
“ENSINAR A PENSAR” EM FÍSICA – DOIS EXEMPLOS DE APLICAÇÃO DAS OPERAÇÕES DE PENSAMENTO DE LOUIS RATHS

Walter Borin Fuzer

E. Pastor Dohms

Porto Alegre – RS

I. Introdução

Nas aulas de física é recomendável que se dê ao aluno a oportunidade para exercitar seu pensamento e para descobrir relações entre grandezas físicas ^(1,2,10). Infelizmente, a rotina de muitas aulas se restringe a fazer o aluno acreditar em “fórmulas mágicas” e trabalhar mecanicamente.

Motivar o aluno para exercitar seu pensamento não requer, ao contrário do que se poderia pensar, uma carga horária maior e um laboratório sofisticado. O tempo necessário para trabalhar um conteúdo usando a técnica da descoberta é o mesmo que e gasto numa aula tradicional, com vantagens na aprendizagem e no crescimento do aluno como pessoa capaz de melhor usar seu cérebro. Quanto ao laboratório, está demonstrado que com materiais baratos e comuns pode-se realizar boas atividades experimentais ^(7,8,13,14). Por outro lado, pode-se usar fotografias estroboscópicas que aparecem em muitos livros de física e que, geralmente, não são devidamente exploradas ^(3,4,6,11).

Os exemplos a seguir estão dentro de uma série de atividades que são realizadas na disciplina de Física, na Escola Pastor Dohms, em Porto Alegre, com o objetivo de:

- ensinar o aluno a pensar, seguindo as operações de pensamento de Louis Raths⁽¹⁾ e;
- tornar a aprendizagem mais concreta pela participação efetiva do aluno na descoberta do conteúdo.

Algumas destas experiências são bastante conhecidas. A grande diferença (e vantagem, em nosso entendimento) está na abordagem. O experimento é usado na aquisição de conteúdo e não na verificação ou comprovação dele.

Exemplo 1 - Movimento Retilíneo Uniforme

(A) Comentários iniciais

Nesta atividade é usada uma fotografia estroboscópica, extraída de um livro de física de 2º grau ⁽⁵⁾ no qual ela é apenas apresentada, sem ser explorada como meio de aprendizagem do conteúdo.

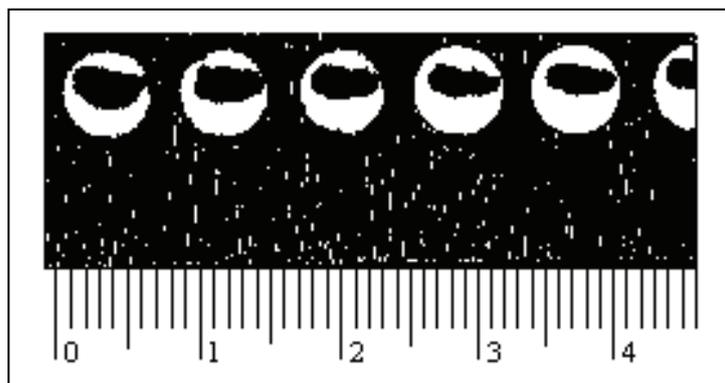
A fotografia é usada como ponto de partida para um roteiro em que o aluno, numa seqüência de operações de pensamento ⁽¹⁾, descobre as relações entre as grandezas físicas.

Sugerimos que esta atividade seja precedida por experiências qualitativas sobre movimentos, usando marcador de tempo do PSSC ⁽¹²⁾, por exemplo, para que o estudante se familiarize com os diferentes tipos de movimentos. Contudo, nenhuma aula teórica sobre este conteúdo deve ser ministrada antes. São requisitos os conceitos de origem, posição, velocidade e aceleração. Noções sobre gráficos, se os alunos não souberem, devem ser dadas antes desta atividade.

Os dados coletados por um grupo de alunos foram colocados para ilustrar o exemplo.

(B) Roteiro para o aluno

1. a) Verifique na figura uma origem para o movimento. Utilize uma régua para comparar a posição do corpo com a escala da fotografia. A partir de onde é melhor medir: do início, do centro ou do final do corpo?

