

atômicos do *cis*-C₂H₂F₂ podem fornecer uma boa estimativa dos sinais e direções dos $\partial p/\partial S_j$ para o *trans*-C₂H₂F₂.

Enfim, apesar da ausência de um critério, a transferência de tensores polares atômicos tem sido bem sucedida e útil em muitos casos. Como já citamos anteriormente, ela pode prever os espectros de moléculas ou fragmentos de moléculas existentes no espaço interestelar que são instáveis ou raros na Terra, e isto, é de grande interesse para os astrofísicos e astroquímicos; pode ainda auxiliar ao químico no que diz respeito à concentração molar aproximada de intermediários de vida curta em certas reações químicas. O grande sucesso da transferência de tensores polares atômicos reside na regra de seleção. Isto porque a regra de seleção prevê a existência de um certo número de fundamentais no espectro de uma molécula, entretanto, muitas vezes elas têm baixas intensidades e que não são observadas experimentalmente. Um exemplo típico do problema é o *cis*-dicloroetileno *d*₀ e *d*₂ onde das 5 bandas ativas previstas pela regra de seleção de espécie A₁ apenas 2 são observadas experimentalmente⁹. Finalmente, não podemos esquecer as dificuldades envolvidas nas

medidas das intensidades em fase gasosa, mesmo para moléculas quimicamente estáveis em temperaturas e pressões padrões.

REFERÊNCIAS

- ¹ A. Komornicki e J. McIver, Jr., *J. Chem. Phys.*, **70**, 2014 (1979); Y. Hamada, M. Tsuboi e H. Umeyama, *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, **53**, 48 (1980); P. Pulay e W. Meyer, *Mol. Phys.*, **27**, 473 (1974).
- ² L. A. Gribov, M. E. Elyashberge M. M. Raikhshtat, *J. Mol. Struct.*, **53**, 81 (1979); S. Abbate, M. Gussoni, G. Masetti e G. Zerbi, *J. Chem. Phys.*, **67**, 1519 (1977).
- ³ R. E. Bruns, Y. Hase e I. M. Brinn, *J. Phys. Chem.* **84**, 205 (1980); J. H. Newton e W. B. Person, *J. Phys. Chem.* **82**, 226 (1978); B. J. Krohn, W. B. Person e J. Overend, *J. Chem. Phys.*, **67**, 5091 (1977).
- ⁴ J. F. Biarge, J. Herranz e J. Morcillo, *An. R. Soc. Esp. Fis. Quim.*, **57**, 81 (1961).
- ⁵ W. B. Person e J. H. Newton, *J. Chem. Phys.*, **61**, 1040 (1974).
- ⁶ B. L. Crawford, Jr., *J. Chem. Phys.*, **20**, 977 (1952).
- ⁷ R. O. Kagel, D. L. Powell, J. Overend, M. N. Ramos, A. B. M. S. Bassi e R. E. Bruns, *J. Chem. Phys.* (1982).
- ⁸ R. O. Kagel, Ph. D. Dissertation, University of Minnesota, USA, 1964.
- ⁹ M. J. Hopper, J. Overend, M. N. Ramos, A. B. M. S. Bassi e R. E. Bruns, *J. Chem. Phys.* (1982).

EDUCAÇÃO

EXPERIÊNCIAS E ANALOGIAS SIMPLES PARA O ENSINO DE CONCEITOS EM QUÍMICA I – PRESSÃO DE VAPOR DE LÍQUIDOS

Dácio Rodney Hartwig

*Departamento de Tecnologia Educacional
Universidade Federal de São Carlos
13.560 – São Carlos – SP*

Romeu Cardozo Rocha Filho e Roque Rodrigues

*Departamento de Química
Universidade Federal de São Carlos
13.560 – São Carlos – SP*

(Recebido em 24/9/81; rev. em 12/4/82)

INTRODUÇÃO

O ensino de química no 2º grau é raramente desenvolvido através de aulas experimentais ou demonstrativas, o que preocupa indistintamente alunos e professores. Os alunos lamentam a ausência de aulas de laboratório¹ e demonstram possuir um nível baixo de conhecimento da química². Os professores, por sua vez³⁻⁵, além de relatarem que a aprendizagem dos alunos é reduzida ou praticamente nula, valorizam muito as aulas experimentais e as reivindicam constantemente, visto que observam que elas produzem os seguintes efeitos: a) maior retenção dos conteúdos correspondentes, pois os alunos ainda os recordam no ano seguinte; b) aumento do interesse dos

alunos em estudar química; c) maior compreensão dos assuntos abordados.

A carência de aulas experimentais no ensino de química do 2º grau é decorrente de diversos fatores⁵. Entre estes, deve-se destacar o fato de que o professor encontra dificuldades para selecionar experimentos simples relacionados com os conteúdos abordados. Tal fato é natural, uma vez que o livro didático é o recurso mais comum no ensino de química do 2º grau, utilizado pelos professores para estudar, sendo que os livros didáticos mais recentes se caracterizam pela ausência de ênfase no aspecto experimental do ensino da química⁶. Daí que o conteúdo da química no 2º grau vem sendo transmitido basicamente através de aulas expositivas. Esta situação do ensino atual de química

é prejudicial ao bom entendimento desta disciplina, pois a sua natureza experimental exige um programa experimental, mesmo que relativamente reduzido, para garantir uma aprendizagem real⁷. A necessidade deste programa experimental também é ressaltada nas instruções metodológicas propostas por órgãos responsáveis pela educação⁸.

