfão de cismas,
O astro dos loucos é dos enamorados,
Mas tão-somente
Satélite.

Ah Lua deste fim de tarde,
Demissionária de atribuições românticas,
Sem show para as disponibilidades
sentimentais!

Fatigado de mais valia,
Gosto de ti assim:
Coisa em si,
- Satélite.

Kepleriana

Ricardo Kubrusly

Acordanoite

universo besta
esse com muitos planetas
estrelas que não se sabem
luzes
e tantas teorias
tantos matemáticos

as órbitas são pernas merecidas
monumentos
geometria
elipses traçadas num invisível preto
remotamente controladas
por botões à minha mesa

sou quem as concebe
em pânico
duzentos anos atrasado.

A Matéria

Buscar entender a constituição das coisas e utilizar isto em seu proveito sempre foi um desafio básico em todas as civilizações. Aqui reproduzimos alguns poemas que vão desde Camões, que retrata a teoria aristotélica dos qua-

tro elementos, até a surpresa dos poetas (e cientistas) modernos com a estranha estrutura da matéria que nossa mente e nossos aparelhos mal conseguem vislumbrar. Uma história de um átomo foi esboçada poeticamente pelo escritor e médico Rodolfo Teófilo, que desempenhou importante atividade nas campanhas de vacinação no Nordeste, há cerca de um século. Lucchesi explora a supersimetria, os quarks e os quasares.

Os Lusíadas - Canto VI Luís de Camões

E vê primeiro, em cores variadas,
Do velho Caos a tão confusa face;
Vem-se os quatro Elementos trasladados,
Em diversos ofícios ocupados.
Ali, sublime, o Fogo estava em cima,
Que em nenhuma matéria se sustinha;
Daqui as cousas vivas sempre anima,
Depois que Prometeu furtado o tinha.
Logo após ele, leve se sublima
O invisível Ar, que mais acima
Tomou lugar, e, nem por quente ou frio,
Algum deixa no mundo estar vazio.

História de um Átomo (Eternidade da matéria) Rodolfo Teófilo

Fui átomo de rocha, fui granito,
Fui lava de vulcão, fui flor mimosa,
Sutil perfume, nuvem borrascosa
Manchando a transparência do infinito.

Vaguei no espaço... errante aerolito
Transpus mundos de essência vaporosa.
De santos fui artéria vigorosa,
O coração formei a ser maldito.

Nasci com a Terra; gaz eu fui com ela,
Estive de Princípio na procela,
Fui nebulosa, sol, planeta agora.

Há cem mil séculos vivo m'encarnando,
Águia n'altura, verme rastejando,
Pólen voando pelo espaço a fora.

Modo Inaugural Marco Lucchesi

Na luz deserta
do primeiro dia
está quebrada
a supersimetria

e assim despontam
múltiplos destinos
no mar onipresente
de neutrinos...

e vagam quase-seres
pelo mundo
lançados num abismo
alto e profundo
na luta intempestiva

onde se plasma
o modo inaugural
do protoplasma...

a sombra luminosa
de um quasar
e as formas múltiplas
de ser e estar

as quase borboletas,
e sabores
de quarks, e de sombras,
e motores...

na antemanhã de rosas
o arrebol
e o quase amor que rege
o pôr-do-sol

resíduos de giocondas
beatrizes
sonhando com poetas
infelizes...

assim agia Deus
sive natura
na zona fria
da matéria escura

e o rígido
combate prosseguia
do ser e do não ser,
e ainda prossegue,

que o nada
se insinua noite e dia

A Bomba Atômica

O impacto da bomba atômica em Hiroshima deixou registros memoráveis na pena de poetas brasileiros, como Carlos Drummond e Vinicius. Fiquemos com um poema deste que escreveu também o bem conhecido *Rosa de Hiroshima*, que foi musicado por Ney Matogrosso. A discussão dos riscos e das aplicações da Ciência, assim como dos aspectos éticos envolvidos na atividade científica podem ser estimulados a partir deles. E estes são temas importantes a se discutirem nas escolas, já que a formação adequada para a cidadania passa também por uma correta apreciação da Ciência e da tecnologia, seus funcionamentos e seus usos.

A Bomba Atômica Vinicius de Moraes

I
e = mc²
EINSTEIN
Deusa, visão dos céus que me domina
. . . tu que és mulher e nada mais!
("Deusa", valsa carioca.)

Dos céus descendo
Meu Deus eu vejo
De pára-quebras?
Uma coisa branca
Como uma fôrma
De estatuária
Talvez a fôrma
Do homem primitivo
A costela branca!
Talvez um seio
Despregado à lua
Talvez o anjo
Tutelar cadente
Talvez a Vênus
Nua, de clâmide
Talvez a inversa
Branca pirâmide
Do pensamento
Talvez o troço
De uma coluna
Da eternidade
Apaixonado
Não sei indago
Dizem-me todos
É A BOMBA ATÔMICA
(...)

II
A bomba atômica é triste
Coisa mais triste não há
Quando cai, cai sem vontade
Vem caindo devagar
Tão devagar vem caindo
Que dá tempo a um passarinho
De pousar nela e voar...
Coitada da bomba atômica
Que não gosta de matar!

Coitada da bomba atômica
Que não gosta de matar
Mas que ao matar mata tudo
Animal e vegetal
Que mata a vida da terra
E mata a vida do ar
Mas que também mata a guerra...
Bomba atômica que aterra!
Pomba atônita da paz!

Pomba tonta, bomba atômica
Tristeza, consolação
Flor puríssima do urânio
Desabrochada no chão
Da cor pálida do hélio
E odor de rádio fatal
Loelia mineral carnívora
Radiosa rosa radical.

Nunca mais, oh bomba atômica
Nunca em tempo algum, jamais
Seja preciso que mates
Onde houve morte demais:
Fique apenas tua imagem
Aterradora imagem
Sobre as grandes catedrais:
Guarda de uma nova era
Arcanjo insigne da paz!

Caos e Fractais

A análise do comportamento de sistemas não lineares trouxe, nas últimas décadas, elementos renovados de reflexão sobre uma questão fundamental na Filosofia e nas ciências: o papel do acaso e da necessidade no quadro conceitual construído pelo homem em sua tentativa de entender e de prever o comportamento da natureza. Com o caos determinístico ressurgiu o debate sobre o determinismo, o livre arbítrio, o significado das leis da natureza e capacidade humana de prever eventos futuros.

As estruturas multifacetadas e rugosas emanadas da natureza e provenientes também dos estudos do caos conduziram à criação de novas geometrias, como a dos fractais que, no exemplo a seguir, surge musicada em ritmo nordestino. A ordem pode emanar da desordem e vice-versa. E ambas como categorias instáveis e contextuais. Iniciemos com Murilo Mendes, que faz brotar do caos as criações orgânicas. Affonso Romano explora as conseqüências do bater de asas de uma borboleta, uma metáfora que se espalhou na literatura de divulgação científica para caracterizar a sensibilidade às condições iniciais.

A Inicial

Murilo Mendes

Os sons transportam o sino.

Abro a gaiola do céu,
Dei vida àquela nuvem.

As criações orgânicas
Que eu levantei do caos
Sobem comigo
Sem o suporte da máquina,
Deixam este exílio composto
De água, terra, fogo e ar.

A inicial da minha amada
Surge na blusa do vento.
Refiz pensamentos, galeras...
Enquanto a tarde pousava
O candelabro aos meus pés.

Desse caos erguem-se criações orgânicas.

Poema Tirado de "Breve História da Ciência" - a busca da verdade do norueguês Irik Newth

Affonso Romano de Sant'Anna

Aparentemente
existe um número infinito de seres vivos
que seguem a lei da probabilidade.

O astrônomo pode calcular
onde se encontrará o planeta Júpiter
em três mil anos.
Mas nenhum biólogo
pode prever
onde a borboleta pousará.

Fractal
César Nascimento, Alê Muniz
Fractal pode ter beleza
Fractal, apesar da certeza
Fractal, ô, ô, revela beleza

Dando se tira que em todo aço,
Até no mais puro traço,
Existe um momento tal,
Existe um momento-flor
Que poderá vir a ser fractal

Traço um traço ao lado do traço
Na diagonal da diagonal
Fractal

Uma fractal pode ter beleza
Apesar da certeza
Uma fractal pode ter.

Dedico "Fractal" à bravura e
criatividade dos cientistas da
América Latina.

Vida e Pensamento, Fractais e Complexidade

Ao se estudar sistemas constituídos de muitos elementos, verificou-se que podem apresentar novas propriedades, as *propriedades emergentes*, não contidas na escala inferior. Ou seja, o todo é mais do que as partes, seu funcionamento não está contido inteiramente na análise de suas partes isoladas. O termo *sistemas complexos* passou a ser utilizado para designar estruturas constituídas de muitos elementos que interagem de forma não linear e que podem apresentar propriedades adaptativas; existe neles a possibilidade do aparecimento de situações de auto-organização, com a emergência de comportamentos coletivos novos.

Exemplos de estruturas que poderiam ser melhor descritas por estes sistemas são a vida e o próprio pensamento, cuja razão e constituição já povoavam a imaginação e aguçavam a lógica dos poetas há muito tempo. Augusto dos Anjos, um dos maiores poetas de literatura brasileira, passeava tranqüilo por entre esta universal complexidade, enquanto Cecília Meireles nos fala de máquina delicadamente construída. João Cabral, por

seu turno, tece maravilhosamente uma manhã, numa representação pictórica muito apropriada à idéia das propriedades emergentes como construções acima das partes.

A Idéia

Augusto dos Anjos

De onde ela vem? De que matéria bruta
Vem essa luz que sobre as nebulosas
Cai de incógnitas criptas misteriosas
Como as estalactites duma gruta?!

Vem da psicogenética e alta luta
Do feixe de moléculas nervosas,
Que, em desintegrações maravilhosas,
Delibera, e depois, quer e executa!

Vem do encéfalo absconso que a
constringe,
Chega em seguida às cordas do laringe,
Tísica, tênue, mínima, raquítica...

Quebra a força centrípeta que a amarra,
Mas, de repente, e quase morta, esbarra
No mulambo da língua paraplégica!

As Cismas do Destino

Augusto dos Anjos

A universal complexidade é que Ela
Compreende. E se, por vezes, se divide,
Mesmo ainda assim, seu todo não reside
No quociente isolado da parcela!

Máquina Breve

Cecília Meireles

O pequeno vaga-lume
com sua verde lanterna,
que passava pela sombra
inquietando a flor e a treva
— meteoro da noite, humilde,
dos horizontes da relva;
o pequeno vaga-lume,
queimada a sua lanterna,
jaz carbonizado e triste
e qualquer brisa o carrega:
mortalha de exíguas franjas
que foi seu corpo de festa.

Parecia uma esmeralda
e é um ponto negro na pedra.
Foi luz alada, pequena
estrela em rápida seta.
Quebrou-se a máquina breve
na precipitada queda.
E o maior sábio do mundo
sabe que não a conserta.

Tecendo a Manhã

João Cabral de Melo Neto

Um galo sozinho não tece uma manhã:
ele precisará sempre de outros galos.
De um que apanhe esse grito que ele
e o lance a outro; de um outro galo
que apanhe o grito que um galo antes
e o lance a outro; e de outros galos

que com muitos outros galos se cruzem
os fios de sol de seus gritos de galo,
para que a manhã, desde uma teia tênue,
se vá tecendo, entre todos os galos.

E, se encorpando em tela, entre todos,
se erguendo tenda, onde entrem todos,
se entretendendo para todos, no toldo
(a manhã) que plana livre de armação.
A manhã, toldo de um tecido tão aéreo
que, tecido, se eleva por si: luz balão.

O Cântico dos Quânticos

O extraordinário sucesso da Física Clássica contribuiu para o fortalecimento das concepções mecanicistas, mas ele foi profundamente abalado no início do século XX. O comportamento da matéria no domínio microscópico e suas repercussões macroscópicas, em particular o estudo da interação entre radiação e matéria, conduziram a resultados experimentais que contrariavam as previsões clássicas. Novas idéias, experimentos e técnicas apuradas conduziram a uma profunda revolução na Física nas primeiras décadas do século passado. A emergência da Física Quântica atingiu profundamente as concepções vigentes sobre o determinismo ao atribuir um caráter essencialmente probabilístico à descrição dos fenômenos microscópicos.

Os estranhos fenômenos quânticos, embora não tivessem, na época imediata, deixado uma repercussão tão grande quanto a relatividade, ecoam atualmente por entre os versos de muitos poetas e músicos contemporâneos. Bandeira examina onde e como anda a onda e o moderno bardo Gilberto Gil entoou o cântico dos quânticos em um CD chamado *Quantum*. André Carneiro viaja sereno nas ondas quânticas.