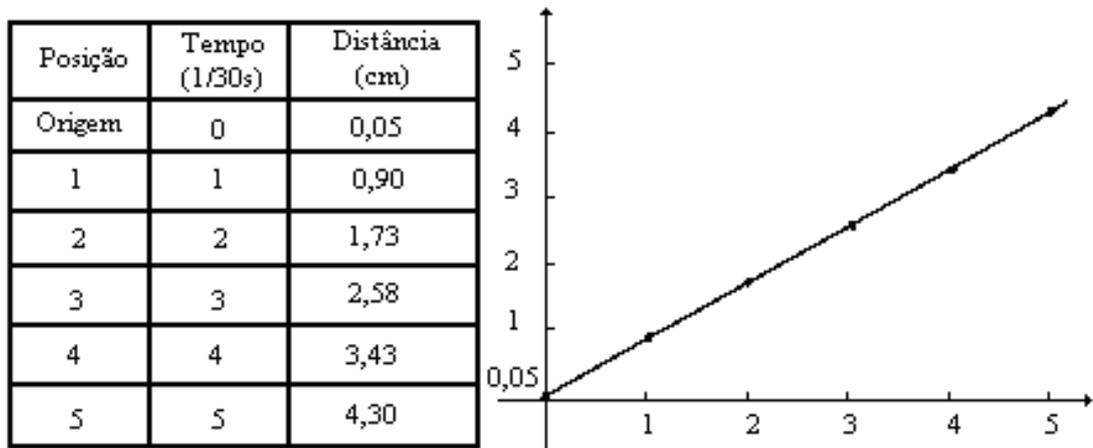


A figura é uma fotografia estroboscópica do movimento de um corpo. A seqüência de fotos foi registrada numa mesma chapa fotográfica, num intervalo de tempo de 1/3 segundos. Ela registra, pois, diversas posições (instantâneas) de um mesmo corpo. Considere que a escala apresentada é dada em centímetros.

b) Meça, usando a escala da figura, a posição ocupada pelo corpo em cada instantâneo. Disponha os dados na tabela abaixo.

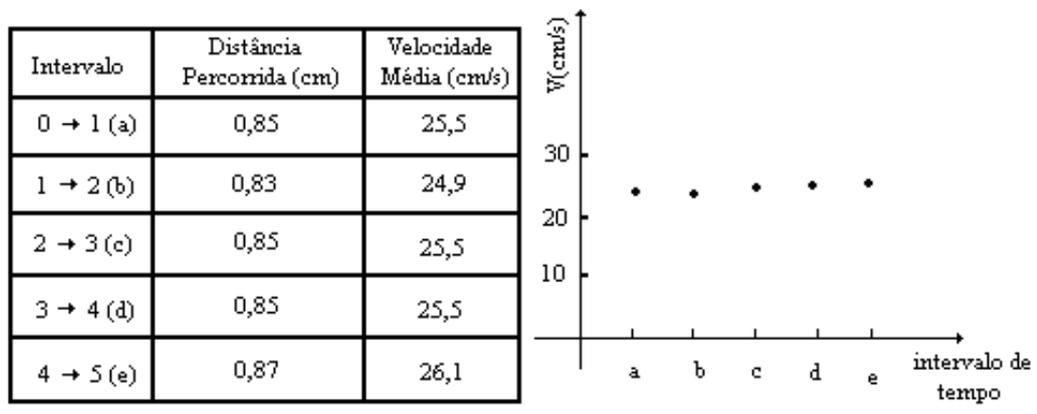
c) No espaço a seguir, construa um gráfico de DISTÂNCIA X TEMPO. Qual das experiências realizadas anteriormente apresentou um gráfico semelhante? (+)

(+) Refere-se a experiências qualitativas de movimentos realizadas antes desta atividade com um marcador de tempo tipo campainha do PSSC^(10,12), no qual o movimento fica registrado em fita de papel.



d) Com o auxílio da tabela acima, determine a distância percorrida pelo corpo de um tempo para outro e calcule a velocidade média em cada intervalo. Disponha os dados na tabela abaixo.

e) Construa um gráfico VELOCIDADE MÉDIA (cm/s) X TEMPO (s).



2- Consultando a foto, as tabelas e os gráficos, escreva três características para o Movimento Retilíneo Uniforme:

- I-
- II-
- III-

3- A partir do gráfico DISTÂNCIA X TEMPO, determine a equação da reta: O eixo y representa que grandeza?

