

F 609 – Tópicos de Ensino de Física

RELATÓRIO FINAL

Universidade Estadual de Campinas



DETERMINAÇÃO DA PRESSÃO INTERNA DE LÂMPADAS FLUORESCENTES

Aluno: Igor Luiz Mesquiari RA: 001818

E-mail: igorfismed@yahoo.com.br

Orientador: Professora Doutora Elisabeth Barolli

Coordenador da disciplina: Professor Doutor José Joaquim Lunazzi

Advertência: O experimento deve sempre ser realizado com o acompanhamento de um profissional qualificado por ser perigoso a manipulação da lâmpada fluorescente, ela pode explodir espalhando estilhaços. E sempre lembrar que as lâmpadas fluorescentes apresentam grande potencial poluidor do meio ambiente e impactante à saúde humana.

Comentário do coordenador: “Ao chegar na pressão atmosférica após a quebra da lâmpada, o mercúrio só pode estar presente em seu estado líquido e ficaria em algum lugar do vasilhame. Os cuidados para seu despejo então precisam ser definidos, mas não é diferente do caso do despejo de um termômetro clínico como os que usamos, comprados em farmácia. Ingerir mercúrio é ingerir veneno!”.

Descrição do projeto:

Neste trabalho propõe-se determinar a pressão interna do gás no interior de uma lâmpada fluorescente, também conhecida como lâmpada de mercúrio de baixa pressão, de uma maneira simples e de baixo custo. A proposta é constituir um arranjo experimental simples que pode ser interessante para alunos do ensino básico no que diz respeito aos conteúdos de Hidrostática e Comportamento de Gases e até mesmo no ensino fundamental para introdução de noções de pressão.

Importância didática do trabalho

Este trabalho busca corresponder às atuais tendências para o ensino de Hidrostática e Comportamento dos Gases, que apontam para um ensino crítico, contextualizado, que leva em consideração a evolução histórica dos conceitos científicos. Para tanto se utilizou o tema lâmpadas fluorescentes, como motivador no processo de ensino-aprendizagem do conceito de pressão. Conclui-se que apesar das dificuldades ainda existentes, um ensino que fomenta uma maior interação entre o objeto de estudo e o cotidiano, em que o processo de construção/reconstrução dos conhecimentos se dá de formas variadas, sendo o aluno o sujeito ativo, é uma alternativa para se promover uma aprendizagem contextualizada.

Descrição do experimento e fundamentação teórica

As lâmpadas fluorescentes possuem internamente gás à baixa pressão. A idéia é determinar o valor desse gás por meio de um experimento simples no qual se faz subir água pelo tubo que constitui a lâmpada. Para tanto será necessário mergulhar verticalmente a lâmpada num balde de água, providenciando para que a extremidade submersa seja perfurada. Em função da baixa pressão do gás no interior da lâmpada fluorescente em relação à pressão atmosférica, quando se perfura uma de suas extremidades dentro da água, esta penetra pelo tubo, comprimindo o gás em seu interior. A água alcança uma altura máxima dentro do tubo da lâmpada quando a pressão do gás comprimido, somada à pressão da coluna de água que se forma, se iguala à pressão atmosférica externa. Com base na altura alcançada pela água e na altura da parte que não é preenchida pela água é possível determinar essa pressão (figura 1).

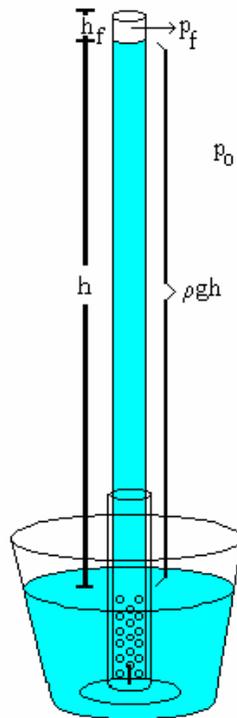


Figura 1: Lâmpada mergulhada num recipiente que contém água após ser perfurada pelo prego