A Onda

Manuel Bandeira

a onda anda
aonde anda
a onda?
a onda ainda
ainda onda
ainda anda
aonde?
aonde?
a onda a onda

Quanta

Gilberto Gil

Quanta do latim
Plural de quantum
Quando quase não há

Quantidade que se medir
Qualidade que se expressar

Fragmento infinitésimo
Quase que apenas mental
Quantum granulado no mel
Quantum ondulado do sal.
Mel de urânio, sal de rádio
Qualquer coisa quase ideal

Cântico dos cânticos
Quântico dos quânticos

Canto de louvor
De amor ao vento
Vento arte do ar
Balançando o corpo da flor
Levando o veleiro pro mar
De pensamento em chamas
Inspiração

Arte de criar o saber
Arte, descoberta, invenção
Teoria em grego quer dizer
O ser em contemplação

Cântico dos cânticos
Quântico dos quânticos

Sei que a arte é irmão da ciência
Ambas filhas de um Deus fugaz
Que faz num momento e no mesmo
momento desfaz.

Ondas Quânticas

André Carneiro

O universo só existe
quando observo.
Lento vôo da asa,
teu andar de praia,
a nuvem gorda de água
desaparecem
se eu falho.
Penso, alto atravessa
e molda um fato.
O espelho me inventa,
a ruga não sou eu quem traço.

Comprimo o corpo de átomos
entro nos túneis de mundo
e passo.

Você sorri,
não acredita no inseto dourado
quando eu pouso na face.

Energias quânticas
modelam seios e braços.
Retrato não reconheço,
linhas do rosto,
corpo e vontade desmancho,
teço de novo, sou co-autor
sem nenhum quadro.

Explico o momento,
a nave tomba,
gotas translúcidas
giram prótons e nêutrons
neste céu de maio.

Sorriso de cinema vale
vinte e quatro passos
por segundo, o planeta gira
completamente tonto.
Dentro deste verso
sua boca muda,
deslizo de skate
no suave das nádegas,
aqueço veias
no ouro caminho do ventre.

A pequena morte pulveriza
meu corpo imortal,
o beijo solda lábios,
só a memória falece.

A Ciência em si

Como funciona a Ciência? Quais as suas similaridades ou diferenças com a arte? Quais os impactos do pensamento científico na cultura humana? Qual o papel que desempenhou a introdução das idéias científicas em vários momentos de nossa história? Como os usos e abusos da Ciência e da tecnologia ameaçam a humanidade? Como a Ciência se relaciona com a cultura no Brasil? Quais as limitações da Ciência como percebidas pelos poetas? Alguns poemas podem nos auxiliar e ser pontos de partida para tais discussões. O primeiro deles vem da pena irônica de um estudante brasileiro da Universidade de Coimbra, em 1785, ao ironizar a Viradeira portuguesa e o alijamento do pensamento científico com o retorno da deusa da Estupidez a Portugal. Outros, mais atuais, tratam da Ciência em si e de sua inserção em nosso mundo, da ciência que sonha e do verso que investiga.

Reino da Estupidez (1785)

Francisco de Melo Franco

A mole Estupidez cantar pretendo
Que, distante da Europa desterrada
Na Lusitânia vem fundar seu Reino.
(...)

- "Muito ilustres e sábios acadêmicos!
Por direito divino e por humano,
Creio que deve ser restituída
À grande Estupidez a dignidade
Que nesta Academia gozou sempre.
Bem sabeis quão sagrados os direitos
Da antigüidade são; por eles somos,
Ao lugar que ocupamos, elevados.
Oculta vos não é a violência
Com que foi desta posse desbulhada.

Vós, testemunhas sois dos
sentimentos
Com que a vimos partir tão
desprezada:
Porém sempre, apesar do seu desterro
Constante, tributei dentro em meu
peito
Homenagens devidas à que fora
Na minha infância carinhosa Mestreira
E na velhice, singular Patrona.
Entraí pois, companheiros, em vós
mesmos,
Ponderai sem paixão: para que serve
As pestanas queimar sobre os autores,
A estimável saúde arruinando?
P'ra levar este tempo em bom
sossego,
Divertir e passar alegremente,
Acaso precisais de mais ciência?
Se os dias desta breve e curta vida
Tivéssemos com os livros perturbado
Teríamos acaso mais prebendas,
Mais dinheiro, mais honra, mais
estima?
De que podem servir estes estudos
Que mais da moda se cultivam hoje?
A barb'ra geometria tão gabada
Que mil proposições, todas heréticas,
Aqui faz ensinar publicamente,
Sabeis para que presta neste mundo?
Diga-o a Inquisição e mais não digo.
Oh, góticos estudos nunca ouvidos
Nos tempos, em que tanto florescia
Um Seara, maior do que o seu nome
Um Pupilo, um frei Paulo de São
Mauro
Que sempre chorarão os frades
bentos!
Histórias Naturais, Foronomias,
Químicas, Anatomias, e outros nomes
Difíceis de reter, são as ciências
Que vieram trazer os estrangeiros.
Há coisa mais cruel, mais desumana,
Mais contrária à razão, que ver os
médicos,
Um cadáver humano espatifando,
Um corpo que habitou o Espírito
Santo?
Nunca tal praticaste, oh bom Lopes,
Quando pelo Natal, em um carneiro,
O bofe, o coração, as tripas todas,
A teus hábeis discípulos mostravas.
Quem pode sem desprezo ver um
lente
De imensos estudantes rodeado,
Pelos campos vagar, ali colhendo,
Uma ervinha, uma flor, um
gafanhoto?
Acolá, c'um fuzil ferindo as pedras?
Deixemos, pois, um dia, oh sábia
gente,
Estes prestígios que nos têm cegado;
Ponhamos como dantes estas coisas
Em seu antigo ser; como bons filhos

Recebamos a nossa Protetora;
O que foi sempre seu, em paz governe".

A Ciência em si **Gilberto Gil, Arnaldo Antunes**

Se toda coincidência
Tende a que se entenda
E toda lenda
Quer chegar aqui
A ciência não se aprende
A ciência aprende
A ciência em si
Se toda estrela cadente
Cai pra fazer sentido
E todo mito
Quer ter carne aqui
A ciência não se ensina
A ciência insemina
A ciência em si
Se o que pode ver, ouvir, pegar, medir,
pesar
Do avião a jato ao jaboti
Desperta o que ainda não, não se pôde
pensar
Do sono eterno ao eterno devir
Como a órbita da Terra abraça o
vácuo devagar
Para alcançar o que já estava aqui
Se a crença quer se materializar
Tanto quanto a experiência quer se
abstrair
A ciência não avança
A ciência alcança
A ciência em si.

Os Filósofos **Carlos Saldanha**

Ante o empolgamento
que foi galvanizando
sucessivamente
os frades copistas,
os geômetras,
os astrônomos,
os pálidos almirantes com suas
lunetas,
os monarcas augustos com suas
esferas armilares,
e os tabeliões
Ante as maravilhas da Ciência
e do Progresso Tecnológico,
Aconteceu que
os filósofos, pouco a pouco,
com suas idéias vagas,
suas caraminholas na cabeça,
um após outro,
entre chacotas mal disfarçadas,
foram sendo jogados ao mar,
tichipum, tichipum,
por cima do parapeito do convés
do Barco do Conhecimento
que navega por mares ignotos,

levando à proa
a orgulhosa máscara
de Francis Bacon...

Cuidado, Capitão,
Cuidado. . .

Grafito Para Maiakovski **Murilo Mendes**

Um cosmonauta cantando dá volta ao
cosmos
Enquanto eu desfaço a barba.
Constrói-se a décima musa
Economia dirigida Unatotal
Que deverá mover o homem novo
Planifica-se nos laboratórios
A futura direção dos ventos
Extrai-se a energia das algas
Opera-se o sol
Eletrifica-se a eternidade
Reversível
Entretanto
O PLANETA NÃO ESTÁ MADURO
PARA A ALEGRIA.

Terminemos esse passeio poético-
científico com uma homenagem a um
físico brasileiro que soube conjugar co-
mo poucos, na sua prática de físico e
de humanista, a Ciência e a arte.

Hieróglifo para Mario Schoenberg **Haroldo de Campos**

o olhar transfinito do mário
nos ensina
a ponderar melhor a indecifrada
equação cósmica (...)

na estante de mário
física e poesia coexistem
como asas de um pássaro -
espaço curvo -
colhidas pela têmpera absoluta de
volpi

seu marxismo zen
é dialético
e dialógico

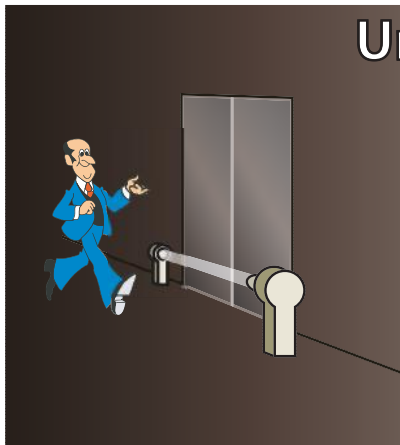
e deixa ver que a sabedoria
pode ser tocável como uma planta
que cresce das raízes e deita folhas
e viça
e logo se resolve numa flor de lótus
de onde
- só visível quando damos conta -
um bodisatva nos dirige seu olhar
transfinito.

Talvez, lembrando Gedeão, uma
fresta de nada aberta no vazio possa
vir a ser também a poesia em uma
sala de aula.

Uma Aula Sobre o

Efeito Fotoelétrico

no desenvolvimento de competências e habilidades



.....
**Marisa Almeida Cavalcante e
Cristiane R.C. Tavolaro**
Grupo de Pesquisa em Ensino de Física
da PUC/SP
<http://mesonpi.cat.cbpf.br/marisa>
E-mail: marisac@pucsp.br

.....
Dione Fagundes de Souza
IFSC/USP/SP

.....
João Muzinatti
PUC/SP

Introdução

Em 1887 Heinrich Hertz realizou as experiências que confirmaram a existência de ondas eletromagnéticas e ainda observou que uma descarga elétrica entre dois eletrodos dentro de uma ampola de vidro é facilitada quando radiação luminosa incide em um dos eletrodos, fazendo com que elétrons sejam emitidos de sua superfície. Esse fenômeno foi chamado efeito fotoelétrico.

Em 1905, um físico até então desconhecido, Albert Einstein, que trabalhava como examinador de patentes em Berna, Suíça, publicou três trabalhos revolucionários. O primeiro trabalho procurou explicar o movimento das moléculas em um líquido, conhecido como movimento browniano; o segundo foi o famoso trabalho sobre a relatividade e o terceiro, que considerou o mais revolucionário, propôs a hipótese da quantização da radiação eletromagnética pela qual, em certos processos, a luz comporta-se como pacotes concentrados de energia, chamados fótons. Com esta hipótese, ele forneceu uma explicação para o efeito fotoelétrico.

Do ponto de vista tecnológico, o efeito fotoelétrico é empregado em visores noturnos (sensíveis à radiação infra-vermelha), fotômetros, dispositi-

tivos para aberturas de portas e outros. Não se deve confundir com dispositivos que usam o efeito fotovoltaico (células solares) ou a fotocondutividade (chaves que acendem lâmpadas de poste, por exemplo).

Em se tratando de Filosofia, a discussão sobre o efeito fotoelétrico apresenta muitas possibilidades de reflexão. Um dos temas mais importantes nesse sentido é a discussão sobre os

Do ponto de vista tecnológico, o efeito fotoelétrico é empregado em visores noturnos, fotômetros e dispositivos para aberturas de portas

princípios racionais que, dentro do pensamento humano, sofreram sérios questionamentos no momento em que novas teorias foram estruturadas

no início do século XX.

No desenvolvimento da Física a partir de Newton, a *razão* sempre foi o caminho por excelência para que as verdades do Universo se fizessem conhecer. E, nesse contexto, a natureza ondulatória da luz estava perfeitamente coerente com a visão determinista de mundo. Mas, nessa trajetória, “as idéias de substâncias, partículas e forças penetraram o campo da óptica [e] finalmente o velho ponto de vista filosófico ruiu” (Einstein e Infeld). A luz, que até então era explicada apenas como onda luminosa, passou a ter também a característica de matéria, pois seria formada por partículas. Isso representou um golpe considerável dentro do pensamento racional, abalando um dos seus princípios nortea-

Este artigo pretende mostrar como podemos, utilizando-se de recursos experimentais e computacionais, criar uma aula dinâmica e ao mesmo tempo interdisciplinar, envolvendo professores de filosofia, matemática e física, através de um tema fascinante como o comportamento dual da luz, suas aplicações tecnológicas e implicações filosóficas.

dores, pois permitia que um mesmo fenômeno pudesse ter duas explicações até então excludentes. Tal questionamento foi tão importante dentro do pensamento filosófico moderno que acabou contribuindo para que a *indeterminação* também passasse a se constituir em fundamento para certas escalas do pensamento racional. É, sem dúvida, um momento de grande importância dentro da filosofia contemporânea e que determinaria novos caminhos nos domínios da *razão*.

Objetivo

Com o intuito de prestar uma pequena contribuição aos professores de Física no Ensino Médio, vamos inicialmente efetuar uma abordagem conceitual e geral sobre a descoberta do efeito fotoelétrico e ao longo desta explanação faremos indicação dos recursos educacionais que podem ser utilizados em uma prática pedagógica. É importante notar que, exceto no que tange à utilização de simulações computacionais, todos os recursos já são velhos conhecidos de todos. O mérito deste artigo está em reunir todas estas possibilidades em um único trabalho, dando a cada uma delas uma roupagem nova, adaptando-as às vantagens tecnológicas atualmente disponíveis.