Relata-se aqui uma experiência simples para o ensino do conceito de pressão de vapor de líquidos. Considerando as dificuldades institucionais encontradas pelos professores nas diversas escolas de 2º grau⁵, esta experiência foi desenvolvida tendo-se em mente a utilização de materiais facilmente acessíveis e de custo reduzido.

DIFERENTES ABORDAGENS JÁ EXISTENTES

O conceito de pressão de vapor normalmente é apresentado nos livros de química para o 2º grau⁹⁻¹² através da experiência do barômetro de Torricelli, cuja execução experimental é difícil, pois além de exigir mercúrio em grande quantidade, tubo e recipiente de vidro, garra para segurar o tubo e conta-gotas, ainda existe o perigo devido à toxidez do mercúrio. Além disso, experimentalmente só é possível introduzir no tubo, através do conta-gotas, um único líquido, o que não permite diferenciar as magnitudes diversas das pressões de vapor de líquidos diferentes através de uma única experiência. Isto só é possível repetindo a experiência para os diferentes líquidos ou utilizando-se mais de um barômetro, o que se torna muito oneroso.

Outros livros didáticos^{13,14} descrevem a utilização de um recipiente fechado contendo um determinado líquido, enfatizando as diferenças entre as intensidades de evaporação de diversos líquidos. Isto, entretanto, não fornece uma visão direta e quantitativa da pressão de vapor, o que também ocorre quando o equipamento mostrado é apenas um cilindro cujo êmbolo está em contato com um líquido^{15,16}. Também existem livros^{17,18} que, embora apresentem equipamento que forneça uma visão quantitativa da pressão de vapor, conseguem-no através da utilização de um barômetro acoplado ao cilindro anteriormente mencionado, o que por si só é um fator de dificuldades práticas e econômicas. Por outro lado, alguns livros^{19,20} não apresentam aspecto experimental algum relacionado com o conceito de pressão de vapor.

As mais variadas sugestões de experiências e demonstrações para o ensino do conceito de pressão de vapor têm sido feitas na literatura concernente à educação em química²¹⁻⁴⁷. Muitas destas sugestões²¹⁻²⁸ referem-se a experiências concebidas para serem projetadas através de um retroprojetor. Outras²⁹⁻⁴¹ referem-se a experiências que exigem a disponibilidade de vidraria bastante complexa, especialmente no caso do ensino do 2º grau, além de uso de mercúrio em alguns casos³³⁻³⁵. Também existem sugestões de experiências tradicionais^{42,43}, dos tipos já incorporados aos livros didáticos⁹⁻¹², além de uma sugestão⁴⁴ na qual o conceito de pressão de vapor é sutilmente apreendido de resultados de uma experiência para comprovação da lei de Charles. Bockhoff⁴⁵ sugere a utilização de uma analogia visual bastante interessante requerendo, entretanto, a utilização de ar comprimido ou de algum gás inerte sob

pressão. Já Byers⁴⁶ sugere uma experiência que tem uma certa semelhança com aquelas descritas em livros didáticos^{15,16}. Finalmente, Thompson⁴⁷ relata uma experiência muito simples e barata que se caracteriza como uma opção viável para o ensino do conceito de pressão de vapor no 2º grau.

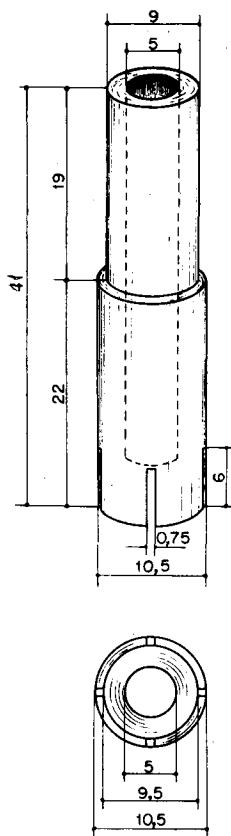
Assim, constata-se uma quase inexistência de experiências descritas na literatura para o ensino do conceito de pressão de vapor e adaptáveis às condições reais encontradas pelos professores de 2º grau. Entretanto, experiências e analogias simples para o ensino de conceitos em química são extremamente necessárias para a efetiva concretização de uma aprendizagem real⁷. Daí a necessidade do desenvolvimento deste tipo de experiências, ou de analogias, pelos químicos brasileiros preocupados com ensino, por serem estes os que melhor conhecem as condições de ensino encontradas a nível de 2º grau. Isto, se concretizado, eventualmente conseguirá reverter a tendência atual de um ensino quase totalmente teórico para um ensino mais temperado pela prática experimental.

DESCRIÇÃO DO SISTEMA EXPERIMENTAL

O sistema experimental aqui descrito para o ensino do conceito de pressão de vapor para líquidos é extremamente simples, consistindo basicamente de uma câmara de vácuo, em cujo interior está um conjunto de seringas de vidro contendo os líquidos.

O seu princípio de funcionamento é elementar, pois baseia-se na relação entre a pressão de vapor dos diferentes líquidos e a pressão externa. Uma diminuição suficiente da pressão interna da câmara permite que as pressões de vapor de líquidos diferentes se manifestem, fazendo com que os êmbolos das seringas se desloquem.