O eixo x representa que grandeza?

Então, o que representa a inclinação da reta?

Como você escreveria uma equação para o Movimento Retilíneo Uniforme?

(C) Comentários finais

Após os alunos concluírem todas as etapas, deve ser feito um fechamento da atividade, em grande grupo, coordenado pelo professor, para sanar as dúvidas ainda existentes. Nesta etapa, os próprios alunos devem colocar para o grande grupo as suas conclusões. O professor deve interferir apenas para mediar divergências, corrigir erros conceituais e, no final, para fazer seu comentário a respeito dos conteúdos trabalhados. Desta forma, os alunos têm a oportunidade de exercitar seu pensamento e descobrir conteúdos numa aula diferente.

Esse é um exemplo dos mais simples desta técnica e que pode ser aplicado em qualquer escola de 2º grau. À medida que o aluno vai progredindo no curso, roteiros mais elaborados e que solicitem operações de pensamento mais complexas, como PLANEJAMENTO DE PROJETOS OU PESQUISAS, podem ser utilizados.

Exemplo 2 - Estudo dos Gases

(A) Comentários iniciais

O estudo dos gases pode ser uma unidade interessante e instrutiva ou chata e mecânica para os alunos, dependendo da abordagem utilizada. Neste exemplo, uma unidade inteira é desenvolvida a partir do laboratório.

O aluno recebe uma breve informação na introdução do roteiro, mas as equações e as leis dos gases são deduzidas a partir das experiências. Nenhuma aula teórica é dada antes. No roteiro existem espaços em branco após “OBSERVAÇÕES”. Nesta parte, depois das conclusões dos alunos, o professor faz alguns comentários sobre os resultados obtidos, diz o nome que recebe a relação encontrada, etc. O espaço é deixado em branco para que o aluno não fique sugestionado ao realizar as análises da experiência. Também são apresentadas questões para que os alunos reflitam a respeito do experimento, com o objetivo de que o aluno faça a atividade conscientemente e não de forma mecânica.

(B) Roteiro para o aluno

I) Introdução

Os gases são compostos que se encontram num estado no qual suas moléculas estão separadas umas das outras. Essas moléculas estão em constante e desordenado movimento. Dessa forma elas colidem entre si e contra as paredes do recipi-

ente que as envolvem. São esses choques microscópicos contra as paredes do recipiente que causam o que chamamos de PRESSÃO.

As características físicas de um gás são estabelecidas através do VOLUME que ocupa, da sua TEMPERATURA e da PRESSÃO que ele faz.

Essas três grandezas constituem as VARIÁVEIS DE ESTADO de um gás. Nas experiências que vamos realizar a seguir, procuraremos determinar a relação entre as variáveis de estado. Quando uma grandeza variar, o que acontecerá com as outras? O experimento e a análise dos resultados responderão essa pergunta.

II) Relação entre a pressão e o volume de um gás

1- Introdução

Nesta experiência procuraremos determinar a dependência entre a pressão e o volume de um gás, mantendo fixa a sua temperatura.

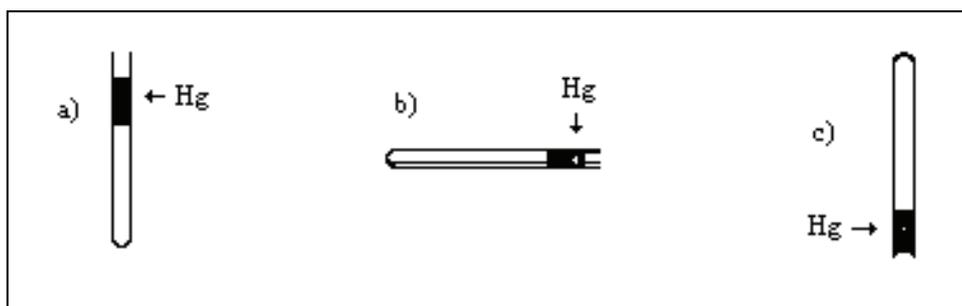
TENHA MUITO CUIDADO AO MOVIMENTAR O TUBO DE VIDRO! Não faça movimentos bruscos e movimente-o lentamente para que a coluna de mercúrio não se rompa e/ou caia fora do tubo.

2- Material

Tubo de vidro com extremidade fechada e com uma coluna de mercúrio e; régua.