Os recursos apresentados neste trabalho envolvem experimentos, simulações computacionais disponíveis na Internet e prevê a realização de um debate em sala de aula, onde parte dos alunos deve defender o comportamento ondulatório da luz e outra parte o comportamento corpuscular. O professor deverá ser o mediador e mostrar as implicações que decorrem de cada observação efetuada ao longo do debate, apontando soluções e dificuldades, objetivando desenvolver competências e habilidades de acordo com os referências estabelecidas pelos Novos Parâmetros Curriculares Nacionais.

Esta proposta envolve dois recursos educacionais distintos: uma simulação computacional e um experimen-

to prático. Cada um deles nos levará a resultados aproximados da constante de Planck.

Simulação Computacional do Efeito Fotoelétrico

Para uma compreensão sobre o efeito fotoelétrico, sugerimos ao professor a utilização de alguns *applets* disponíveis na Internet. No endereço <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/default.htm> (em espanhol) encontramos vários *applets* de autoria do prof. Angel Franco Garcia, compondo um curso interativo de Física pela Internet. Dentre estes, temos uma simulação do experimento sobre efeito fotoelétrico que permite verificar a dependência da energia cinética dos elétrons emitidos em relação à intensidade da luz incidente e a dependência com o material do emissor.

A Figura 1 mostra um esquema do experimento proposto na simulação.

Após incidir a luz no emissor, uma diferença de potencial é aplicada de

modo a frear totalmente o elétron emitido. A energia do elétron foto-gerado é diretamente proporcional à diferença de potencial aplicada entre os eletrodos, conhecida como potencial de corte. Percebe-se após a realização desta simulação que a energia cinética do elétron emitido independe da intensidade da luz incidente, mas existe uma dependência desta energia com relação à frequência da radiação incidente.

Estes resultados (Figura 2) para os foto-emissores de alumínio e antimônio mostram: i) uma relação line-

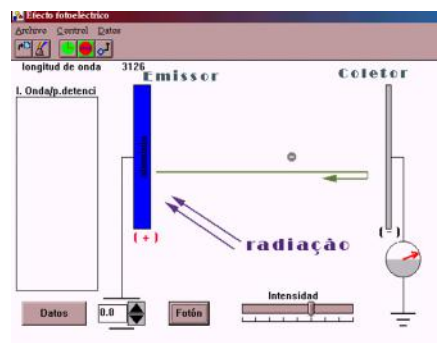


Figura 1. Tela inicial do *applet* de simulação do efeito fotoelétrico.

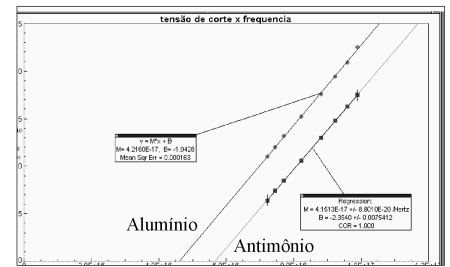


Figura 2. Potencial de corte vs. a frequência para os foto-emissores de alumínio e antimônio.

ar entre a tensão de corte e a frequência da radiação incidente em cada foto-emissor; ii) que as retas obtidas apresentam coeficientes angulares muito próximos; iii) que existe um valor mínimo de frequência abaixo da qual o efeito não ocorre, e este valor varia com o material que constitui o emissor.

Analisando os resultados obtidos na simulação

A explicação clássica para o efeito fotoelétrico diz que a interação do campo elétrico da luz incidente com a carga do elétron é responsável pela absorção de energia por parte deste último, o que se reflete em um movimento vibracional do elétron com a mesma frequência do campo elétrico. A energia de um corpo em vibração é proporcional à intensidade do movimento. Portanto, a energia do elétron liberado deveria ser proporcional à intensidade da luz, fato que não era verificado experimentalmente. Além disso, o fenômeno não é instantâneo, pois o elétron deve armazenar uma quantidade de energia necessária à sua liberação do meio material.

A explicação para o efeito fotoelétrico foi proposta em 1905 por Albert Einstein, depois da formulação de Planck da radiação do corpo negro em 1900. Einstein propôs que a energia da luz incidente estaria concentrada em um pacote (fóton) de valor $h\nu$, onde ν é a frequência da luz e que a intensidade da luz seria proporcional ao número de pacotes. No processo fotoelétrico, a energia de um pacote seria completamente absorvida por um elétron do emissor. Desta forma, uma energia ν seria transferida para o elétron que poderia escapar do catodo se esta fosse suficiente para superar

a energia de ligação do elétron com o material do catodo. Temos, então, a seguinte expressão para a energia do elétron foto-gerado:

$$E = h\nu - W$$

em que W é o trabalho de extração fotoelétrica. Se considerarmos E como a energia cinética dos elétrons mais rápidos emitidos (da superfície do material), temos através da medida da tensão de corte que $eV = h\nu - W$, onde $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ é carga do elétron e $W = h\nu_0$, ν_0 representando o limiar de frequência, ou seja, a menor frequência para a qual o efeito ocorre. Assim,

$$eV = h(\nu - \nu_0)$$

Esta relação nos permite obter o valor da constante de Planck através da inclinação das retas na Figura 2, pois $h = e \times$ (inclinação da reta). Para o alumínio, temos uma inclinação de $4,22 \times 10^{-15}$ resultando $h = 6,76 \times 10^{-34} \text{ J.s}$; para o antimônio $h = 6,65 \times 10^{-34} \text{ J.s}$, desde que a inclinação é $4,15 \times 10^{-15}$. Assim, o valor médio obtido na simulação é $h = 6,71 \times 10^{-34} \text{ J.s}$.

A determinação experimental da constante de Planck via efeito fotoelétrico é uma tarefa árdua e dispendiosa, pois requer uma célula fotoelétrica com alto vácuo, uma fonte de luz monocromática e um eletrômetro de alta precisão, pois as correntes elétricas envolvidas são da ordem de pA (10^{-12} A). A seguir, propomos uma maneira operacionalmente simples de medir a constante de Planck que, em contrapartida, requer um pouco de conhecimento sobre os materiais semicondutores.

Um Experimento Muito Simples para a Determinação da Constante de Planck

Na experiência seguinte, propomos a determinação da constante de Planck, utilizando LED's (Light Emitting Diode) que são dispositivos muito utilizados em painéis de circuitos eletrônicos. Um LED é composto de uma junção de dois materiais semicondutores. Numa primeira aproximação, podemos dizer que os semicondutores são materiais que não conduzem corrente elétrica a baixas temperaturas, mas que sua condutividade aumenta com a temperatura.

Para entender o princípio básico de funcionamento destes dispositivos, temos que recorrer aos fundamentos da Mecânica Quântica, que descreve a estrutura eletrônica dos sólidos em termos de bandas de energia devido ao acoplamento dos níveis de energia atômicos. A banda mais energética ocupada por elétrons no estado fundamental é chamada banda de valência e a banda de condução comporta os elétrons que podem movimentar-se livremente pelo material. (GREF). A Figura 3 ilustra a formação de bandas de energia permitidas, separadas por lacunas (gaps) em um sistema periódico (sólido) a partir dos níveis de energia de átomos isolados.

A Figura 4 fornece um esboço desta distribuição energética nas bandas de valência e condução. A energia de Fermi é um nível de referência determinado pela concentração de elétrons na banda de energia. Temos ainda a representação, para uma dada temperatura, das funções $F(E)$, função de

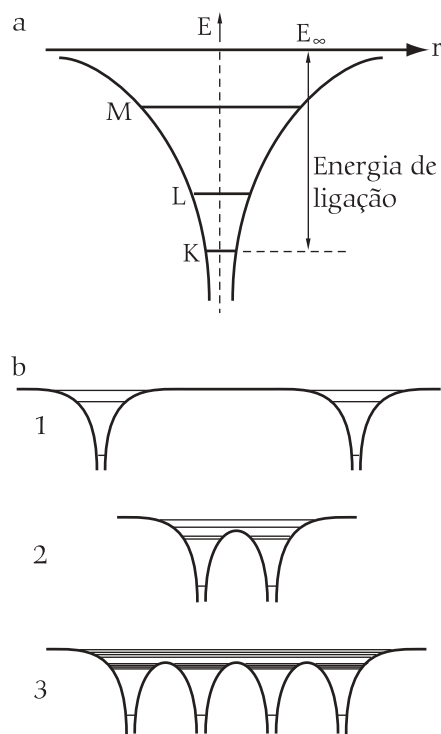


Figura 3. a) Diagrama de energia para os elétrons em um átomo isolado, b) Diagramas de energia para elétrons nas associações de duas moléculas com distâncias distintas (Figura 3b, 1 e 2) e associação para quatro moléculas (Figura 3b 3), o que mostra o desdobramento crescente para os níveis de energia com o aumento do número de associações e diminuição das distâncias interatômicas.

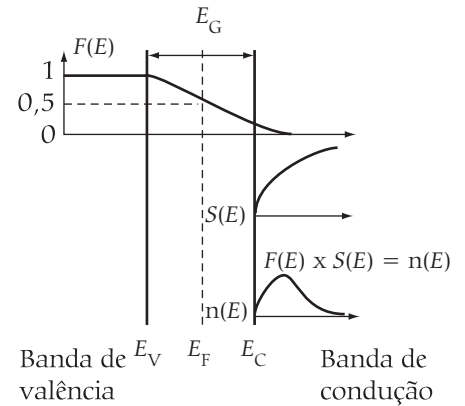


Figura 4. Diagrama para um semicondutor puro, mostrando o intervalo para a banda proibida E_G (energia do gap) e o nível de Fermi E_F , com um valor igual a $E_G/2$.

distribuição de Fermi, que nos fornece a probabilidade dos elétrons ocuparem os estados disponíveis de energia; $S(E)$, função que representa o número de estados possíveis de energia e $n(E)$, função que representa a concentração de elétrons distribuídos.

Para um semicondutor puro, a diferença energética entre estas bandas é pequena (da ordem de $1,12 \text{ eV}$ para o silício e $0,7 \text{ eV}$ para o germânio). Em temperatura ambiente, alguns elétrons da banda de valência absorvem energia que pode ser maior que esta diferença, saltando para a banda de condução e deixando uma lacuna que age como uma carga positiva. Temos, portanto, dois tipos de portadores de carga: elétrons e buracos, que para um semicondutor puro (germânio ou silício) estão em igual quantidade.

No entanto, para aumentar a condutividade deste material, podemos misturar pequenas quantidades de outros elementos (impurezas) liberando elétrons ou buracos nesta associação. Para o caso do silício, temos $Z = 14$. Neste caso, sua distribuição eletrônica oferece $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$. Como consequência, temos 4 elétrons de valência que se interligam neste material em uma ligação covalente. Se adicionarmos átomos pentavalentes, como fósforo, antimônio e arsênio, liberaremos nesta ligação um elétron, já que quatro dos cinco elétrons destas impurezas ocuparão as ligações covalentes e o quinto elétron ficará disponível para conduzir corrente elétrica. Caso as impurezas sejam materiais trivalentes, como boro, gálio e o índio, teremos um lugar vago

na quarta ligação covalente, disponibilizando buracos capazes de aceitar elétrons. No primeiro caso, temos impurezas aceitadoras e um semicondutor tipo n; no segundo, impurezas doadoras constituindo um semicondutor tipo p. Para uma dada concentração de impurezas, ocorre um deslocamento do nível de Fermi.

Comportamento de uma junção P-N

Quando um semicondutor tipo p e um tipo n são colocados em contato, elétrons em excesso da região n e buracos da região p começam a difundir e se recombinam. Podemos dizer que o lado p deste semicondutor fica mais negativo na extremidade da junção, que a parte mais interna do material, o mesmo ocorrendo com o lado n que fica mais positivo, conforme ao esquema da Figura 5(a) e 5(b).

O deslocamento destas cargas vai originar um campo elétrico que cria uma barreira ao movimento. Se aplicarmos um campo elétrico no mesmo sentido que o estabelecido na junção teremos uma corrente elétrica muito pequena, chamada de corrente térmica. No entanto, se aplicarmos um campo elétrico no sentido oposto ao estabelecido na junção, favoreceremos o deslocamento dos portadores maio-

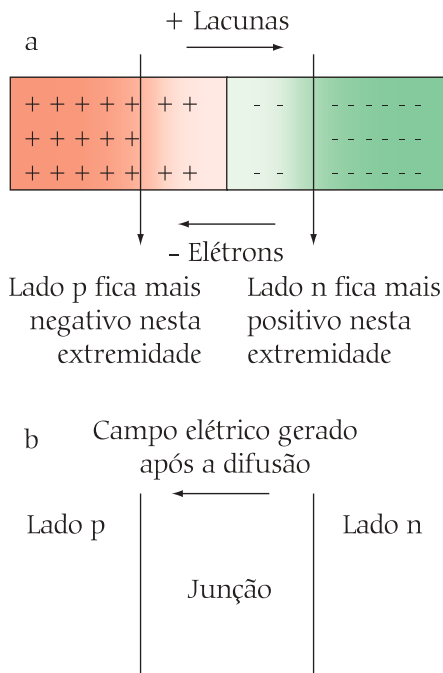


Figura 5. Dois semicondutores, um tipo p e outro tipo n colocados em contato (a) se recombinam, causando o surgimento de um campo elétrico (b).