Para a câmara de vácuo, dois modelos diferentes foram idealizados e testados com sucesso. O primeiro deles consiste de uma pequena caixa de vidro do formato de um prisma retangular (faces laterais: 6,0x25,0 cm; faces anterior e posterior: 13,0x25,6 cm; face inferior: 6,0x13,0 cm; face superior – tampa: 8,0x15,0 cm). As diferentes faces de vidro de 0,6 cm de espessura foram coladas umas às outras, com exceção da tampa, utilizando-se cola tipo "Araldite" de endurecimento lento. A tampa é móvel, sendo que deve se ajustar muito bem sobre as bordas superiores da caixa, para permitir uma vedação perfeita. Daí a eventual necessidade de polir estas bordas usando-se pó de esmeril com água, sobre uma superfície plana e lisa de vidro ou metal, para conseguir esta vedação. Essa ainda será facilitada pelo uso de vaselina na região de contato entre as bordas e a tampa. Em uma das faces laterais da caixa foi feito um orifício (0,9 cm de diâmetro) no qual foi introduzida a ponta de um tubo de plástico (1,0 cm de diâmetro externo). Esse tubo ligará a caixa de vácuo à trompa de vácuo. Para garantir vedação perfeita, a ponta do tubo de plástico foi colada ao vidro utilizando-se cola tipo "Super-Bonder". Para se fazer o orifício no vidro normalmente seria necessário dispor de uma broca diamantada. Entretanto, o mesmo trabalho pode ser executado utilizando-se uma broca de latão, com as características descritas na figura 1, juntamente com pó de



ESCALA 2:1
MEDIDA EM mm

Figura 1 – Detalhes de uma broca de latão projetada para perfuração de vidro. esmeril, grana 80 a 120, e água. Esta primeira câmara que descrevemos acima é mostrada na figura 2.



Figura 2 – Câmara de vácuo do formato de um prisma retangular. A situação experimental aqui mostrada corresponde àquela descrita para a Fig. 6c.

O segundo modelo de câmara é bem mais simples, pois trata-se de um baleiro de vidro transparente, à venda em qualquer supermercado. Nesse caso o tubo de borracha, que será ligado ao sistema para fazer vácuo na câmara, foi fixado à tampa de plástico do baleiro. Aqui o orifício necessário foi feito com uma broca comum. Para garantir uma vedação perfeita colocou-se um anel de borracha (tipo “O-ring”) entre a tampa e as bordas do baleiro. Esse “O-ring” pode ser substituído por um pedaço de câmara de ar cortado convenientemente. Este segundo modelo de câmara é mostrado na figura 3.



Figura 3 – Baleiro utilizado como câmara de vácuo. A situação experimental aqui mostrada corresponde àquela descrita para a Fig. 6c.

Um suporte de madeira para as seringas de vidro foi montado para cada uma das duas câmaras de ar. A concepção de cada um destes suportes é mostrada na figura 4. A placa superior de cada um dos suportes é necessária para evitar que os êmbolos das seringas desprendam-se dessas quando a pressão interna da câmara de vácuo torna-se menor que as pressões de vapor dos líquidos e, em conseqüência, os êmbolos sobem.

O vácuo necessário para a realização das experiências aqui descritas pode ser obtido utilizando-se uma trompa d’água.

As seringas de vidro utilizadas são de 10 ml. Cada uma delas possui acoplada uma agulha cuja ponta foi selada com um maçarico. Pode-se também selar a ponta da agulha espetando-a numa rolha de borracha.

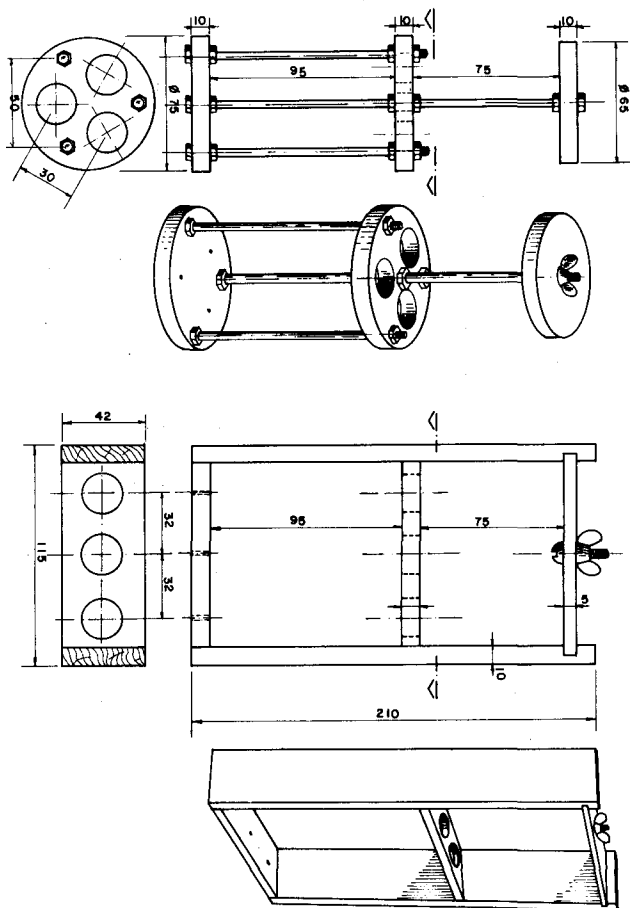


Figura 4 - Detalhes dos suportes de madeira para as seringas, para as câmaras de vácuo mostradas nas Figs. 2 e 3, respectivamente.

UMA POSSÍVEL METODOLOGIA DE ENSINO

Entre os líquidos possíveis de serem utilizados nesta experiência, destacam-se, por sua disponibilidade, custo reduzido e principalmente pelo fato de apresentarem valores de pressão de vapor relativamente elevados à temperatura ambiente (vide figura 5), o éter sulfúrico (éter dietílico), a acetona e o álcool etílico. Assim, estes são os líquidos que se sugere sejam utilizados e cujos respectivos nomes devem ser fornecidos ao aluno.