3- Procedimento

a) Coloque o tubo de vidro na posição vertical e com a abertura para cima. Meça o volume ocupado pelo gás confinado no tubo. Anote os dados na tabela abaixo.



Qual será a pressão do gás? (procure analisar quem está fazendo pressão no gás.)

b) Deite lentamente o tubo e coloque-o na horizontal sobre a mesa. Meça o volume ocupado pelo gás.

*A determinação da pressão pode ser feita como segue:

a) $P_{\text{atm}}(\text{mmHg}) + P_{\text{Hg}}(\text{mmHg})$ (esta última pode ser medida com uma régua);

b) somente P_{atm} ;

d) $P_{\text{atm}} - P_{\text{Hg}}$.

Qual é a pressão do gás neste momento?

d) Agora, vire lentamente o tubo de tal modo que a abertura fique para baixo. Com cuidado, meça o volume ocupado pelo gás. Qual é, nesta situação, a pressão do gás?

Disponha os dados das medidas a, b, c na tabela abaixo:

MEDIDAS	a	b	c
VOLUME DO GÁS (cm^3)	22,4 x Área	24,7 x Área	27,9 x Área
PRESSÃO DO GÁS (mmHg)	840	760	680

NOTA: Os dados apresentados foram coletados por um grupo de alunos. O “gás” utilizado é o próprio ar. No volume, mediu-se apenas a altura, uma vez que a área do tubo é constante.

e) Como a relação entre duas variáveis pode ser diversa, podemos usar a análise gráfica para descobrir qual é a relação correta. Para isso, vamos construir alguns gráficos de PRESSÃO em função de FUNÇÕES DO VOLUME. Aquele que apresentar uma relação direta será o da relação procurada.

Na tabela abaixo, coloque o resultado de $1/V$ e de V^2 para cada medida.

MEDIDAS	a	b	c
P	840	760	680
$1/V$	0,045	0,040	0,036
V^2	502	610	778

f) Com as tabelas dos procedimentos c e d, construa os gráficos:

1. $P \times V$

2. $P \times 1/V$

3. $P \times V^2$

g) Em qual dos gráficos o resultado é uma proporção direta?

Logo, a pressão é proporcional à função do volume que está representada no eixo horizontal.

h) OBSERVAÇÕES ⁽⁺⁾

i) Questões para reflexão:

1. O que acontece com o volume do gás quando a pressão aumenta?

2. Qual seria o volume do gás para uma pressão de 1500 mmHg? (Aproximadamente 2 atmosferas.)

3. Qual seria o volume do gás se a pressão fosse nula?

III) Relação entre a temperatura e o volume de um gás

1- Introdução

Nesta experiência, manteremos fixa a pressão e procuraremos determinar a relação existente entre a temperatura e a pressão de um gás.

2- Material

Tubo de vidro com uma extremidade fechada e com uma coluna do mercúrio; régua; Becker grande; termômetro; ebulidor.

3- Procedimento

a) Coloque o tubo de vidro dentro do recipiente com água. Determine, através do termômetro, que também deverá ser colocado na água, a temperatura inicial do sistema. Meça o volume inicial do gás e anote os dados na tabela a seguir.

b) Coloque o ebulidor na água e ligue-o na tomada. Verifique a elevação de temperatura. Quando a temperatura subir cerca de 15 a 20 graus Celsius, anote a temperatura e meça o volume do gás. CUIDADO! A medida do volume deve corresponder à temperatura anotada. Você pode dividir tarefas com os outros colegas ou, como a temperatura sobe rápido, desligar o ebulidor por alguns instantes.⁽⁺⁾ Em nenhum momento, durante as medidas, retire o termômetro da água.

c) Repita o procedimento (b) para mais alguns intervalos de temperatura. Use o mesmo intervalo de temperatura do procedimento anterior. Faça as leituras com cuidado e precisão. Disponha Os dados na tabela abaixo:

(+) No item *observações* é deixado um espaço em branco, no roteiro do aluno, onde o professor complementa com o nome da transformação, nome da lei (Lei de Boyle, no caso) e faz a análise matemática do resultado ($pV = \text{constante}$, neste caso).

(+) É conveniente que o tubo com o gás esteja preso a uma escala. Caso contrário, deve-se recomendar aos alunos que a medida do volume seja realizada com uma régua, sem retirar o tubo da água.