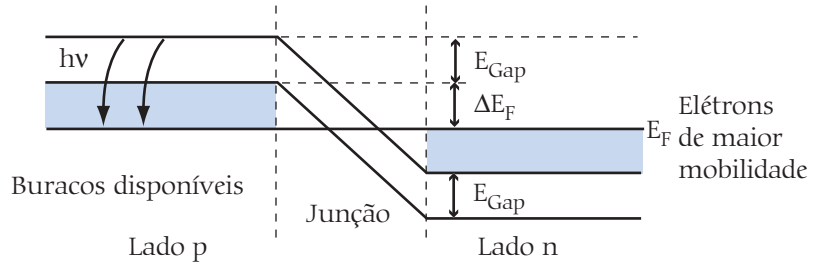


Figura 7. Diagrama de energia para uma junção p-n.

ritários (elétrons do lado n e buracos do lado p) gerando correntes tanto maiores quanto maior for o campo externo aplicado.

A Figura 6 mostra os diagramas de energia obtidos para o silício tipo p e tipo n antes e depois da junção (as concentrações são indicadas na figura em cada caso).

Diodo emissor de luz

Um diodo emissor de luz consiste em uma junção entre semicondutores fortemente dopados. De acordo com o diagrama de energia estabelecido em uma junção p-n, ao aplicarmos um campo elétrico externo oposto ao local, estaremos polarizando diretamente o diodo e fazendo-o conduzir; a corrente elétrica obtida aumenta com a tensão aplicada na junção.

Quando aplicamos uma tensão externa à junção, os elétrons de condução ganham energia suficiente para vencer a barreira de potencial e cami-

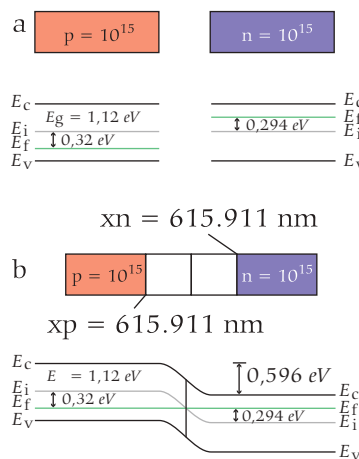


Figura 6. Silício tipo p à esquerda e tipo n à direita (a) e junção p-n silício, mostrando a barreira de potencial gerada após a difusão (b). Applets disponíveis no endereço <http://jas.eng.buffalo.edu/education/pn/pnformation-B/index.html>.

nhar para a região p. Podemos ver na Figura 7 que para os elétrons de maior mobilidade penetrarem na região p, a quantidade de energia máxima necessária é dada por:

$$eV_{\text{aplicada}} = E_G + \Delta E_F, \quad (1)$$

onde ΔE_F incorpora os efeitos do nível de Fermi e a distribuição de elétrons na banda de condução.

Quando o elétron passar para a região p, podemos ter uma recombinação entre elétrons e buracos e como consequência, para cada transição, teremos a emissão de um fóton com energia $h\nu$. Em geral, ΔE_F é muito pequeno e pode ser desprezado em primeira aproximação. Admitindo-se isso, da frequência de radiação de intensidade máxima pode ser escrita em termos do limiar de tensão (aquele valor para o qual o diodo começa a conduzir corrente), ou seja

$$h\nu = eV \quad (2)$$

Determinação da constante de Planck

Com o objetivo de determinar a constante de Planck, procedemos inicialmente ao levantamento da curva característica dos LED's que serão utilizados. Para isso, usamos o esquema da Figura 8.

As chaves K_V e K_{Vd} nos permitem selecionar o LED cuja curva característica será obtida. Para uma tensão direta aplicada aos terminais dos LED's, temos as curvas características da Figura 9:

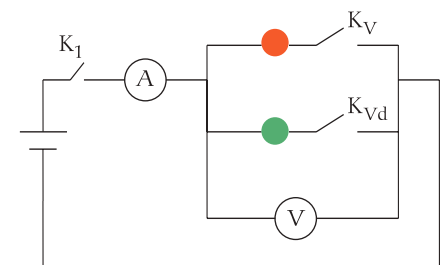


Figura 8. Diagrama esquemático da experiência.

Na página <http://jas2.eng.buffalo.edu/applets/education/pn/iv/index.html#> podemos obter, através de uma simulação via *aplets*, a curva $i \times V$ para diferentes diodos de junção p-n. Para tensões diretas o valor de corrente aumenta consideravelmente à medida que elevamos o seu valor. Isto é facilmente verificado a partir das curvas de calibração desses LED's.

No gráfico de $i \times V$ observa-se um valor de tensão para o qual o diodo

começa a conduzir corrente. Chamamos tensão de limiar o valor obtido por extrapolação da reta média nos pontos de corrente significativamente maiores que as correntes térmicas dos portadores minoritários.

A simulação disponível na página http://jas2.eng.buffalo.edu/applets/education/pn/pnformation_B/index.html permite variar o valor da tensão de limiar para diferentes materiais semicondutores e diferentes concentrações de impurezas doadoras e aceitadoras. Em uma primeira aproximação podemos dizer que:

$$eV_{\text{limiar}} = hv$$

onde v é a frequência da radiação de maior intensidade emitida pelo LED.

Os LED's utilizados foram produzidos pela Radio Shack e apresentavam comprimentos de onda conhecidos. No entanto, a maioria dos LED's disponíveis no mercado não traz esta informação. Para a determinação destes valores, com uma boa precisão, recomenda-se utilizar uma rede de difração convencional ou um CD transparente, analisando-se diretamente o desvio das radiações emitidas pelos LED's em uma régua. Se, no entanto, o que importa não é a precisão na medida, mas o desenvolvimento do aluno no enfrentamento de soluções intermediárias, sugerimos o método desenvolvido por Cavalcante e Benedetto através do qual os comprimentos de onda são obtidos, projetando-se em uma tela os anéis resultantes da decomposição da luz em um CD e construindo-se curvas de calibração para a análise espectral. Podemos ainda enriquecer este trabalho efetuando um estudo, com o auxílio do profes-

or de Matemática, na tentativa de se verificar qual a função que melhor representa esta calibração. Convém ainda salientar que quando recorremos a uma medida do comprimento de onda, estamos considerando a luz como onda eletromagnética, que interfere e difrata.

Neste momento, é oportuno reforçar um aspecto de extrema relevância e que pode ser mais bem lapidado pelo professor de Filosofia; embora se queira com este experi-

mento determinar a constante de Planck, que caracteriza a quantização da energia para a radiação, não estamos "descartando" o comportamento ondulatório da luz. A prova disto está na própria ação dos alunos diante da necessidade de conhecer o comprimento de onda da radiação emitida pelo LED.

Resultados obtidos

O próximo passo para se obter a constante de Planck é determinar o valor da tensão limiar de cada LED, em seguida, substituir estes valores na Eq. 1. O resultado encontra-se na Tabela 1.

Análise dos Resultados e Comentários

Os recursos apresentados neste trabalho envolvem basicamente dois experimentos, um virtual e outro real. Através deles, podemos compreender conceitos importantes associados à descoberta do efeito fotoelétrico, bem como determinar o valor da constante de Planck.

Experimentos virtuais, quando bem orientados, podem ser instrumentos muito úteis para o desenvolvimento de conceitos físicos, principalmente em áreas em que a Física Experimental encontra sérios limites para atuação.

No entanto, é importante salientar Tabela 1. Dados obtidos para os LED's.

	LED vermelho	LED verde
Frequência ($\times 10^{14}$ Hertz)	4,5	5,3
V (Volts)	1,89	1,95
Constante de Planck ($\times 10^{-34}$ J.s)	6,66	5,93
Valor médio para a Constante de Planck ($\times 10^{-34}$ J.s)	6,29	

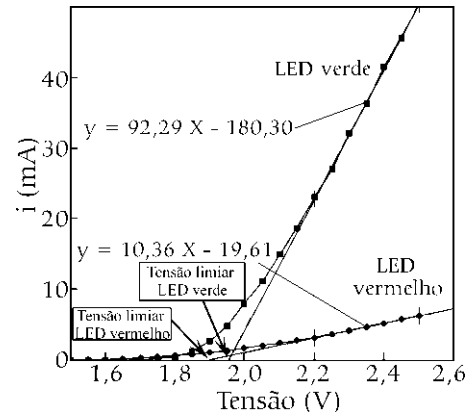


Figura 9. Gráfico obtido para o LED's vermelho e verde.

tar que os resultados obtidos através de simulações computacionais são provenientes de uma estrutura previamente programada e portanto atendem perfeitamente às expectativas frente ao modelo teórico estabelecido. Já a Física Experimental traz ao cientista a realidade dos "fatos" e, por muitas vezes, modelos teóricos são elaborados na tentativa de justificar estas observações. O trabalho experimental é desafiador e não pode ser comparado em seus resultados àquelas evidenciados em experimentos virtuais, visto serem de origens inteiramente distintas.

É natural, porém, que se questione o fato de, por exemplo, ter-se valores tão distintos para a constante de Planck quanto os apresentados nestes dois experimentos propostos. Para analisar esta discrepância, temos que retomar o processo experimental proposto. Neste processo a constante de Planck é obtida a partir do valor de tensão necessária para acender um LED comercial de uma dada cor. Na análise espectral dos LED's comerciais, verifica-se facilmente a existência de uma banda de emissão com extensão de 200 a 500 Angstroms, o que conduz a uma indeterminação no valor de tensão para acendimento. Este é, por exemplo, um dos limites impostos pela técnica apresentada.

Não podemos deixar de dar algu-

Experimentos virtuais, quando bem orientados, podem ser instrumentos muito úteis para o desenvolvimento de conceitos físicos

mas dicas importantes ao desenvolver este experimento:

1. Utilizamos para a determinação da constante de Planck LED's produzidos comercialmente, cujos valores de frequência são conhecidos e, deste modo, os erros experimentais introduzidos pela análise espectral não foram considerados. Se, no entanto, este valor não for conhecido, é aconselhável que antes de iniciar a medida de tensão de limiar, seja determinado o espectro de emissão correspondente a cada um dos LED's, de modo a se certificar de sua largura espectral.

2. Os LED's mais indicados são aqueles de encapsulamento transparente, que permitem uma melhor análise espectral.

Contribuições para a Prática Pedagógica

Os valores para a constante de Planck, embora limitados pela técnica utilizada, ainda estão distantes daqueles obtidos através de instrumentos de alta precisão. No entanto, há de se considerar que obtemos a ordem

de grandeza correta de uma constante fundamental da Física. É relevante que o aluno do Ensino Médio execute um experimento tecnicamente simples, porém rico em conceitos e aplicações tecnológicas. A nosso ver, esta atitude contribui para uma

desmistificação do papel de constantes físicas, que muitas vezes parecem surgir nas teorias por encanto ou magia.

Outro ponto digno de registro é a proposta de execução de um trabalho coletivo, envolvendo professores de Matemática, Física e Filosofia, apontando alternativas para uma prática docente interligada e contextualizada.

O trabalho envolvendo Filosofia sem dúvida encontrará, aqui, uma questão crucial. A *dualidade onda-partícula* representou um entrave para o pensamento humano em um determinado momento. Ocorre que, desde o momento que se costuma denominar "revolução científica" – na Fí-

sica, assim como nas demais Ciências e áreas do conhecimento –, o raciocínio humano vem seguindo um encadeamento racional, não somente nos processos dedutivos e indutivos, mas também na sua formalização discursiva. A razão sempre tratou de organizar a realidade e o pensamento a fim de que ambos se tornassem compreensíveis. Então, os próprios modelos envolvendo a natureza da luz tiveram que ser pensados e definidos a partir de concepções que não contrariassem o que se considerava racional. E a razão sempre seguiu regras ou princípios, os quais são observados até mesmo por quem não os conhece diretamente. Assim, no momento em que se descobre essa dualidade, um dos princípios racionais é questionado seriamente.

São quatro os princípios racionais e podemos denominá-los: princípio da *identidade*, da *não contradição*, do *terceiro excluído* e da *razão suficiente*¹. (Diante de um tema como o efeito fotoelétrico e, em se tratando de uma incursão pela Filosofia da Ciência, nossos alunos podem até dirigir-se

A descoberta da dualidade onda-partícula representa, sem dúvida, um momento marcante para a Filosofia, pois juntamente com a teoria quântica, vem destabilizar os alicerces do pensamento racional, originando, até, aquele que se pode denominar como o quinto princípio da razão: o princípio da indeterminação

para um estudo mais detalhado de tais princípios.) A descoberta da dualidade onda-partícula vem se chocar contra o *princípio do terceiro excluído*, pois, ao afirmar que a luz comporta-se tanto como onda luminosa quanto como feixe de partículas des-

contínuas, estabelece uma terceira condição, ferindo a lei racional que busca um único caminho de explicação para um fenômeno da natureza.