A experiência será feita pelo professor, iniciando-a com a aspiração, em uma das três seringas, de 2 ml de um dos líquidos (éter ou etanol). Após a retirada de todo o ar, com a agulha já selando a ponta da seringa, ela é colocada no suporte de madeira, o qual, logo a seguir, é introduzido na câmara de vácuo. Fazendo-se vácuo com a trompa d'água, após um certo tempo o êmbolo começará a subir até bater na placa superior do suporte. Após discutir com os alunos o fenômeno observado (para o qual os próprios alunos devem fornecer uma explicação) o professor deve repetir o procedimento anterior, só que agora com duas seringas do mesmo líquido, quando se notará que os dois êmbolos subirão quase que simultaneamente.

O procedimento já descrito deve ser repetido para os

outros dois líquidos, sempre chamando a atenção dos alunos para o tempo gasto por cada êmbolo para começar a subir, que varia conforme o líquido usado. A causa deste comportamento deve ser discutida com a classe. Isto é explicado pelo fato que à medida que a pressão interna da câmara de vácuo vai baixando, primeiro ela se iguala à pressão de vapor do líquido mais volátil e assim por diante, como é mostrado na fig. 5 para a temperatura de 25°C.

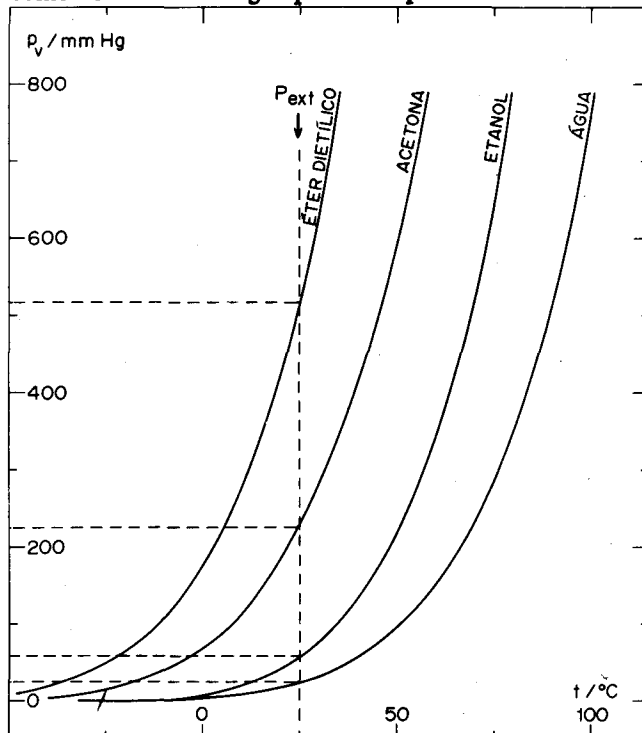


Figura 5 - Pressões de vapor de diferentes líquidos⁴⁸ em função da temperatura. A linha pontilhada vertical mostra que, a 25°C, a medida que a pressão externa vai sendo diminuída ela vai se tornando menor que as pressões de vapor dos diferentes líquidos, primeiro a do líquido mais volátil e assim por diante, até ser superada por todas elas.

Uma vez que os alunos compreendam o fenômeno que viram, repete-se o procedimento experimental anterior, só que agora cada uma das três seringas deve conter um líquido diferente (Fig. 6a.). Com a retirada de ar da câmara de vácuo, após um certo tempo o aluno notará claramente que apenas um dos êmbolos começou a subir - fato que não fora observado anteriormente (Fig. 6b). Neste ponto os alunos devem ser estimulados a responder à pergunta: por que apenas um dos êmbolos se movimentou e qual é o líquido nesta seringa? Muitas respostas corretas surgirão em função das experiências já discutidas, e aquelas incorretas poderão ser facilmente orientadas. Continuando a retirada de ar, logo um outro êmbolo começará a subir e novamente o mesmo tipo de discussão anteriormente citado deve ser conduzido (Fig. 6c). Em seguida, com o início de movimentação do terceiro êmbolo (Fig. 6d) e conseqüente discussão, fica bem estabelecida a diferença de comportamento dos três líquidos. Após, permitindo-se a entrada lenta de ar na câmara de vácuo, todo o processo anterior se inverte e o conceito de pressão de vapor deverá estar finalmente entendido (antes de permitir a entrada de ar seria interessante perguntar aos alunos qual êmbolo descera primeiro, qual descera por último e qual ficará numa situação intermediária).