MEDIDAS	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª
TEMPERATURA (C°)	31,2	46,0	62,0	76,0	91,0
VOLUME (cm³)	23,3 x Área	24,1 x Área	24,9 x Área	25,8 x Área	26,4 x Área

d) Do mesmo modo que na experiência anterior, para determinarmos a relação entre volume e temperatura, construiremos gráficos do VOLUME em função de FUNÇÕES DE TEMPERATURA. Como a escala de temperatura usada é relativa, devemos transformar estes dados para a escala absoluta. Complete a tabela abaixo:

MEDIDAS	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª
VOLUME (cm³)	23,3 x Área	24,1 x Área	24,9 x Área	25,8 x Área	26,4 x Área
T (K)	304,2	319,0	335,0	349,0	366,0
1/T (K⁻¹)	0,0033	0,0031	0,0030	0,0029	0,0027
T² (K²)	92537	101761	112225	121801	132496

e) Com o auxílio da tabela acima, construa os gráficos:

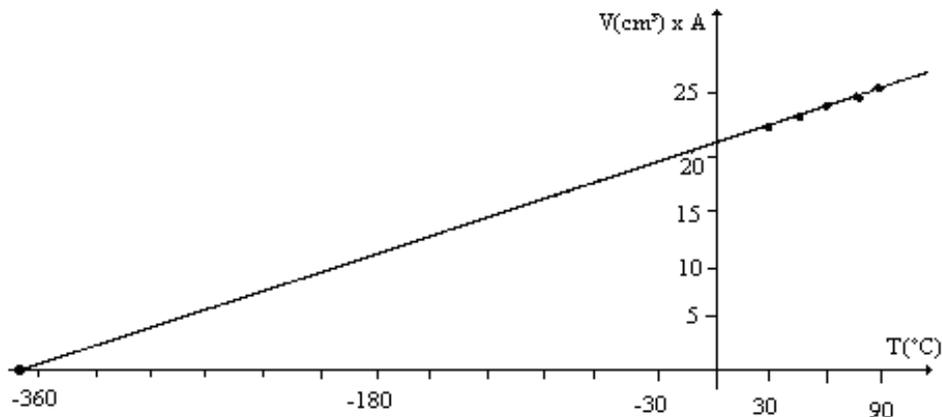
1. $V \times T$
2. $V \times 1/T$
3. $V \times T^2$

f) Em qual dos gráficos a relação foi diretamente proporcional?

O volume será proporcional à função da temperatura que está representada no eixo horizontal deste gráfico.

g) OBSERVAÇÕES

h) Construa o gráfico abaixo, do volume em função da temperatura, em graus Celsius, e projete a reta até encontrar o eixo da temperatura. Para qual temperatura o volume seria zero? Compare o seu gráfico com os gráficos dos colegas de outros grupos.



i) Questões para reflexão:

1. Determine o coeficiente de dilatação volumétrica do gás deste experimento. Use seus conhecimentos sobre dilatação.
2. Por que a pressão do gás nesta experiência não variou?
3. O que acontece com o volume do gás, à medida em que a temperatura aumenta?
4. Qual seria o volume deste gás para uma temperatura de 200 °C?

IV) Relação entre a pressão e a temperatura de um gás

1- Introdução

Nesta experiência vamos procurar determinar a relação entre a pressão do gás e a sua temperatura.

2- Material

Tubo de vidro com gás (sem mercúrio); manômetro (tubo em U com mercúrio); régua; mangueiras; termômetro; ebulidor; corpo Becker grande ou cuba com água.

3- Procedimento

a) Coloque o tubo de vidro dentro do Becker com água e ligue-o, através de uma mangueira, ao manômetro que deverá estar próximo ao Becker.