A descoberta da dualidade onda-partícula representa, sem dúvida, um momento marcante para a Filosofia, pois juntamente com a teoria quântica, vem destabilizar os alicerces do pensamento racional, originando, até, aquele que se pode denominar como o quinto princípio da razão: o *princípio da indeterminação*. A razão tem na Filosofia a sua área de estudos e discussões, mas é nas ciências que se manifesta no sentido de orientar o pensamento e organizar a natureza. Neste

estudo, o tema parece mais do que apropriado e pode ser muito rico para nossos alunos, motivando uma discussão interdisciplinar bastante rica.

O ápice desta proposta se dá através da organização de um debate, envolvendo os alunos e professores em torno de um tema comum, onde cada um deve *apresentar de forma clara e objetiva o conhecimento apreendido, através de uma linguagem física adequada*.

Os recursos experimentais podem e devem ser explorados pelos alunos durante o debate, de modo a explorar questões tão importantes quanto aquelas advindas de fontes de energia alternativa e a preservação do meio ambiente, dimensionando a capacidade crescente do homem em alterar as condições de vida no planeta, propiciada pelo avanço tecnológico.

Por fim, este é um tema que tem uma riqueza extraordinária de conteúdo e abordagens e, talvez por esta razão, ele seja uma fonte inesgotável de diferentes propostas educacionais, entendendo-se esta apresentada como mais uma contribuição que nos possibilita adequarmos nossos planejamentos de curso em uma visão mais integrada e contextualizada de Ensino.

Referências Bibliográficas

Einstein, A. e Infeld, L. *A Evolução da Física*, p. 82.

Cavalcante, M.A. e di Benedetto, M.A. *Instrumentação em Física Moderna para o Ensino Médio: Uma nova técnica para a análise quantitativa de espectros*. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 21, n. 4, pp. 437-446, 1999.

Para uma descrição elementar de dispositivos semicondutores, veja *Física 3*, Grupo de Reformulação do Ensino de Física (GREF), EDUIP (1998), p. 54.

Nota

1. O *princípio da identidade* possui um enunciado que se constitui na própria condição do pensamento: "A é A" ou "O que é, é"; por esse princípio, as coisas ficam definidas para que possam ser objeto de análise. O *princípio da não contradição* garante que, se "A é x", é impossível que "A seja não x"; sem esse princípio, o da *identidade* não funciona. O *princípio do terceiro excluído* diz que "Ou A é x ou é y, não havendo uma terceira possibilidade"; trata-se da definição para um dilema; exemplo: "Ou este homem é Sócrates, ou não é Sócrates". O *princípio da razão suficiente* ou da *causalidade* afirma que tudo o que existe tem um motivo para existir.



O Tanque do Bombeiro:

Um Estudo Sobre Abstrações Reflexivantes em Crianças da Pré-Escola Frente a Física dos Fluidos

M.A. Whitaker

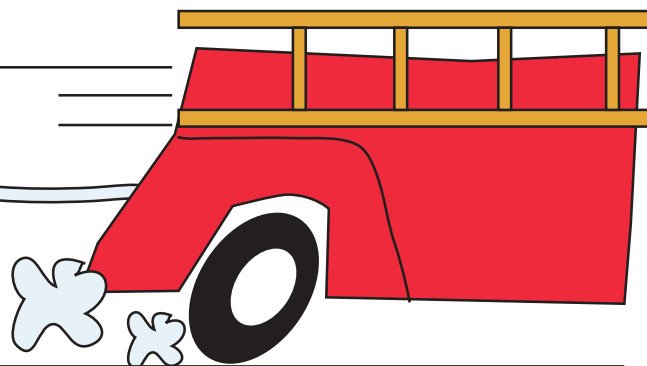
Departamento de Física e Química,
Campus de Guaratinguetá - UNESP
E-mail: marisaw@feg.unesp.br

D.C. Whitaker

Faculdade de Ciências e Letras,
Campus de Araraquara - UNESP

T.C.M. de Azevedo

Departamento de Física e Química,
Campus de Guaratinguetá - UNESP



Início de uma das entrevistas

A - "Como o bombeiro faz para apagar o fogo?"

C- "Pega a casinha e joga no pote de água."

O adulto mostra as torneiras do "tanque" para a criança.

A criança pega a casinha e empurra mais perto.

Introdução

Este trabalho apresenta alguns resultados das primeiras experiências do projeto *Brincando com Ciências*. O projeto em questão tem como objetivo observar e compreender como a criança percebe e explica fenômenos físicos básicos apresentados a ela em condições experimentais revestidas de aspectos lúdicos. Não se colocam por enquanto questões relativas ao Ensino de Física, o que exigiria abordagens teóricas mais abrangentes.

Já nos primeiros momentos da pesquisa, uma experiência piloto (exploratória) apresentou resultados interessantes, que serão aqui divulgados.

Antes de relatar as experiências é preciso lembrar que, de acordo com Piaget, no estágio pré-operatório¹, a criança é capaz de abstrações simples, mas ainda não possui condições para o que ele chama de abstração reflexivante. Grosso modo, as abstrações simples são feitas a partir das características empiricamente observáveis (cor, textura, peso, forma, propriedades de quebrar etc.), enquanto as abstrações reflexivantes exigem

estabelecer relações entre os objetos. Para não interpretar o pensamento de Piaget de forma dualista, citamos Kamii e Devries (1992) quando ela observa a dialética entre esses dois tipos de abstração. "Depois de ter distinguido entre abstração simples e reflexivante, Piaget mostra que não pode haver abstração simples sem abstração reflexivante".

Isso permite concluir que, para crianças nesse estágio, o que existe é predominância de abstração simples, mas não impossibilidade total de abstração reflexivante.

Esta pode ocorrer

esporadicamente em determinados momentos quando o adulto - por exemplo, o professor - incita a criança a explicação de um fenômeno. É esta possibilidade que conduz o objetivo primordial desta pesquisa. A criança está constantemente "tangenciando" abstrações reflexivantes; admitir o contrário seria negar a própria construção do conhecimento na mente infantil. A criança avança realizando tais abstrações reflexivantes.

Nosso objetivo é, portanto, verificar como a criança, no estágio pré-operatório, que se caracteriza pela

A criança é capaz de abstrações simples, mas ainda não possui condições para o que ele chama de abstração reflexivante. Grosso modo, as abstrações simples são feitas a partir das características empiricamente observáveis, enquanto as abstrações reflexivantes exigem estabelecer relações entre os objetos

Este trabalho apresenta um relato de atividades desenvolvidas com crianças em idade pré-escolar, com objetivo de observar e compreender como a criança percebe e explica fenômenos da Física dos Fluidos que envolvem relações entre a pressão da água e a profundidade do recipiente que a contém, e a pressão da água e a velocidade de escoamento. As atividades experimentais foram abordadas com ênfase nos aspectos lúdicos, e as crianças foram estimuladas a descrever e desenhar os fenômenos físicos observados. As explicações registradas mostram como as crianças desenvolvem seu "conhecimento" desses fenômenos. Procuramos apresentar uma estratégia para avaliar a especificidade do pensamento infantil no que se refere à compreensão de fenômenos da natureza.

predominância das abstrações simples, compreende e explica fenômenos físicos fundamentais, observáveis e manipuláveis, que exigem estabelecimento de relações de abstração reflexivante.

Não se pretende, absolutamente, imaginar que a criança no estágio pré-operatório seja capaz de realizar tarefas ou apresentar desempenhos característicos do estágio posterior. O que se pretende é descobrir como ela ora se aproxima ora se afasta desse desempenho, e como nesse processo a originalidade desse pensamento e as possíveis diferenças individuais, já que segundo Vygotsky (1998) e corroborado por estudos de Freitag (1993), o meio sócio-cultural e fatores sócio-econômicos influenciam a formação desses estágios. O alvo é, portanto, avaliar a especificidade do pensamento infantil no que se refere à compreensão de fenômenos da natureza. Estas experiências irão colaborar para a formação de esquemas de assimilação que estas crianças utilizarão ao longo da escolaridade, com efeitos pedagógicos a serem considerados.

Descrição da Atividade

Nesta experiência inicial procurou-se observar como as crianças em estágio pré-operatório percebem e explicam:

- as relações entre a pressão da água e a profundidade do recipiente que a contém.
- a pressão e a velocidade de escoamento da água por um orifício, observando o alcance do jato.

Tais fenômenos envolvem a fórmula de Torricelli e o Princípio de Pascal (Halliday *et al.*, 1996; Gaspar, 2000).

A fórmula de Torricelli fornece a velocidade de escoamento da água que sai de um orifício de um recipiente. Se o orifício está situado a uma profundidade h , a velocidade é dada por $(2gh)^{1/2}$. O alcance do jato de água

observado pelas crianças na atividade depende desta velocidade e do tempo de queda da água. Portanto, o alcance será maior à medida que o furo torna-se mais profundo, partindo da superfície até o meio do recipiente. A partir desta profundidade o alcance diminui na mesma proporção em que cresceu na parte superior do recipiente. Este efeito é compreendido a partir da aplicação da equação de Bernoulli, sendo explicável através de cálculos compreensíveis para alunos a partir do Ensino Médio. Para não confundirmos as crianças, fizemos furos somente a partir do meio da altura do recipiente para cima.

Na experiência, usamos um recipiente cilíndrico transparente com as seguintes dimensões: 20 cm de altura e 20 cm de diâmetro. Preenchido com água até a borda, e mantido sempre com água até o topo, foi colocado sobre um suporte, simulando um caminhão de bombeiro. Três furos em alturas distintas funcionaram como torneiras. Os furos receberam canudos, tampados inicialmente e abertos no momento da experiência.

Uma casinha foi posicionada na direção dos furos a uma distância adequada. Este modelo (Figura 1) foi reproduzido seis vezes, um para cada duas crianças, possibilitando a todas elas o manuseio e a interação com o experimento. No início da atividade, foi explicado às crianças que brincariam com o caminhão de “bombeiro”, tentando apagar um suposto incêndio na casinha.

O experimento foi aplicado em duas turmas de doze crianças cada, na faixa de cinco a seis anos, na pré-escola do campus da UNESP de Guaratinguetá. As crianças foram distribuídas, duas a duas, em mesinhas e

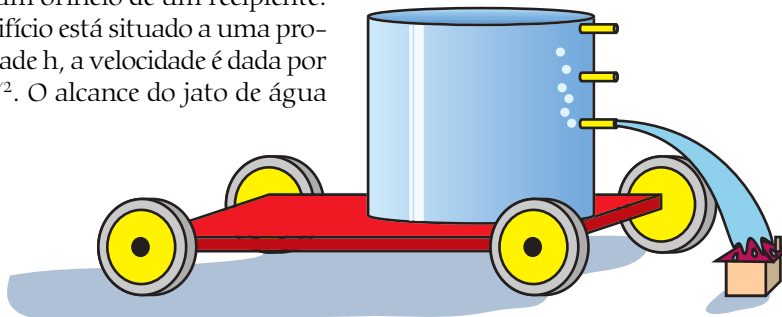


Figura 1. O tanque do bombeiro e a casinha.

cada dupla recebeu a supervisão de um adulto ligado ao projeto (uma das pesquisadoras, o técnico ou bolsistas de iniciação científica), configurando controle metodológico rigoroso da atividade. Todas as atividades foram registradas através de diálogos gravados. No final de cada atividade pedimos para as crianças relatarem a atividade através de desenho. Concluindo o desenho, cada criança descreveu-o a sua professora da pré-escola que anotou os comentários.

Resultados

Observação do alcance do jato

A primeira demonstração da qual as crianças participaram consistiu em abrir um furo de cada vez em diferentes alturas do recipiente, fazendo a criança avaliar os alcances do jato de água. Perguntadas porque o jato saía mais forte no furo inferior do cilindro, aproximadamente metade das crianças² respondeu prontamente que a causa estava no fato de que “no furo de baixo tem mais água”.

Alguns diálogos entre o adulto instrutor e a criança ilustram a forma pela qual elas apreendem o fenômeno em questão (A = adulto instrutor e C = criança).

A - “Qual jato vai mais longe?”

C - “O último!”

A - “Porque?”

C - “Porque é mais fundo.”

Então o adulto pergunta

A - “O que tem no mais fundo?”

C - “Tem mais água.”

A - “O que acontece quando tem mais água?”

C - “Tem água chupando mais água, vai mais longe.”

A - “Quando tem água até em cima, todos estão com água, porque o debaixo vai mais longe?”

C - “Porque o debaixo ainda tem mais água.”

A - “É, mais lá, o de cima, também tem água!”

C - “O debaixo que é o mais longe tem mais água. Tem muita água embaixo.”

Tanto o diálogo acima transcrito quanto a predominância da frase “embaixo tem mais água” sugerem que estas crianças estão fazendo uma

abstração simples tal como esperado a partir de pressupostos teóricos acerca de sua forma de pensamento.

Para a criança a quantidade está ligada a forma^{1,2}, o que indica abstração simples, ligada a aspectos concretamente observáveis, no momento da experiência, sem estabelecer relações.