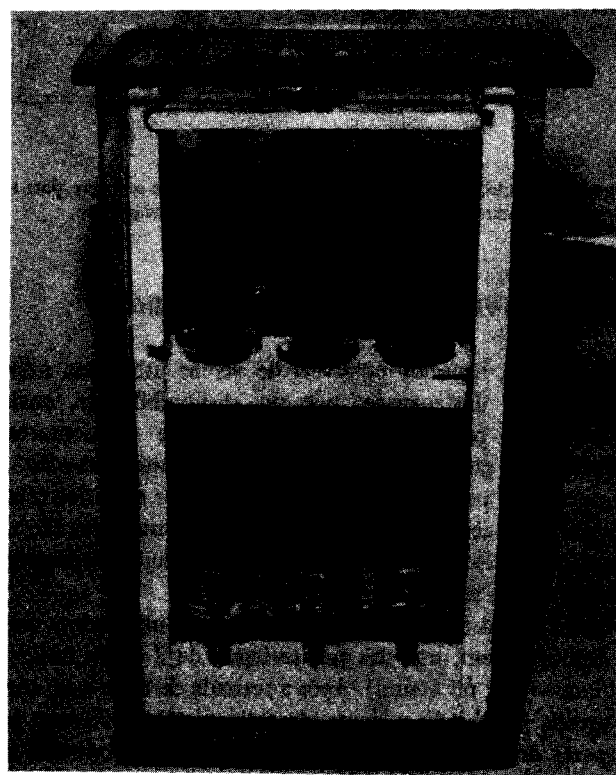
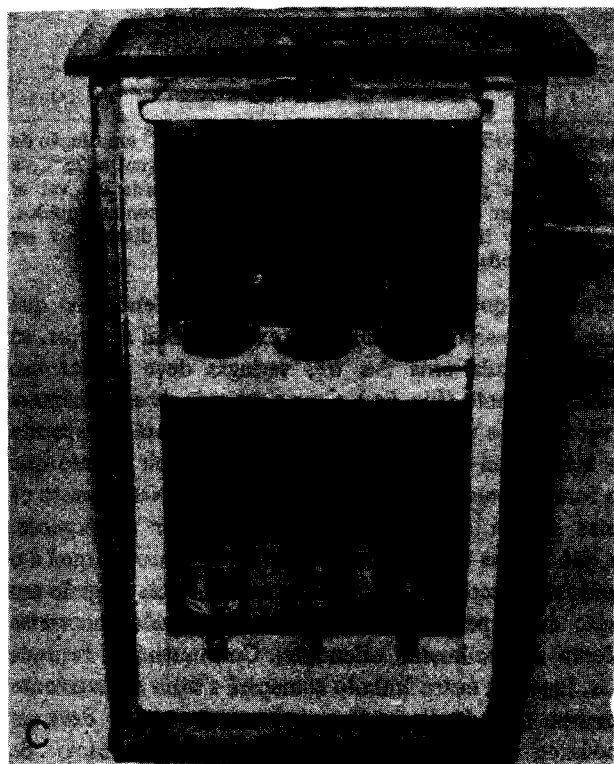
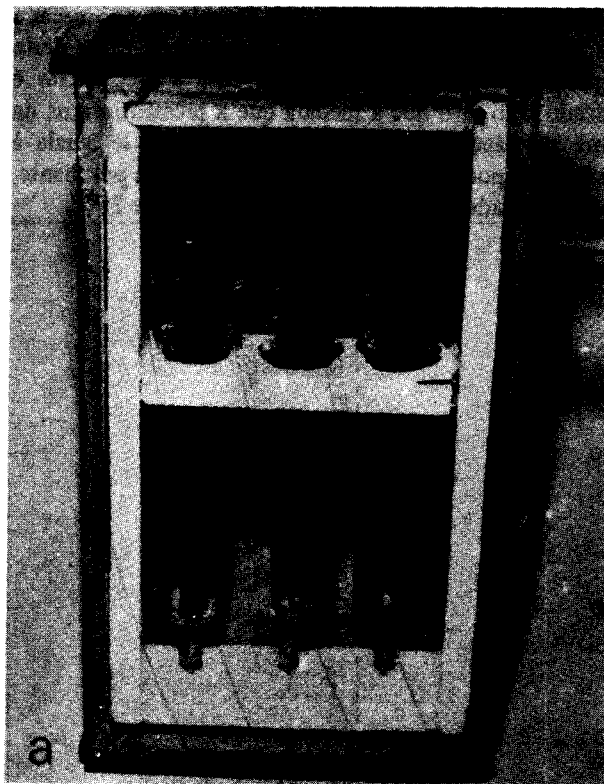


Figura 6 – Cada seringa na câmara de vácuo contém um líquido diferente, respectivamente, da esquerda para a direita: éter sulfúrico, acetona e etanol. O vácuo é feito utilizando-se uma trompa d'água comum. a) Situação experimental quando $P_{int} > P_{éter}^{vapor} > P_{acetona}^{vapor} > P_{etanol}^{vapor}$, sendo que P_{int} corresponde à pressão interna da câmara de vácuo. b) Situação experimental quando $P_{éter}^{vapor} > P_{int} >$

$P_{etanol}^{vapor} > P_{éter}^{vapor}$ c) Situação experimental quando $P_{éter}^{vapor} > P_{acetona}^{vapor} > P_{int} > P_{etanol}^{vapor}$, d) situação experimental quando $P_{éter}^{vapor} > P_{acetona}^{vapor} > P_{etanol}^{vapor} > P_{int}$. (Experiência realizada à temperatura ambiente).

A entrada lenta de ar na câmara é conseguida dobrando-se o tubo de borracha antes de desprendê-lo da trompa d'água, relaxando-o após lentamente. O mesmo procedimento pode ser feito usando-se uma pinça de Hoffman, caso haja disponibilidade de uma.

Os procedimentos acima descritos devem possibilitar uma aprendizagem real do conceito de pressão de vapor. Uma experiência posterior, que também pode ser feita com a aparelhagem simples aqui descrita, é a que demonstra o conceito de temperatura de ebulição, conceito este diretamente relacionado com o de pressão de vapor. Neste caso basta repetir os procedimentos anteriores, porém utilizando só o corpo das seringas sem o êmbolo. As últimas etapas deste procedimento são mostradas na figura 7.