Através de considerações que aproximam as mudanças ocorridas com o gás dentro do tubo com uma transformação isotérmica de gás ideal, avalia-se a pressão inicial do gás da lâmpada a partir da medida da sua pressão, quando comprimido. Ou seja, pela lei de Boyle-Mariotti,

$$P_i V_i = P_f V_f,$$

na qual P_i e V_i correspondem à pressão e ao volume iniciais, e P_f e V_f correspondem à pressão e ao volume finais, estes últimos avaliados após a subida da água pelo interior da lâmpada, comprimindo o gás (ver Figura 1). Para acharmos a pressão inicial (P_i) procurada, precisamos determinar a pressão final (P_f). Para isto, empregamos o Princípio de Stevin da Hidrostática,

$$P_f = P_o - \rho gh,$$

no qual P_o , ρ , g e h são, respectivamente, a pressão atmosférica local, a densidade da água, a aceleração da gravidade e a altura alcançada pela coluna de água (Fig. 1).

Substituindo a última expressão na lei de Boyle-Mariotti, tem-se:

$$P_i = [(P_o - \rho gh)V_f] / V_i$$

Originalidade:

Como já mencionado acima, o experimento pode ser realizado para estudos de Hidrostática e Comportamento dos Gases, mostrando-se uma experiência que pode ser atrativa e provocar interesse. Além disso, através de métodos simples como este, obtém-se um valor de pressão da lâmpada da ordem de grandeza divulgada pela fábrica o que, para os objetivos pedagógicos pretendidos por este trabalho, se mostra muito satisfatório. Esse experimento já foi realizado pelo departamento de Física da Universidade Estadual de Londrina – PR.

Listas de Materiais:

- Lâmpada fluorescente regular queimada
- Tubo de PVC
- Disco metálico
- Pregos
- Fita adesiva
- Balde Plástico
- Alicates

Aprovação do orientador:

“Minha orientadora, a Professora Doutora Elisabeth Barolli concorda com os termos aqui estabelecidos para o projeto e declara que poderá dispor de todos os elementos necessários a menos de exceções indicadas abaixo.”

Não há exceções.

Não exige sigilo.

Construção do Experimento;

O primeiro passo é a construção de um suporte em PVC que irá sustentar a lâmpada dentro de um balde de água. Nesse tubo são feitos diversos furos de aproximadamente 0,6cm de diâmetro à uma altura de 10 cm começando por uma das extremidades (Como na figura 2). Esses furos servirão para que a água entre pelo interior do tubo de PVC e da lâmpada quando esta for furada pelo prego. Logo em seguida, pegou-se um disco metálico, fazendo um pequeno furo ao centro onde será encaixado e fixado o prego com a fita adesiva. Fixou-se o tubo com a extremidade de furos no disco plástico com a ajuda da fita adesiva e de modo que o prego fique centralizado no interior desse tubo.

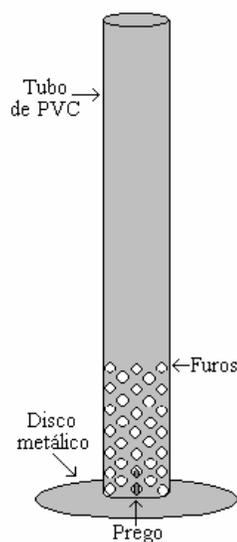


Figura 2: Suporte de PVC

Procedimento Experimental:

No balde plástico, foram colocados cerca de 15 litros de água. Introduziu-se no balde o suporte de PVC acima de modo que ele fique em pé. Para uma maior segurança, no caso da lâmpada sofrer uma explosão, foi envolvido fita adesiva sobre toda sua extensão. Com auxílio do alicate, foi retirado o terminal metálico da extremidade da lâmpada que será perfurada pelo prego.

A lâmpada com a extremidade cujo terminal metálico foi retirado, é posicionada verticalmente no tubo dentro do balde. Erguendo-se a lâmpada a uns 5cm do prego aplica-se um golpe suficiente para que a extremidade seja perfurada. A água preenche, assim, grande parte do tubo faltando aproximadamente uns dois dedos para alcançar a outra extremidade. Para fins de cálculos, foram medidas as alturas h e h_f , conforme a figura 1. Nessa experiência, aproximou-se a geometria da lâmpada de um cilindro. Embora considerando que as extremidades da lâmpada possuem um formato irregular, pressupõe-se que não há alteração da ordem de grandeza da medida da pressão procurada. Assim, podemos usar uma relação entre volumes e alturas, ou seja, $V_f/V_i = h_f/h_i$. Agora podemos trabalhar com a fórmula geral:

$$P_i = [(P_o - \rho gh)h_f] / h_i$$

Resultados:

Fizemos a medida para 10 lâmpadas, onde medimos o h_f para obtermos a pressão interna. Constatou-se um valor médio de:

$$h_f = (1,5 \pm 0,3)cm$$

Utilizamos a pressão atmosférica local da cidade de Campinas, 0.935atm ou 711.1mmHg, a fórmula $P_i = [(P_o - \rho gh)h_f] / h_i$ e as medidas do experimentos para termos a medida desejada:

$$P_1 = (9 \pm 2).10^{-3} atm$$

Como a pressão fornecida pelo fabricante é de $(3,2 \pm 0,2).10^{-3} atm$ e considerando que o nosso método para determinar essa pressão interna é rústico, por termos uma medida de grandeza da mesma ordem do fabricante, considero que o experimento foi muito satisfatório.

FOTOS DA EXPERIÊNCIA



Figura 3: Aparato Experimental



Figura 4: Suporte de PVC



Figura 5: Visão da altura atingida pela água

DIFICULDADES ENCONTRADAS:

A maior dificuldade encontrada foi manipular as lâmpadas fluorescentes tendo em vista que o gás está à baixa pressão e o vidro que constitui as lâmpadas é muito delicado. Dependendo da perfuração causada pelo prego, a água pode penetrar com tamanha violência que o vidro, por ser bastante sensível, pode explodir espalhando estilhaços com substâncias contidas no interior das lâmpadas fluorescentes. Outro cuidado essencial é com a água restante do experimento no balde que deve ser descartada após o experimento, já que a água que entrou pela lâmpada estará misturada com a outra água; deve-se cuidar para que a água não entre em contato com a pele e seja despejada em local apropriado para que os produtos contidos não agredam o meio ambiente.

Todos os cuidados são poucos quando se trata de experimentos principalmente envolvendo produtos químicos.

Declaração do Orientador

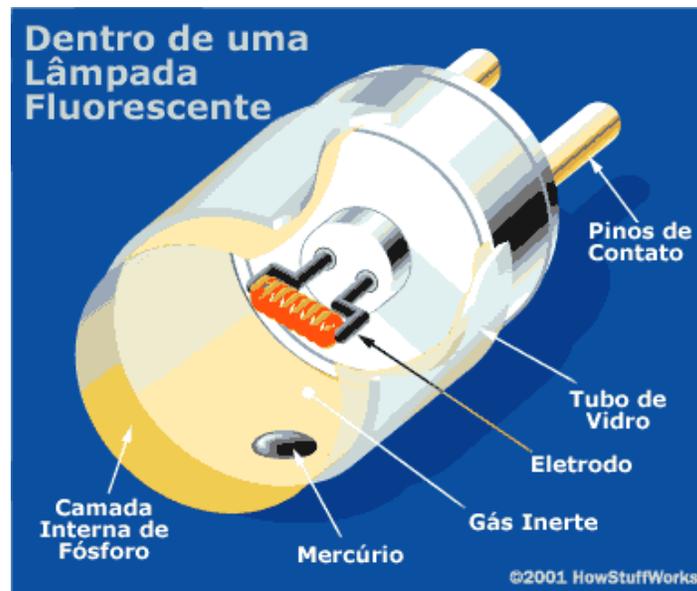
“O experimento é bastante interessante para ser utilizado no ensino de hidrostática em nível médio, inclusive. Considero o relatório satisfatório, embora a parte teórica pudesse estar melhor desenvolvida. Da mesma forma seria interessante contextualizar um pouco mais a importância didática desse experimento e os conceitos a ele associados para o nível médio.”

Referências:

- RAIZER, Y. P. Gas discharge physics. Springer Germany, 1997. V.1,p1-7.
- LEE,J.F.;SEARS, F.W. Termodinâmica. RJ, Editora da Universidade de São Paulo.
- Caderno Brasileiro do Ensino de Física., v.21, n.2, 2004.