Outro exemplo está no diálogo entre esta criança e o adulto que aplicou a experiência. No primeiro momento do diálogo acima transcrito, a criança pareceu ensaiar uma abstração reflexivante, quando disse que o que vai mais longe “é porque é mais fundo”. No entanto, quando um adulto indevidamente pergunta, “O que tem no mais fundo?”, a criança retorna à idéia da quantidade “tem mais água”, própria do seu estágio operatório. Tangenciou um estágio acima de seu nível e voltou à abstração simples. Nossos registros indicam que a forma de abordagem do adulto, neste caso, trouxe a criança para o estágio “apropriado” à sua idade. Deve-se pensar no papel do professor quando lidando com tais momentos contraditórios da aprendizagem.

Se, como afirma Vygotski, há uma zona de aprendizado proximal³, como estimular a criança a invadi-la, sem pressioná-la artificialmente na direção do conhecimento?

No entanto, se analisarmos algumas frases elaboradas pelas crianças, evitaremos o dualismo simplificador que afirmaria a contraposição mecânica - abstração simples vs. abstração reflexivante e concluiria pela ausência da segunda. Em alguns momentos, algumas crianças tangenciam abstrações reflexivantes, buscando relações que encaminham o desenvolvimento do pensamento em uma direção mais relacional. Observemos alguns desses momentos:

C- “No furo de cima tem um tantinho de água (quantidade) e o jato sai fraco (velocidade). No furo de baixo, tem um tantão de água, e por isso o jato sai mais forte.”

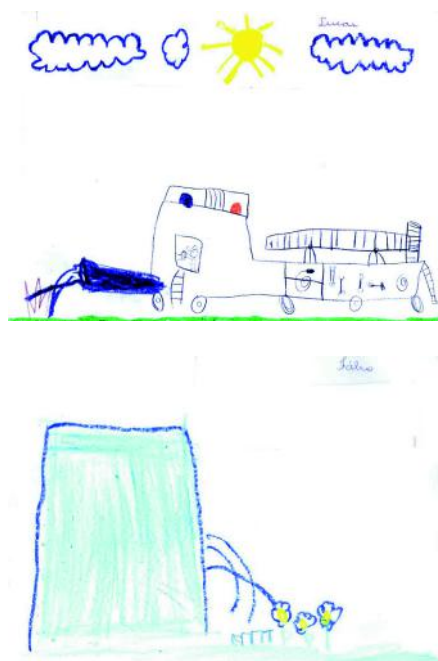
No trecho acima, a criança faz a abstração simples baseada na quantidade, (tantinho e tantão) o que explica o jato. No entanto, ao explicar o jato, tangencia a idéia de força ou

velocidade. A abstração reflexivante se anuncia especialmente quando a criança diz “por isso o jato sai mais forte” (relacional).

Como ilustração, apresentamos nas Figuras 2, 3, e 4 exemplos de desenhos feitos pelas crianças. Os desenhos revelam a ênfase dada ao jato de “sucesso” configurando a atenção dada a aquilo que deu certo, em contraposição ao que não deu certo.

A questão da largura da coluna de água

Na segunda atividade, apresentamos dois recipientes transparentes de mesma altura com um furo em cada um na mesma profundidade. A única diferença entre eles era a área da base, do que resultava um cilindro bem mais estreito do que o outro. Antes de abrir o furo, perguntamos às crianças qual jato sairia mais forte.



Figuras 2 e 3. Os desenhos acima mostram a tendência dualista derivada do maniqueísmo infantil. O fenômeno mostrou duas situações, um jato de ‘sucesso’, (o de baixo) e dois outros com menor alcance (os de cima). Algumas crianças representaram o jato de baixo corretamente, misturando os outros dois que se tornaram equivalentes (constituem o outro pólo da dualidade). Os desenhos das crianças revelam a ênfase dada ao jato de ‘sucesso’ configurando a atenção dada àquilo que deu certo, em contraposição ao que não deu certo. A dualidade não leva muito em conta o jato intermediário.



Figura 4. O desenho acima é típico da necessidade de “desobediência” característica da criança que resiste aos fatos reais e usa sua imaginação. A criança compreendeu o fenômeno e desenhou os três jatos de água corretamente. No entanto usou sua criatividade para “enfeitar” o jato de ‘sucesso’, que cai sobre cada uma das três plantas de forma estética e individualizada. Após jogar sobre a primeira planta, alça um impulso que só existe em sua imaginação para depois cair sobre as outras plantas. Ou seja, a criança aceita e adapta seus esquemas de pensamento ao que observou, mas acrescenta sua imaginação poética quando representa esse “real” observado com duas curvas a mais no jato.

Por unanimidade responderam “o mais largo porque tem mais água”. Abrimos os dois furos simultaneamente, mas mesmo diante do fenômeno do alcance idêntico dos dois jatos, as crianças continuaram afirmando que havia diferenças e que o cilindro “gordo” promovia um maior alcance do jato.

Observem nos diálogos abaixo algumas respostas “imediatas” de caráter intuitivo.

O adulto mostra os dois jatos chegando juntos e pergunta:

A - “Qual jato está ganhando?”

C - “O gordo.”

O adulto coloca uma régua na posição em que os jatos estão chegando e mostra que chegam juntos. As crianças ainda acham³ que o cilindro ‘gordo’ está ganhando. Enquanto mostrava o alcance idêntico, o adulto perguntou “O que os dois potes têm de igual?”

As crianças gritam “A cor do canudo (torneira de saída)” “O canudo” “As torneiras” etc.

O adulto pergunta - “Em que lugar as torneiras estão?”

C - “Estão no caminho do bom-

beiro”.

O adulto aproxima os cilindros encostando os dois canudos para mostrar que eles tinham a mesma profundidade. Mesmo assim a mensagem não chega a criança.. As crianças continuam firmes na idéia ligada à forma dos cilindros.

A - “O que as torneiras têm de igual além da cor?”

Apenas uma criança percebeu “Estão na mesma posição”

O adulto insiste:

A - “O tanque largo tem muito mais água do que o tanque fino. Vamos olhar de novo, que jato de água chega mais longe?”

C - “Empatou”.

O adulto posicionou as crianças em frente ao tanque do bombeiro e mostrou com duas régua a profundidade dos furos nos dois recipientes, mas as crianças não se convencem, ou melhor não relacionam. Apenas uma criança afirmou que as torneiras “estão na mesma posição”.

As respostas das crianças mostram que, neste caso, elas não se encontram em condições de “aceitar” um resultado que contraria a condição altamente enraizada de que o jato de água de um cilindro ‘gordo’ é mais forte do que o ‘magro’.

A resistência das crianças mostra que a ansiedade dos adultos em nada ajuda o aprendizado. As crianças resistem. No máximo uma delas “concilia”, ao dizer que “empatou”. Ela concede ao cilindro ‘magro’ que talvez seu esforço possa ter resultado num empate, o que não significa que ele seja capaz de jorrar água com tanta força quanto o mais ‘gordo’.

Nesta segunda atividade fica clara a relação entre quantidade e forma, já evidenciada na primeira atividade. A relação é tão forte que não se consegue abalar a crença de que os dois alcances são diferentes.

Princípio de Pascal

Na ultima atividade fizemos uma aplicação do princípio de Pascal (Halliday *et al.*, 1996; Gaspar, 2000). De acordo com este princípio, o aumento da pressão aplicada a um líquido confinado transmite-se igualmente para todos os pontos do líquido e para as paredes do recipiente. As cri-

anças pressionaram uma bomba de ar que foi acoplada à tampa do recipiente e observaram um aumento na distância atingida pelo jato de água. O aumento da pressão na superfície da água provocado pela bomba produz um aumento do alcance. Esse aumento é prontamente percebido e muito apreciado pelas crianças.

Esta terceira atividade, embora demonstrando um princípio mais complexo, teve o mais alto índice de compreensão por parte das crianças, talvez porque tenha um caráter ainda mais lúdico expresso em três importantes aspectos essenciais a aprendizagem: impacto, manuseio e imprevisto. Transcrevemos abaixo alguns diálogos com as crianças:

A - “O que o ar fez para a água sair mais forte?”

C - “Vento”

A - “O que o vento fez na água?”

C - “Ele vai espirrar água.”

Neste momento a tampa do recipiente foi descolada permanecendo apenas pousada sobre o mesmo. As crianças colocaram a mão sobre o recipiente enquanto uma delas acionava bomba. Elas sentiram o ar empurrando a tampa para cima.

A - “E se ninguém segura a tampa? O que acontece?”

C - “A tampa voa.”

O adulto segura a tampa que não esta colada no recipiente.

A - “O que acontece com o jato agora?”

C - “O ar empurrou a água.”

As frases abaixo foram formuladas pelas crianças logo após a atividade e apareceram escritas nos desenhos que elas fizeram junto da professora. Em todas elas relaciona-se o aumento do alcance do jato com o aumento da pressão.

“Está pegando fogo eles apertaram com uma coisa de encher bicicleta e a tampa pulou. O ar é muito forte”, 5 anos. Nesta frase a criança constata a existência do ar.

“Quando eu bombeava a bomba a água ia mais forte porque o ar empurra a água.”, 5 anos.

“Quando a gente tirava a tampinha a água saia. Daí o homem apertou o negócio e a água saiu mais.”, 5 anos.

“A bomba empurra o ar, o ar em-

purra a água e a água sai mais forte.”, 5 anos.

Aqui foi o momento de maior alvoroço das crianças durante esta experiência. O súbito aumento do jato deixou-as empolgadas, o que nos sugere que o entusiasmo provocado pelo imprevisto alargou a percepção das crianças levando-as a inesperadas abstrações reflexivantes expressas nas frases acima.

Conclusões

O estudo em questão procura observar como a criança apreende fenômenos físicos em sua complexidade. Enfrenta portanto uma questão epistemológica ligada à maneira como a criança usa seus esquemas de assimilação e sua imaginação para descrever e desenhar os fenômenos que é levada a observar de forma lúdica. Não se trata portanto de uma pesquisa em Ensino de Física, embora possa ser aproveitado para tal. Trata-se de descobrir aqui até aonde vai a apreensão das crianças quando estimuladas a observar fenômenos físicos, ou seja, quais os recursos mentais aos quais apelam na fase pré-operatória para alcançar a compreensão de fenômenos extremamente abstratos. Enfim, como a criança desenvolve seu “conhecimento” desses fenômenos.

Os dados colhidos até agora sugerem que:

- As crianças ficaram encantadas diante dos fenômenos apresentados e contemplaram-nos de forma curiosa e imaginativa.

- Elas interagiram com a situação experimental e entusiasmaram-se com o fato de poder manipular os objetos utilizados na atividade.

- Elas se alvoroçaram e por isso perceberam melhor os aspectos de maior impacto, como por exemplo o aumento súbito do jato de água provocado pela bomba de ar.

- A percepção caracterizou-se por acentuado dualismo, que levou em conta o “sucesso” ou o “não sucesso” do objetivo esperado.

- Tanto os discursos como os desenhos (Figuras 2, 3 e 4) concentraram-se mais na representação do fato de “sucesso”, ou seja, do jato que consegue alcançar o alvo. A explicação para isso reside talvez na forma pela qual a ativi-

dade foi proposta: tratava-se de atingir o alvo, o que indica interiorização de um dos objetivos da atividade.

• Em vários momentos as crianças tangenciaram abstrações reflexivantes, o que indica possibilidades de avanço para o nível de desenvolvimento proximal. A experiência sugere que o modo de apresentar um problema pode aproximar ou não a criança

para a zona de desenvolvimento proximal, como sugere Vygotsky (1998) que propôs superar a idéia de que o ensino deve se ater a etapa de desenvolvimento já consolidada. Nessa experiência exploratória foi possível criar situações propícias para a emergência de abstrações que anunciam avanços das crianças na direção da zona de desenvolvimento proximal.

Referências Bibliográficas

Kamii, C., Devries, R. *Piaget para a educação pré-escolar*. Ed. Artes Médicas, 1992.

Martí, E., Inteligência Pré-Operatória, em Coll, C., Palacios, J., Marchesi, A., orgs., *Desenvolvimento Psicológico e Educação* v.1, Ed. Artes Médicas, 1995.

Rego, T. *Vygotsky - Uma perspectiva histórico-cultural da Educação*. 6.ed. Ed. Vozes, 1998.

Halliday, D., Resnik, R., Walker, J. *Fundamentos de Física* v. 2. Livros Técnicos e Científicos Editora, 1996.

Gaspar, A. *Física - Mecânica* v. 1 Ed. Ática, 2000.

Freitag, B. *Sociedade e Consciência: Um estudo piagetiano na favela e na escola*. Ed. Cortez, 1993.

7. Nicolau M.L.M. *Um estudo das potencialidades e habilidades no nível da pré-escolaridade e sua possível interferência na concepção que a criança constrói sobre a escrita*. Rev. Fac. Educ., v. 23, n. 1, São Paulo Jan./Dez., 1997.

Notas

1. Piaget considera o desenvolvimento infantil através de etapas engendradas na maturação biológica e também como o produto da interação com o meio. O estágio pré-operatório é um deles e divide-se em dois subestágios: o pré-conceitual

Agradecimentos

O trabalho contou com a valiosa colaboração dos bolsistas F. de A. Santana, D.D. da Silva e A.P. Maciel, do técnico F. Peixoto e da professora de Educação Infantil L. Chaves. Agência Financiadora: FUNDUNESP. Apoio PROGRAD-Núcleo de Ensino/UNESP.

e o intuitivo. Estamos trabalhando com este último, que se caracteriza por julgamentos imediatos e pela "incapacidade de conservar na mente mais de uma relação de cada vez".