A simplicidade da aparelhagem aqui descrita, bem como a das operações envolvidas, permite sua utilização na maioria das escolas do país e, certamente, poderá levar a uma aprendizagem mais significativa dos conceitos abordados.

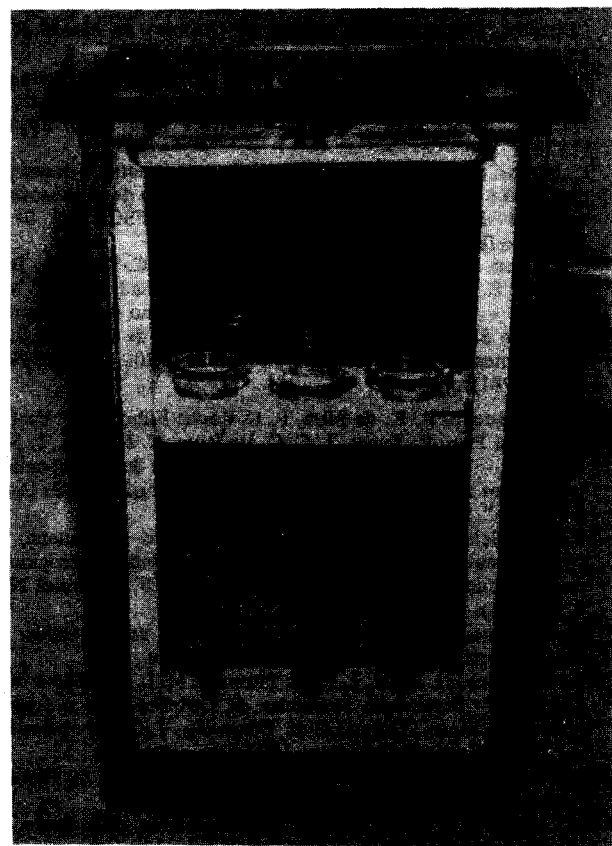
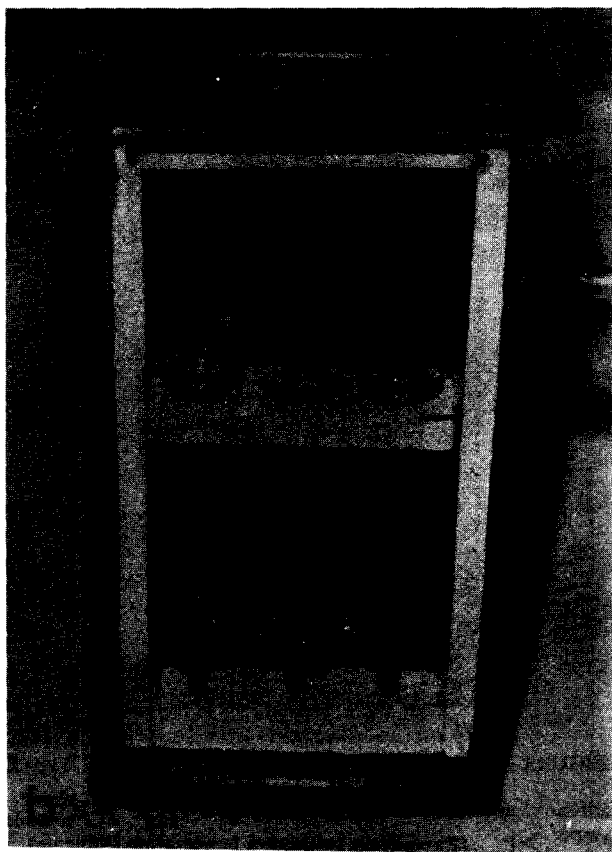
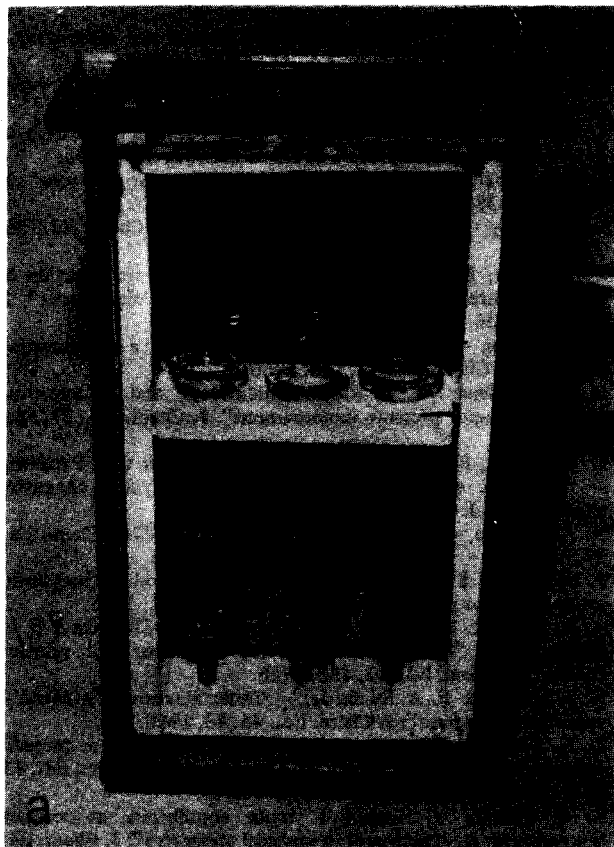


Figura 7 – Experimento para o ensino do conceito de temperatura de ebulição. A montagem experimental é a mesma da Fig. 6, exceto pela não utilização dos êmbolos. a) Nenhum líquido ebulindo, pois $P_{int} > P_{éter}^{vapor} > P_{acetona}^{vapor} > P_{etanol}^{vapor}$. b) Só éter sulfúrico ebulindo, pois $P_{éter}^{vapor} > P_{int} > P_{acetona}^{vapor} > P_{etanol}^{vapor}$. c) Éter sulfúrico e acetona ebulindo, pois $P_{éter}^{vapor} > P_{acetona}^{vapor} > P_{int} > P_{etanol}^{vapor}$.