Meça a temperatura do sistema. Qual será a pressão do gás neste momento? (Observe no manômetro quem faz pressão de cada lado.)

b) Ligue o ebulidor e, procedendo de maneira semelhante à experiência anterior, desligue-o sempre que a temperatura subir 15 ou 20 graus Celsius, anotando a correspondente pressão. Realize, no mínimo, quatro medidas. Disponha os dados na tabela abaixo:

MEDIDAS	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª
PRESSÃO (mmHg)	798,0	805,0	810,0	816,5	825,0
TEMPERATURA (°C)	18,0	38,0	58,0	78,0	98,0

c) Transforme a temperatura medida para a escala Kelvin e complete a tabela abaixo:

MEDIDAS	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª
PRESSÃO (mmHg)	798,0	805,0	810,0	816,5	825,0
TEMPERATURA (K)	291,0	311,0	331,0	351,0	371,0
1/T (x10 ⁻³) (K ⁻¹)	34	32	30	28	26
T ² (K ²)	84681	96721	109561	123201	137641

d) Com o auxílio da tabela acima, construa os gráficos a seguir:

1. P x T
2. P x 1/T
3. P x T²

e) Observando os gráficos, qual é a relação entre a pressão e a temperatura do gás?

f) OBSERVAÇÕES

g) No espaço a seguir, construa um gráfico da pressão em função da temperatura em graus Celsius. Prolongue a reta até o eixo da temperatura. Observe o ponto em que isso acontece. Compare esse ponto com o obtido na experiência anterior.

h) Questões para reflexão:

1. O volume do gás pode variar livremente? Por quê? Ele pode ser considerado constante?

2. O que acontece com a pressão do gás, à medida que a temperatura aumenta?
3. Qual seria a pressão do gás para uma temperatura de 200°C?
4. A que temperatura absoluta o gás teria pressão nula?

(C) Comentários finais

Após a realização da etapa anterior, o professor reúne a turma em grande grupo e cada um coloca as suas conclusões. Partindo dos resultados obtidos, o professor deve levar os alunos à dedução da equação geral dos gases. Nesta etapa de fechamento, deve ser esclarecida a limitação das leis e definido o gás ideal.

A partir disso, o professor pode explorar as características de um diagrama $P \times V$, continuar o conteúdo com ciclos, máquinas térmicas, etc. O importante é que, após esta unidade, o aluno cresceu em conteúdos, habilidades e, principalmente, foi agente desse crescimento.

II. Conclusões

No nosso entendimento, o objetivo da Física no 2º grau é proporcionar uma visão da natureza ao cidadão, de tal modo que ele possa interpretar fatos e circunstâncias que surgirão em sua vida, de uma maneira mais científica.

Observa-se que o aluno, após passar por atividades semelhantes às descritas nos exemplos acima, adquire uma melhor capacidade de enfrentar situações novas e diversas que são colocadas em testes e provas.

A avaliação, neste tipo de trabalho, não pode seguir os parâmetros tradicionais⁽¹⁵⁾ com questões que envolvem apenas aplicações de fórmulas. Se o aluno foi desafiado a pensar, de uma maneira consciente e planejada, as provas devem seguir a mesma orientação. Questões que envolvem a interpretação dos resultados encontrados no laboratório, apresentação de situações reais para interpretação física, com base no que foi estudado, devem constar em avaliações, pois toda avaliação deve ser coerente com os objetivos.

Em dois anos desenvolvendo este tipo de trabalho na disciplina de Física da Escola Pastor Dohms, realizamos as seguintes constatações:

a) No início da 1ª série os alunos apresentam alguma resistência ao trabalho de fazer, analisar, pensar, descobrir. Geralmente os alunos estão acostumados a receber o conhecimento pronto e acabado. Com isto, eles sentem dificuldades com a mudança de método. O professor não deve desanimar, precisa ter paciência e começar com atividades mais simples, como a descrita no exemplo 1.

b) Com o passar do tempo, os alunos se acostumam com o método e o trabalho se desenvolve mais rápido. A assimilação do método pelos alunos se dá mais

rápida quando outros professores, de outras disciplinas, também desenvolvem atividades de incentivo ao pensamento de maneira sistemática e organizada.

c) Na 2ª série, os alunos já apresentam um desenvolvimento acentuado das habilidades envolvidas. Eles encaram o laboratório com prazer e não como “matéria de aula”. As notas das provas crescem, mesmo com o crescimento do nível de dificuldades (existem mais questões de interpretação e análise). Os alunos gostam cada vez mais das aulas. Num conselho de classe, em que os alunos estavam presentes, uma turma da 2ª série colocou que as aulas de física são as que eles mais gostam. Isso foi surpreendente, pois, geralmente, a Física é um dos horrores do 2º grau.