2. Das restantes, algumas não se manifestaram, enquanto outras falaram com mais demora, o que não foi considerado porque elas repetiam um fato já mencionado. Não foi possível controlar a variável demora. Estamos procurando uma metodologia mais adequada.

3. "As crianças pensam, levantam as suas hipóteses sobre os estímulos que lhes são propostos e mantêm coerência nas respostas que oferecem, as quais refletem o seu desenvolvimento." Nicolau, 1997.

Navegando na WEB



Neste número de *FnE* estaremos comentando alguns sítios que abordam a tabela periódica e explicam o funcionamento de diversas criações humanas.

<http://www.webelements.com>

Este é um sítio sobre tabela periódica e diversas informações úteis sobre o tema. Ao se escolher um elemento da tabela periódica, obtém-se dele outras informações, como por exemplo os compostos mais comuns por ele formados. Além disso, encontramos também algumas de suas propriedades físicas, estruturais e químicas. Há ainda um vínculo para a 'Scholar Edition', onde pode-se obter outras informações além das usuais, como a história do

elemento, como ele pode ser obtido e isolado, onde ele é usado, dados biológicos, geológicos etc. É uma tabela periódica excepcional.

<http://www.howstuffworks.com>

Os curiosos que desejam saber como as "coisas" funcionam não podem deixar de visitar o endereço acima. São milhares de tópicos explicando como funciona uma máquina, um óculos solar, uma reação nuclear, transplante de órgãos e muito mais. Há também as "coisas do dia", os 40 assuntos mais procurados. Sem dúvida um endereço a ser visitado.

<http://howthingswork.virginia.edu/>

Nesta página encontra-se outra

alternativa para saber como as "coisas" funcionam. É mantida por Lou Bloomfield, professor da Universidade da Virginia, USA, estando mais voltada para a discussão das propriedades físicas da matéria. Na verdade ela é a versão eletrônica, ampliada, de seu famoso livro que tem o mesmo título.

<http://es.rice.edu/ES/humsoc/Galileo>

Para quem quer saber mais sobre Galileo Galilei, esta página preparada por Albert van Helden, professor de História da Universidade de Rice, é uma boa referência. Além de fatos biográficos, pode-se ter acesso a uma crônica de sua vida, mapas do mundo conhecido naquela época, informações sobre artes e mais...

<http://www.psrc-online.org>

Physical Sciences Resource Center, ou Centro de Recursos para as Ciências Físicas, é um projeto da Associação Americana dos Professores de Física – AAPT – que proporciona uma coleção enorme de material para o Ensino de Física. Aqui também há uma seção de "como funciona", "demonstração do mês", "brinquedo do mês", "problemas do mês", e muito mais. Sem dúvida, outro site a se visitar.

Navegando na WEB



Neste número de *FnE* estaremos comentando alguns sítios que abordam a tabela periódica e explicam o funcionamento de diversas criações humanas.

<http://www.webelements.com>

Este é um sítio sobre tabela periódica e diversas informações úteis sobre o tema. Ao se escolher um elemento da tabela periódica, obtém-se dele outras informações, como por exemplo os compostos mais comuns por ele formados. Além disso, encontramos também algumas de suas propriedades físicas, estruturais e químicas. Há ainda um vínculo para a ‘Scholar Edition’, onde pode-se obter outras informações além das usuais, como a história do

elemento, como ele pode ser obtido e isolado, onde ele é usado, dados biológicos, geológicos etc. É uma tabela periódica excepcional.

<http://www.howstuffworks.com>

Os curiosos que desejam saber como as “coisas” funcionam não podem deixar de visitar o endereço acima. São milhares de tópicos explicando como funciona uma máquina, um óculos solar, uma reação nuclear, transplante de órgãos e muito mais. Há também as “coisas do dia”, os 40 assuntos mais procurados. Sem dúvida um endereço a ser visitado.

<http://howthingswork.virginia.edu/>

Nesta página encontra-se outra

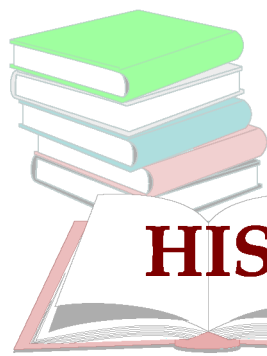
alternativa para saber como as “coisas” funcionam. É mantida por Lou Bloomfield, professor da Universidade da Virginia, USA, estando mais voltada para a discussão das propriedades físicas da matéria. Na verdade ela é a versão eletrônica, ampliada, de seu famoso livro que tem o mesmo título.

<http://es.rice.edu/ES/humsoc/Galileo>

Para quem quer saber mais sobre Galileo Galilei, esta página preparada por Albert van Helden, professor de História da Universidade de Rice, é uma boa referência. Além de fatos biográficos, pode-se ter acesso a uma crônica de sua vida, mapas do mundo conhecido naquela época, informações sobre artes e mais...

<http://www.psrc-online.org>

Physical Sciences Resource Center, ou Centro de Recursos para as Ciências Físicas, é um projeto da Associação Americana dos Professores de Física – AAPT – que proporciona uma coleção enorme de material para o Ensino de Física. Aqui também há uma seção de “como funciona”, “demonstração do mês”, “brinquedo do mês”, “problemas do mês”, e muito mais. Sem dúvida, outro site a se visitar.



Notas da HISTÓRIA DA FÍSICA no Brasil

O Instituto de Física Teórica de São Paulo

Meio Século de Física Teórica

Em um casarão cercado de árvores, situado em um terreno de 6.552 m² na Rua Pamplona, próximo à Avenida Paulista, região central de São Paulo, funciona desde sua criação o Instituto de Física Teórica de São Paulo. O IFT, como é conhecido pelos cientistas que o frequentam, completa neste ano 50 anos de atividades, iniciadas em 14 de junho de 1952.

A Fundação Instituto de Física Teórica, que manteve o Instituto até quase o final da década de 80, foi criada como Fundação de direito privado por um grupo de personalidades sob a liderança do engenheiro José Hugo Leal Ferreira, idealizador e presidente da Fundação até 1978. José Hugo veio da Bahia para o Rio de Janeiro, estudou em Colégio Militar, destacou-se entre seus colegas e fez sólidas amizades. Formou-se engenheiro pela Politécnica do Rio, porém, seu sonho era estudar Física na Alemanha, o que não pôde concretizar devido à Primeira Guerra Mundial. Seu interesse pela Ciência não esmoreceu e para concretizar seu ideal de criar um Instituto de Pesquisas, o engenheiro José Hugo contou com o importante apoio de seus colegas de Colégio Militar como o general Henrique Teixeira Lott, que foi ministro da Guerra no governo Juscelino e candidato a presidente da República em 1960.

São Paulo foi a cidade escolhida para sediar o Instituto. Os motivos para que desde o seu início a escolha

recaísse sobre a capital paulista foram, segundo o físico Jorge Leal Ferreira, pesquisador do IFT, *Primeiro porque São Paulo era o centro da época* (industrialmente falando). *Em São Paulo já existia a melhor Universidade do país, a melhor em Física. Outro argumento que me lembra é que o governo estadual, de quem se tentaria ajuda, era o governo mais rico da União.*

O IFT teve como seus instituidores o governo do Estado de São Paulo, que fez uma dotação inicial de dez milhões de cruzeiros e do mecenas Dr. Samuel Ribeiro com uma dotação de um terreno em Guarulhos, avaliado na época em 30 milhões de cruzeiros.

O Instituto sempre primou por uma administração simplificada, evitando os excessos burocráticos, de modo a permitir que seus cientistas dedicassem o máximo de seu tempo às pesquisas. A respeito do engenheiro José Hugo Leal Ferreira e de seus ideais, escreveu o cientista José Reis: *Inconformado com os emperamentos burocráticos e as dissenções*

causadas nas grandes instituições pela luta pelo poder, devotou-se à formação de um Instituto de Física Teórica capaz de refletir toda a pureza da Ciência, incontaminada por interferências políticas e administrativas. Apesar de considerar a preeminência da chamada Ciência pura, básica ou fundamental, não desmerecia qualquer outra forma de Ciência, uma vez que, para ele, o necessário era a atitude científica.

O IFT teve como modelo o Instituto Max Planck, de Göttingen, Alemanha, na época dirigido pelo eminente físico Werner Heisenberg, um dos pais da Mecânica Quântica. Por indicação de Heisenberg, o físico e filósofo alemão Carl Friedrich von Weizsäcker tornou-se o primeiro Diretor Científico do IFT, em 1952. Trouxe como seus assistentes os cientistas Wilhelm Macke e Reinhard Oehme, todos do Instituto Max Planck. O IFT contou desde o início, como parte do quadro de pesquisadores, com os brasileiros Paulo Leal Ferreira, Jorge Leal Ferreira e Paulo Sérgio de Magalhães Macedo, todos formados pela USP. Em 1954, vieram outros cientistas alemães como Gert Molière, da Universidade de Tübingen, que também foi Diretor Científico do Instituto, e seu assistente Hans Joos e Werner Güttinger, do Instituto de Tecnologia de Aachen,



Fachada do prédio do IFT, inaugurado em 1952.

também da Alemanha. Com estes cientistas, o IFT iniciou suas atividades e desenvolveu os seus primeiros trabalhos de pesquisa.

Em 1958, assumiu o cargo de Diretor Científico do IFT o cientista Mítuo Taketani, da Universidade de Rikkyo, Japão, que trouxe como assistente o físico Yasuhisa Katayama, da Universidade de Kyoto. O professor Taketani, juntamente com Yukawa (prêmio Nobel de 1949), Sakata e Tomonaga (prêmio Nobel de 1965) eram os principais expoentes da Física Japonesa do pós-guerra. Incentivados por Taketani a partir de 1958, o IFT iniciou a publicação do boletim "Informações entre físicos" que contou com a participação dos cientistas das mais variadas instituições de Física, nacionais e internacionais. Esse boletim deu origem à *Revista Brasileira de Física*, atual *Brazilian Journal of Physics*, editada no Instituto durante os seus primeiros dez anos.

Dando continuidade ao trabalho de Taketani, em 1960 vieram para o IFT os físicos japoneses Tatuoki Myazima, da Universidade de Educação de Tóquio e seus assistentes, os professores Daisuke Itô, da Universidade de Hokkaido e Jun'ichi Osada, do Instituto de Tecnologia de Tóquio.

Após cerca de oito anos tendo como Diretores Científicos cientistas estrangeiros, o IFT já havia se consolidado como Instituição Científica de nível internacional. A partir de 1962, o professor Paulo Leal Ferreira passa a ser o primeiro físico brasileiro a ocupar o cargo de Diretor Científico do IFT.

Em 1969, o Instituto foi considerado Centro de Excelência pelo Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq) e a partir de 1971 passou a oferecer cursos de mestrado e doutorado, que sempre receberam menção máxima pela CAPES. Antes disso, porém, muitos estudantes de outras instituições foram orientados

por pesquisadores do IFT. Até 2001, 86 doutores e 145 mestres foram titulados pelo IFT, muitos mantidos com bolsas do CNPq, CAPES e FAPESP, órgãos que sempre repassaram verbas para a Instituição.

Desde sua criação, passaram pelo Instituto muitos cientistas importantes, inclusive alguns Nobéis, ministrando seminários, conferências ou cursos. Seus pesquisadores participaram dos cursos das Escolas Latino Americanas (ELAFs)

iniciados no México em 1969, e também com trabalhos nas reuniões anuais da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC) e da Sociedade Brasileira de Física (SBF).

O IFT manteve, ao longo desses anos, convênios internacionais com Institutos de inúmeros países, sendo aceito a partir de 1987 como Membro Federado junto ao International Center of Theoretical Physics (ICTP) de Trieste, Itália.

Como atividade de divulgação científica, o IFT realiza os chamados Cursos de Verão, durante as férias escolares, que têm atraído estudantes dos mais variados pontos do país. Além dos seminários e colóquios semanais, no IFT também realizam-se anualmente, desde 1977, os Congressos Estudantis, que a partir de 1994 passaram a ser chamados "Congresso Paulo Leal Ferreira de Física Teórica" em homenagem ao professor Paulo Leal, que apoiou a iniciativa da criação do Congresso pelos estudantes.

A biblioteca do IFT sempre foi considerada como uma das melhores do país em sua área, com mais de 15.000 livros nas mais diversas áreas da Física Teórica, além de manter a assinatura de aproximadamente 80 periódicos.

Atualmente, o Instituto conta com um Centro de Computação com capacidade de processamento de 500 Mflops; ano a ano, o número de microprocessadores e todo o seu sistema computacional vem aumentando.

Devido às dificuldades encontradas para obter recursos dos órgãos financiadores, advindas da crise econômica da década de 80 e da ausência de uma política governamental efetiva para a Ciência, a partir de 1987 o IFT foi incorporado

à Universidade Estadual Paulista. Hoje é o IFT-UNESP, considerado um dos mais conceituados Institutos de Física Teórica do país.