(continua)

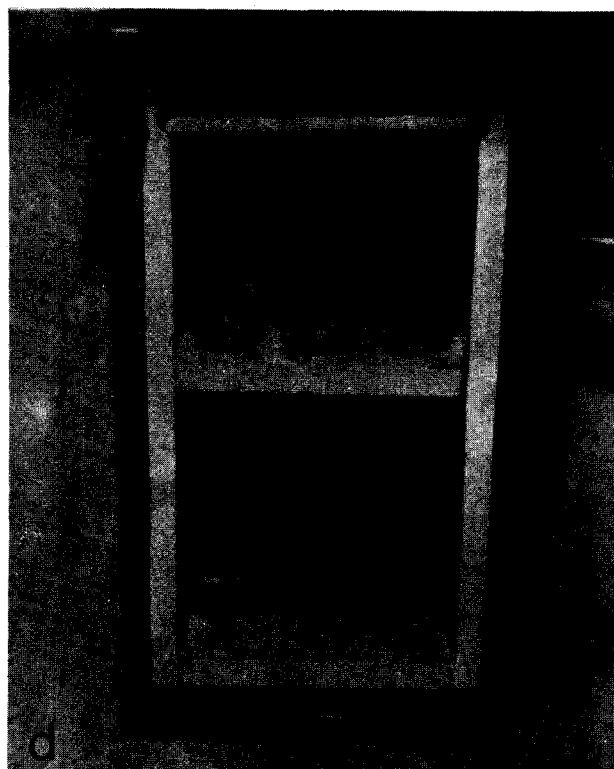


FIGURA 7 (continuação)

d) Éter

sulfúrico, acetona e etanol ebulindo, pois $P_{\text{vapor}}^{\text{éter}} > P_{\text{vapor}}^{\text{acetona}} > P_{\text{vapor}}^{\text{etanol}} > P_{\text{int}}$. (Experiência realizada à temperatura ambiente).