Este é um tipo de trabalho que exige um maior preparo e dedicação por parte do professor. Para o aluno, é necessária uma maior concentração e participação nas aulas. É um trabalho extremamente gratificante. Quero incentivar os meus colegas a realizarem atividades que proporcionem o desenvolvimento do pensamento de maneira sistemática e organizada. Os resultados compensam.

III. Agradecimentos

Ao professor Rolando Axt, do Instituto de Física da UFRGS, e à professora Lia Kappel, Orientadora Pedagógica da Escola Pastor Dohms, pelas sugestões e incentivo a este trabalho.

À Direção da Escola Pastor Dohms por possibilitar e incentivar o desenvolvimento da “Pedagogia do Envolvimento” em nossa Escola.

Referências bibliográficas

1. RATHS, L. Ensinar a pensar. São Paulo, EPU, 1977.
 2. RENNER, J.W., ABRAHAM, M.R. & BIRNIE, H.H. Secondary School students' beliefs about the physics laboratory. Science Education, 69 (5): 649-63, 1985.
 3. CALÇADA, C.S. & SAMPAIO, J.L. Física clássica - cinemática. Atual, 1985.
 4. PARADA, A.A. & CHIQUETTO, M.J. Física. São Paulo, Scipione, 1985. v. 1.
 5. NICOLAU, TOLEDO, IVAN. Aulas de física. Atual, 1979.
 6. NETO, L.G. Física. São Paulo, FTD. v. 1.
 7. AXT, R. & GUIMARÃES, V.H. Projeto equipamento para escolas de nível médio - guia do professor - 1º cad. IFUFRGS, 1982. [Edição interna].
- Projeto equipamento para escolas de nível médio - guia do professor - 2º cad. IFUFRGS, 1983. [Edição interna].
- BUCHWEITZ, B. & AXT, R. Projeto equipamento para escolas de nível médio - guia do professor - 3º cad. IFUFRGS, 1985. [Edição interna].

8. Caderno Catarinense de Ensino de Física. Diversos números. Seções Laboratório Caseiro e Demonstre em Aula. Florianópolis, 1986 e 1987.
9. ALVARENGA, B. & MÁXIMO, A. Curso de física. São Paulo, Harbra, 1986.
10. STEFFANI, M.H. Física para secundaristas. IFRGS. [Edição interna]
11. Physical Science Study Committee - PSSC. São Paulo, Edart, 1976. v. 1 a 4.
12. Physical Science Study Committee - PSSC. Guia para laboratório - parte 1. São Paulo, Edart, 1976.
13. AXT, R., GUIMARAES, V.H. & LIVI, F.P. O ensino de laboratório e a questão do equipamento: aquisição de pacotes ou desenvolvimento local? Ciência e Cultura, 34(12), 1982.
14. AXT, R. & GUIMARAES, V.H.. O ensino experimental de Física em escolas de nível médio: uma tentativa de viabilizá-lo. Ciência e Cultura, 37(1), 1985.
15. SANTOS, A., MOREIRA, M.A. & LEVANDOWSKI, C. Influência do instrumento na avaliação da aprendizagem de laboratório em Física. Cad. Cat. Ens. Fis., Florianópolis, 3(3): 122-33, 1986.

JÁ LHE PERGUNTARAM...

...por que motivo o congelamento dos lagos não se dá integralmente, desde a superfície até o fundo?

Normalmente, responde-se a essa questão baseando-se somente no comportamento anômalo da água, que atinge sua densidade máxima a uma temperatura de 4°C. Na verdade, este comportamento é um dos fenômenos que ocorrem no processo de resfriamento da água dos lagos. Durante o mesmo, teremos, no lago, correntes térmicas de convecção, as quais cessarão quando a água atingir a temperatura de 4°C. Mantido este processo, com a temperatura ambiente inferior a 0°C, teremos o congelamento da superfície do lago. O gelo, sendo mau condutor térmico, evita o resfriamento rápido da água abaixo da camada de gelo da superfície.

O resfriamento a temperaturas inferiores abaixo de 0°C, por um tempo muito grande, sem dúvida, levará ao congelamento integral da água do lago. Na prática isto não ocorre nas regiões polares porque a temperatura ambiente não é mantida abaixo de 0°C por tempo suficiente para congelar toda a água do lago. (João José Piacentini, Depto de Física, UFSC)