O IFT é tradicionalmente local de grande efervescência científica e seus pesquisadores, muitos com experiência no exterior, estimulam com seus cursos e orientações jovens cientistas no campo da Física Teórica. O IFT é considerado como uma das mais produtivas instituições científicas do país; seus pesquisadores já publicaram mais de 500 trabalhos nas principais revistas científicas nacionais e internacionais. O corpo docente do IFT é composto por 26 pesquisadores, além de 3 professores voluntários e 2 colaboradores. Conta com 23 estudantes de mestrado, 37 de doutorado e 26 de pós-doutorado, números que têm aumentado ano a ano. Exerce atualmente o cargo de Diretor Científico o professor Bruto Max Pimentel Escobar. O Instituto desenvolve pesquisas nas áreas de Física Atômica e Molecular, Cosmologia e Gravitação, Física Nuclear, Física-Matemática, Física-Estatística, Dinâmica Não-Linear, Física da Matéria Condensada, Física de Partículas, Teoria Hadrônica e Teoria de Campos.

Pedro Carlos de Oliveira
Centro Interunidade
de História da Ciência - USP

A biblioteca do IFT sempre foi considerada como uma das melhores do país em sua área, com mais de 15.000 livros nas mais diversas áreas da Física Teórica, além de manter a assinatura de aproximadamente 80 periódicos

Como atividade de divulgação científica, o IFT realiza os chamados Cursos de Verão, durante as férias escolares, que têm atraído estudantes dos mais variados pontos do país



Problemas Olímpicos

Soluções do Número Anterior

1 Divida a placa paralela em k fatias finas, cada uma com a mesma espessura e com suas superfícies paralelas às superfícies planas da placa. Se k for muito grande, cada fatia pode ser considerada como tendo um índice de refração constante, característico daquela fatia.

Considere a superfície entre as camadas k e $k + 1$. Neste caso

$$n_k \sin i_k = n_{k+1} \sin r_{k+1},$$

que é verdade para qualquer valor de k . Desta forma, com o raio refratado por uma camada será o raio incidente na próxima camada,

$$n_A \sin i = n_1 \sin r_1 = n_1 \sin i_1 = n_2 \sin r_2 = n_2 \sin i_2 = \dots = n_{k-1} \sin i_{k-1} = n_B \sin r$$

e portanto $n_A \sin i = n_B \sin r$.

2 Como o sistema é fechado, vemos que seu momento é nulo. Sendo ainda $m_1 = 3m_2$,

$$m_1 \vec{v} + m_2 (-3\vec{v}) = 0$$

O fato de o momento total ser nulo significa que o centro de massa não se move. Para o caso de um sistema de duas partículas, o centro de massa está não só está localizado na linha que conecta os dois corpos como divide este segmento na razão inversa de suas massas. Primeiro desenhamos a linha AB conectando as duas partículas no instante em que $\vec{v}_{m_2} = -3\vec{v}_{m_1}$. Dividimos então este segmento em quatro partes iguais. Um quarto deste segmento, medido a partir da partícula

1 localiza o centro de massa do sistema que está em repouso. Qualquer ponto da trajetória da primeira partícula, por exemplo, o ponto A_1 , pode ser conectado por um segmento de reta passando pelo centro de massa. A posição da partícula 2 estará, portando, neste instante, a uma distância $OB_1 = 3A_1O$. Repetindo este procedimento podemos traçar a trajetória da partícula 2, como mostrado abaixo.

3 Como os componentes estão ligados em série, uma mesma corrente flui tanto no capacitor como na bobina. Resulta então que a voltagem entre eles tem oposição de fases. Segue daí que a diferença destas voltagens é igual à voltagem da fonte de tensão. Isso ocorrerá quando $V_c = 0$ (capacitância infinitamente grande) ou quando $V_c = 440$ V. Neste último caso a impedância capacitiva do capacitor será o dobro da impedância indutiva da bobina

$$\frac{1}{\omega C} = 2\omega L$$

resultando em (lembre-se que $\omega = 2\pi f$)

$$C = \frac{1}{2\omega^2 L} = \frac{1}{8\pi^2 f^2 L} = 5 \mu F$$

O valor da capacitância perigoso corresponde ao caso quando as impedâncias indutiva e capacitiva forem iguais, $C_{\text{proibido}} \sim 10 \mu F$, quando o sistema entra em ressonância. Na ressonância a resistência de um circuito RC tende a zero, o que acarretará uma corrente infinita no circuito.

.....

Seleção e tradução:

José Evangelista Moreira

Departamento de Física, Universidade Federal do Ceará
E-mail: ita@fisica.ufc.br

.....

José Pedro Rino

Departamento de Física, Universidade Federal de S. Carlos
E-mail: djpr@df.ufscar.br

.....

Esta seção apresenta problemas desafiadores que têm sido propostos em olimpíadas, gincanas e livros e comenta a solução dos mesmos.

4 A explicação popular de como o forno de microondas funciona baseia-se no efeito da ressonância da água. Os fornos de microondas comerciais operam em geral na frequência de 2450 MHz com comprimentos de onda de 12.2 cm. No entanto as curvas de absorção da água não mostram nenhuma ressonância nesta frequência. Na verdade se houvesse uma forte ressonância, não haveria penetração da radiação e o corpo só iria ser aquecido na superfície. Lembre-se que manteiga também derrete em um microondas.

O cozimento por microondas ocorre por absorção da radiação de microondas pelo corpo. Um feixe paralelo e monocromático de radiação é atenuado em um meio homogêneo de uma distância x de acordo com

$$I = I_0 e^{-\alpha x},$$

sendo α o coeficiente de absorção do meio. I é a densidade de potência (potência por unidade de área) e I_0 a densidade de potência em $x = 0$. A taxa de deposição de energia (por unidade de volume) no meio é a derivada espacial da densidade de potência, também chamada de fluxo divergente:

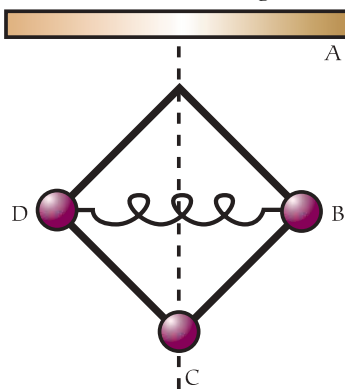
$$\alpha I e_0^{-\alpha x}$$

Escolhendo uma frequência na qual α é grande claramente não é uma boa estratégia, pois resultará em uma taxa de aquecimento grande somente na superfície do corpo. Para permitir um aquecimento mais ou menos uniforme deve-se escolher uma frequência em que $\alpha x \approx 1$. Aqui x é um comprimento característico (o maior) do corpo (comida) a ser esquentado. Desta forma, a frequência ótima é aquela na qual α para a água é $1/x$, onde x é a espessura da comida.

Novos problemas

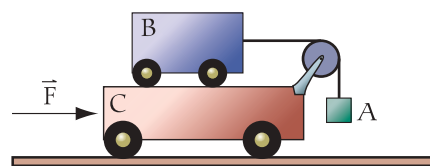
1 Oscilação de um paralelogramo: o diagrama abaixo mostra um paralelogramo formado por quatro varetas rígidas e leves de comprimento L e uma mola, também leve, de comprimento $2L$. As varetas estão conectadas por pequenas bolas idênticas e massivas. As varetas são articuladas de modo que os ângulos internos do paralelogramo podem variar. Na situação de equilíbrio, o paralelogramo forma um quadrado. Ache o período de pequenas oscilações deste sistema quando o ponto C move-se ao longo da linha vertical.

Quantum
Julho/Agosto 1995



2 O sistema mecânico desenhado abaixo consiste de 3 corpos tendo massas $m_A = 0.3$ kg, $m_B = 0.2$ kg e $m_C = 1.5$ kg.

Uma força F agindo no carro C é grande o bastante para que os carros A e B mantenham-se em repouso relativamente ao carro C, isto é, todos os três carros têm a mesma aceleração.



Determine:

- a tensão na corda
- a aceleração do carro A, B e C
- a magnitude da força F .

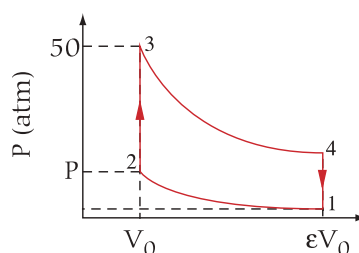
Obs: o atrito e o momento de inércia da roldana são desprezíveis.

III OIF

Czechoslovákia 1969

3 A razão de compressão de uma máquina de combustão interna de quatro tempos, ϵ , é igual a 9.5. A máquina recebe ar e gás combustível a uma temperatura de 27°C , tendo um volume V_0 e pressão de 1 atm ou 100 kPa. O volume é então comprimido adiabaticamente do estado 1 até o estado 2 (veja figura).

A mistura de combustível sofre ignição causando uma explosão que dobra o volume (estados 2-3), movendo então o pistão para o estado 3. Do estado 3 para o 4, a mistura gasosa sofre nova expansão adiabática até



que o volume atinja $9.5 V_0$ e a válvula de exaustão no cilindro é aberta permitindo que a pressão no cilindro retorne a 1 atm.

(Razão de compressão ϵ é a razão entre os volumes máximos e mínimos do cilindro, e $\gamma = C_p/C_v = 1.4$).

Determine:

- a pressão e a temperatura da mistura gasosa nos estados 1, 2, 3 e 4.
- a eficiência térmica do ciclo.

X OIF

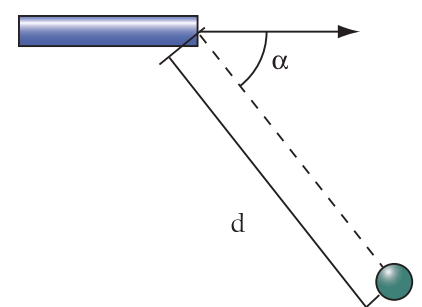
Czechoslovakia 1977

4 Um canhão de elétrons, C, emite elétrons acelerados por uma diferença de potencial $U = 1000$ V ao longo da direção mostrada na figura. Queremos que os elétrons saindo do canhão C atinja um alvo M que está em uma direção que faz um ângulo α com a direção do feixe e está a uma distância d do canhão C.

Dado que $d = 5$ cm, determine a componente do campo magnético uniforme perpendicular ao plano da figura.

X OIF

Czechoslovakia 1977





Desvendando a Física!

Soluções do número anterior

Ação e reação (p. 38): Resposta (d)

É verdade, a força que o cavalo exerce sobre a charrete é a mesma que

a charrete exerce sobre o cavalo, mas estamos interessados na aceleração e não na força. A aceleração de um objeto depende da sua massa assim como depende da força. Bem, quem tem massa maior, o cavalo ou a charrete? Não importa, porque o cavalo está ligado à Terra através dos cascos. Assim, efetivamente, uma força puxa a carroça e uma reação igual e oposta puxa o cavalo E A TERRA. Para puxar para trás o cavalo também é necessário puxar para trás toda a Terra maciça, enquanto a charrete, sendo menos maciça que a Terra, move-se muito mais facilmente. Enquanto a charrete move-se para a frente, toda a Terra move-se UM POUQUINHO para trás. Sabe quanto? Cerca de 10^{-23} m...

Uma explicação mais detalhada em termos das forças aplicadas no cavalo e na charrete pode ser encontrada em *Leituras de Física – Mecânica* (GREF), (2001) p. 75.

Numa noite fria (p. 38): Resposta (c)

As malhas estão em série. Ou seja, o calor deve atravessar ambas as malhas antes de escapar. Calor flui de lugares quentes para lugares frios do mesmo modo que eletricidade flui de altas para baixas voltagens. Isolantes térmicos em série funcionam como resistências elétricas em série, não importando a ordem em que estão dispostos.

Problemas adaptados de *Thinking Physics*, Lewis Carroll Epstein, Insight Press, San Francisco (1979).

Absorvendo Calor

Objetivo

Mostrar como funciona a absorção de luz (e calor) por um objeto e como a absorção pode variar de acordo com a cor do objeto.

Material

- isopor;
- canetas coloridas;
- lupa.

Procedimento

Em um dia de sol, tente queimar um pedaço de isopor com o auxílio de uma lupa. Nada acontecerá.

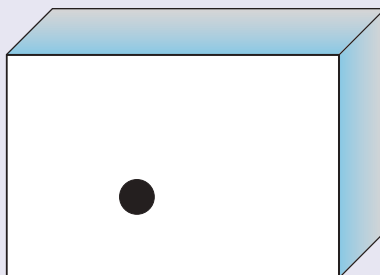
Desenhe um ponto preto no iso-



por e tente outra vez. Repita o procedimento para outras cores.

Observe que...

A absorção de luz e portanto de calor varia conforme a cor do objeto iluminado. Um objeto é branco pois



reflete todas as cores. Assim a quantidade de energia absorvida pelo isopor é pequena. No entanto, após ser colorido de preto ele derrete, pois a cor preta absorve todas as cores "contidas" na luz solar.

Tópicos de discussão

- cores;
- absorção e reflexão;
- foco de lentes convergentes;
- radiação e calor.

Marcelo M.F. Saba
Clube de Ciências Quark
S. J. Campos - SP