REFERÊNCIAS

- ¹ O. Augusto, W. T. Higa, R. P. Schnetzler & E. R. Silva – “Pesquisa piloto sobre o ensino de Química na escola de 2º grau”. *Ciência e Cultura (Resumos)*, 28, 726 (1976).
- ² M. E. R. Marcondes, R. Isuyama & W. Oliveira – “Um teste para o levantamento da situação atual do nível de conhecimento em Química no 2º grau”. *Ciência e Cultura (Resumos)*, 30, 125 (1978).
- ³ C. M. Bori (Coordenador) – Projeto: Levantamento de dados para descrição e análise de problemas de desempenho de professores de Química do 2º grau. Convênio INEP/FUFSCar nº 07/79, Relatório final, 1980.
- ⁴ C. M. Bori, J. C. Nogueira, R. R. da Silva, M. C. Dal Pian, D. R. Hartwig, E. Tunes, J. C. C. De Rose, R. C. Rocha Filho & T. M. S. De Rose – “Problemas do ensino de Química no segundo grau na região de São Carlos”. 2º Encontro Regional de Química, Livro de Resumos, p. 82. Araraquara, novembro 1980. (*Química Nova*, 4, 26 (1981)).
- ⁵ J. C. Nogueira, R. R. da Silva, R. C. Rocha Filho, D. R. Hartwig, M. C. Dal Pian, E. Tunes, J. C. C. De Rose, C. M. Bori, T. M. S. De Rose – “Descrição e análise de problemas de desempenho de professores de Química do segundo grau na região de São Carlos, São Paulo”. *Química Nova*, 4, (1981).
- ⁶ R. P. Schnetzler. “Um estudo sobre o tratamento do conhecimento químico em livros didáticos brasileiros dirigidos ao ensino secundário de Química de 1875 a 1978”. *Química Nova*, 4, 6 (1981).
- ⁷ S. Folguera-Domínguez – *As experiências em Química*. São Paulo, Edart – São Paulo Livraria Editora Ltda., 1975.
- ⁸ D. De Felice, H. Jurist, L. R. M. Pitombo, M. L. de Mello & R. G. Cecchini – Proposição curricular de Química para o segundo grau. São Paulo, Secretaria da Educação – Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas, 1977.
- ⁹ W. Kiel – *Química geral básica*. Porto Alegre, Ed. do Professor Gaúcho, 1977. Vol. 4, p. 88.
- ¹⁰ R. Feltre & S. Yoshinaga – *Físico-química*. São Paulo, Ed. Moderna, 1974. p. 96.
- ¹¹ Lontra-Beleza – *Físico-química*. Porto Alegre, Ed. do Professor Gaúcho, s.d.. p. 101.
- ¹² L. P. do Amaral – *Estudos de Química*. São Paulo, Ed. Moderna, 1977. Vol. 2, p. 30.
- ¹³ R. Feltre – *Química – 2º grau*. São Paulo, Ed. Moderna, 1977. Vol. 2, p. 76.
- ¹⁴ C. A. M. Araújo – *Química*. Porto Alegre, Ed. Sagra, s.d.. p. 166.
- ¹⁵ V. A. Nehmi – *Química Geral*. 10ª ed. São Paulo, Ed. Átomo, 1977. Vol. 5, p. 46.
- ¹⁶ A. Sardella & E. Mateus – *Química fundamental*. São Paulo, Ed. Ática, 1979. Vol. 2, p. 155.
- ¹⁷ A. Sardella & E. Mateus – *Química fundamental*. São Paulo, Ed. Ática, 1979. Vol. 2, p. 49.
- ¹⁸ G. C. de Carvalho – *Aulas de Química*. São Paulo, Ed. Nobel, 1977. Vol. 2, p. 163.
- ¹⁹ R. Moraes & A. P. Pizzato. “*Química Geral e Físico-química*”. São Paulo, Ed. Saraiva, 1976.
- ²⁰ L. C. R. da Silva, R. L. Pereira, V. A. Petrucci & F. R. F. de Carvalho – *Química*. São Paulo, Ed. FTD, 1978.
- ²¹ D. Ulery – “Vapor pressure of water at different temperatures”. *J. Chem. Ed.*, 41, A799, 1964.
- ²² D. Ulery – “Vapor pressure of liquids”. *J. Chem. Ed.*, 41, A799, 1964.
- ²³ D. Ulery – “Vapor pressure of H₂O on a column of Hg”. *J. Chem. Ed.*, 41, A799, 1964.
- ²⁴ D. Ulery – “Vapor pressure of H₂O at two temperatures”. *J. Chem. Ed.*, 41, A800, 1964.
- ²⁵ I. Noerdin – “Vapor pressure of a salt using spiral manometer”. *J. Chem. Ed.*, 41, A800, 1964.
- ²⁶ D. Ulery – “Pressure of Hg on a column of air”. *J. Chem. Ed.*, 41, A879, 1964.
- ²⁷ W. H. Slabaugh – “Vapor pressure of ethanol and ether using a spiral manometer”. *J. Chem. Ed.*, 41, A879, 1964.
- ²⁸ D. A. Davenport & V. Srinivasan – “The variation of vapor pressure with temperature”. *J. Chem. Ed.*, 56, 474, 1979.
- ²⁹ J. M. Leonard & J. D. Bultman – “A convenient method of determining vapor pressures”. *J. Chem. Ed.*, 33, 623, 1956.
- ³⁰ S. Tannembaum – “A device for measuring vapor pressures”. *J. Chem. Ed.*, 35, 41, 1958.
- ³¹ S. W. Tobey – “Vapor pressure apparatus”. *J. Chem. Ed.*, 35, 352, 1958.
- ³² E. Wolthuis, R. Brummel & P. V. Bout – “Determination of vapor pressure: a general chemistry laboratory experiment”. *J. Chem. Ed.*, 36, 495, 1959.
- ³³ J. A. Feighan – “Measurement of vapor pressure: a gas saturation method”. *J. Chem. Ed.*, 37, 149, 1960.
- ³⁴ M. W. Lindauer – “A simple isoteniscope and an improved method of vapor pressure measurement”. *J. Chem. Ed.*, 37, 532, 1960.
- ³⁵ G. W. Dailey, R. B. Huff, J. Kang, L. D. Queen & C. S. Patterson – “Isopiestic vapor pressure apparatus: a physical chemistry experiment”. *J. Chem. Ed.*, 38, 28, 1961.
- ³⁶ N. A. Frigerio – “Vapor pressure measurements”. *J. Chem. Ed.*, 39, 35, 1962.
- ³⁷ P. Borrel and S. C. Nyburg – “Capillary method for measuring saturated vapor pressures”. *J. Chem. Ed.*, 42, 551, 1965.
- ³⁸ A. A. Taha, R. D. Grigsby, J. R. Johnson, S. D. Christian & H. E. Affsprung – “Manometric apparatus for vapor and solution studies”. *J. Chem. Ed.*, 43, 433, 1966.
- ³⁹ N. J. Molski & H. A. Swain Jr. – “Determination of a liquid – vapor phase diagram”. *J. Chem. Ed.*, 45, 48, 1968.
- ⁴⁰ E. E. Schrier – “Intermolecular association by vapor pressure osmometry: a physical chemistry experiment”. *J. Chem. Ed.*, 45, 176, 1968.
- ⁴¹ E. C. Shearer – “Liquid – vapor equilibrium at constant temperature: an experiment in physical chemistry”. *J. Chem. Ed.*, 50, 446, 1973.
- ⁴² E. T. Radley – “Vapor pressure determination: an elementary experiment”. *J. Chem. Ed.*, 37, 35, 1960.
- ⁴³ N. Egan, P. C. Ford & A. R. Burkett – “Raoult’s law and vapor pressure measurement”. *J. Chem. Ed.*, 53, 303, 1976.
- ⁴⁴ D. L. Sinclair – “A pseudo – Charles’s law experiment to teach vapor pressure concepts”. *J. Chem. Ed.*, 46, 815, 1969.
- ⁴⁵ F. J. Bockhoff – “A kinetic model of vapor – liquid equilibrium”. *J. Chem. Ed.*, 37, A295, 1960.
- ⁴⁶ H. R. Byers – “Vapor pressure over solution droplets”. *J. Chem. Ed.*, 42, 338, 1965.
- ⁴⁷ H. B. Thompson – “Vapor pressure and Raoult’s law”. *J. Chem. Ed.*, 34, A209, 1957.
- ⁴⁸ R. C. Weast (Ed.) – *Handbook of Chemistry and Physics*. 57ª ed. Cleveland, Ohio, CRC Press, 1976. p. D-180, D-193 e D-195.