APÊNDICE 1

Como funcionam as lâmpadas fluorescentes

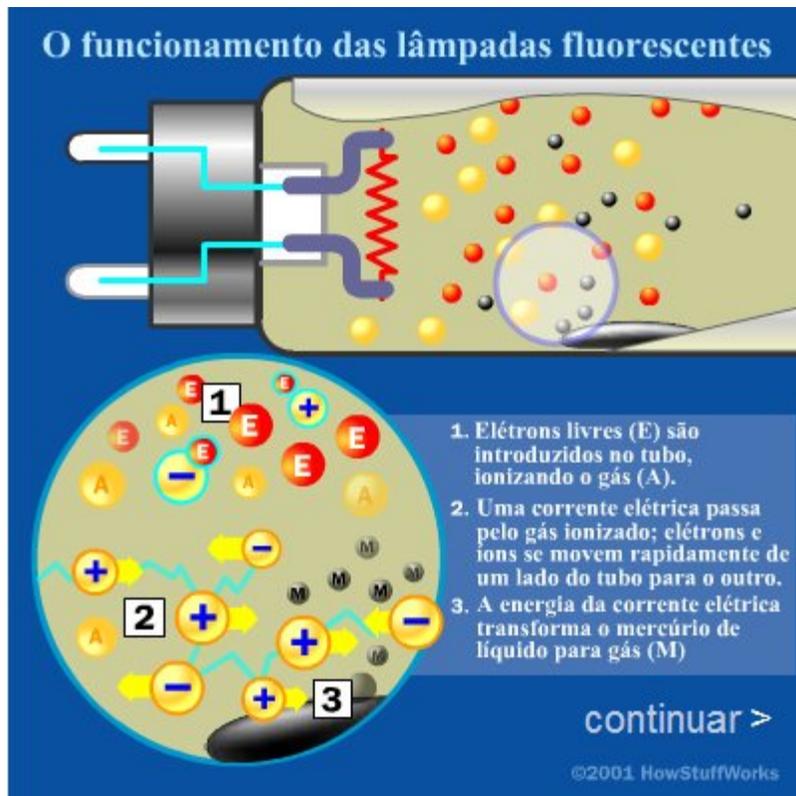


Quando você acende a lâmpada, a corrente flui pelo circuito elétrico até os eletrodos. Existe uma voltagem considerável através dos eletrodos, então os elétrons migram através do gás de uma extremidade para a outra. Esta energia modifica parte do **mercúrio** dentro do tubo de líquido para gás. Como os elétrons e os átomos carregados se movem dentro do tubo, alguns deles irão **colidir** com os átomos dos gases de mercúrio. Estas colisões excitam os átomos, jogando-os para níveis de energia mais altos. Quando os elétrons retornam para seus níveis de energia originais, eles liberam fótons de luz.

Como vimos na última seção, o comprimento da onda de um fóton é determinado pelo arranjo específico do elétron no átomo. Os elétrons nos átomos de mercúrio estão dispostos de tal maneira que liberam fótons de luz na faixa de comprimento de onda da **ultravioleta**. Nossos olhos não registram os fótons ultravioleta, então este tipo de luz precisa ser convertida em luz visível para iluminar a lâmpada.

É aqui que o revestimento de pó de fósforo do tubo entra em ação. Os **fosforosos** são substâncias que emitem luz quando expostas à luz. Quando um fóton atinge com um

átomo de fósforo, um dos elétrons do fósforo pula para um nível mais alto de energia e o átomo se aquece. Quando o elétron volta para o seu nível normal de energia, ele libera energia na forma de outro fóton. Este fóton tem menos energia do que o original porque parte desta energia foi perdida na forma de calor. Em uma lâmpada fluorescente, a luz emitida está no espectro visível, o fósforo emite **luz branca** que podemos enxergar. Os fabricantes podem variar a cor da luz usando combinações de fosforos diferentes.



As lâmpadas incandescentes convencionais também emitem uma boa quantidade de luz ultravioleta, mas elas não convertem nenhuma parte em luz visível. Conseqüentemente, muito da energia usada para iluminar uma lâmpada incandescente é desperdiçada. Uma lâmpada fluorescente coloca esta luz invisível para funcionar, por isso ela é **mais eficiente**. As lâmpadas incandescentes perdem mais energia através da emissão de calor do que as lâmpadas fluorescentes. Geralmente, uma lâmpada fluorescente comum é de quatro até seis vezes mais eficiente do que uma lâmpada incandescente. As pessoas geralmente usam as lâmpadas incandescentes em casa porque elas emitem uma luz mais "quente", mais vermelha e menos azul.

Como vimos, o sistema de lâmpada fluorescente depende de uma corrente elétrica fluindo através do gás no tubo de vidro. Na próxima seção, veremos do que a lâmpada fluorescente precisa para estabelecer esta corrente

<http://ciencia.hsw.uol.com.br/lampadas-fluorescentes2.htm>

APÊNDICE 2

Trabalhando com gás

No texto acima, vimos que os átomos de mercúrio no tubo de vidro da lâmpada fluorescente são excitados por elétrons que fluem por uma corrente elétrica. Esta corrente elétrica é parecida com a corrente de um fio elétrico comum, mas ela passa por um gás ao invés de passar por um sólido. Os **condutores gasosos** diferem dos condutores sólidos em vários aspectos.

Em um condutor sólido, a corrente elétrica é carregada por elétrons livres pulando de átomo para átomo, de uma área carregada negativamente para uma área carregada positivamente. Como vimos, os elétrons sempre têm uma carga negativa, o que significa que eles sempre são atraídos na direção de uma carga positiva. Em um gás, a carga elétrica é carregada por **elétrons livres** movendo-se independentemente dos átomos. A corrente também é carregada por **íons** (átomos que têm uma carga elétrica porque perderam ou ganharam um elétron). Como os elétrons e os íons são atraídos para áreas com cargas opostas às deles.

Para enviar uma corrente através do gás em um tubo, a lâmpada fluorescente precisa ter duas coisas:

1. **Elétrons livres e íons.**
2. **Uma diferença na carga entre as duas extremidades do tubo** (uma voltagem).

Geralmente, existem poucos íons e elétrons livres em um gás, porque todos os átomos mantêm uma carga neutra. Conseqüentemente, é difícil de conduzir uma corrente elétrica através da maioria dos gases. Quando você liga uma lâmpada fluorescente, a primeira coisa que ela precisa fazer é **introduzir muitos elétrons livres novos** dos dois eletrodos.

<http://ciencia.hsw.uol.com.br/lampadas-fluorescentes3.htm>

APÊNDICE 3

Sobre as lâmpadas fluorescentes:

Segundo informação do Parecer Técnico nº 65/2006 da PRDF

As lâmpadas fluorescentes (lâmpada de mercúrio de baixa pressão) respondem por cerca de 70% da luz artificial hoje presente no mundo. No Brasil, provêm de importadores associados da ABILUX (Associação Brasileira da Indústria de Iluminação) ou independentes, incluindo Dynacom, Fujilux, General Electric, Osram, Philips, Sadokin e Sylvania².

Uma lâmpada fluorescente é composta por um tubo selado de vidro, preenchido com gás argônio e vapor de mercúrio, à baixa pressão. O interior do tubo é revestido por uma poeira constituída de vários elementos, incluindo Alumínio, Antimônio, Cádmiio, Bário, Chumbo, Cromo, Manganês, Níquel e Mercúrio, dentre outros.

As lâmpadas contendo Mercúrio têm eficiência luminosa de 3 a 6 vezes superior às outras lâmpadas e possuem vida útil de 4 a 15 vezes mais longa. Devido a estes fatores, segundo a ABILUX, contribuem para a minimização da geração de resíduos e para a redução do consumo de recursos naturais. Entretanto, as lâmpadas fluorescentes apresentam grande potencial poluidor do meio ambiente e impactante à saúde humana.

Enquanto intacta, a lâmpada não oferece risco. Entretanto, ao ser rompida liberará vapor de mercúrio, que será aspirado por quem a manuseia. A contaminação do organismo se dá principalmente através dos pulmões. Quando se rompe uma lâmpada fluorescente o mercúrio existente em seu interior (da ordem de 20mg) se libera sob a forma de vapor, por um período de tempo variável em função da temperatura e que pode se estender por várias semanas. O mercúrio, apesar de ser um elemento natural que se encontra na natureza, pode ser muito nocivo aos seres vivos e quando penetra na cadeia alimentar pode ser extremamente prejudicial à saúde humana.

<http://pga.pgr.mpf.gov.br/pga/legislacao-e-documentos-e-referencia/legislacao-e-documentos>