

Universidade Federal do Pará
Centro de Ciências Exatas e Naturais
Departamento de Física
Laboratório Básico I

Experiência 11
CALOR DE FUSÃO DO GELO

1. OBJETIVOS

Ao término da experiência o aluno deverá ser capaz de:

- a. Identificar e descrever as mudanças de estado envolvidas.
- b. Verificar que durante a mudança de estado a temperatura não varia.
- c. Determinar o calor latente de fusão do gelo.
- d. Identificar o fenômeno da crioscopia.

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Sabemos que o trabalho realizado por um gás que se expande é dado por

$$W = \int p dv \quad (1)$$

Vamos considerar o caso em que a pressão permanece constante, enquanto o volume sofre uma variação finita. Então

$$W = \int_{v_i}^{v_f} p dv = p \int_{v_i}^{v_f} dv$$

$$W = p(v_f - v_i) \quad (2)$$

onde p é constante.

O processo no qual a pressão permanece constante é chamado *processo isobárico*.

Consideremos o processo de ebulição, sabemos que as substâncias mudam da fase líquida para a de vapor, quando a pressão e a temperatura assumem valores definidos. A água vaporiza a $100^{\circ}C$ e à pressão atmosférica. Para que um sistema sofra uma mudança de fase, devemos fornecer-lhe ou retirar-lhe calor além do que é necessário para elevar sua temperatura ao valor característico de mudança de fase.

Calor latente (L) de mudança de estado de uma substância é a razão entre a quantidade de calor que uma determinada massa da substância cede ou absorve durante a mudança de estado, sem variar a sua temperatura, e a massa considerada:

$$L = \frac{Q}{m} \quad \left[\frac{cal}{g} \right] \quad (3)$$

Vamos considerar a mudança de fase da massa m de um líquido para a fase de vapor, supondo constante p e T . Se V_l é o volume do líquido e V_v o volume do vapor, o trabalho realizado pela substância na expansão de V_l para V_v , com p constante é

$$W = p(v_v - v_l) \quad (4)$$

O calor absorvido pela massa m , durante a mudança de fase é

$$Q = mL \quad (5)$$

onde L é o calor de vaporização ou seja o calor necessário para transformar a unidade de massa da fase líquida para a gasosa à temperatura e pressão constantes. Sabemos da 1ª Lei da Termodinâmica que

$$\Delta U = Q - W \quad (6)$$

ΔU é a variação da energia interna do sistema e W é o trabalho realizado pelo sistema ou sobre ele. Então podemos escrever

$$\Delta U = mL - p(v_v - v_l) \quad (7)$$

Um sistema constituído de formas líquidas e sólidas de uma dada substância, a uma pressão constante, pode estar em equilíbrio térmico, mas apenas a uma temperatura única, claramente definida a qual denominamos de *temperatura de fusão*. O equilíbrio térmico gelo-água se dá a $0^{\circ}C$ e $p = 1atm$. Na temperatura de fusão, uma dada quantidade de material sólido, muda para fase líquida, sem qualquer variação na temperatura vigente. Do mesmo modo, uma quantidade de energia térmica é gerada quando esta quantidade de líquido é congelada, embora possa não ocorrer variação apreciável na temperatura. Esta energia é denominada de *calor latente de fusão* e representa a energia necessária para romper uma fase sólida firmemente ligada e torná-la líquida. Então, podemos definir calor latente de fusão de uma substância (L) como a quantidade de calor recebida por um grama da substância ao passar do estado sólido para o líquido, sem variação de temperatura. Suas unidades são: cal/g e cal/mol . O calor de fusão do gelo (água), sob pressão atmosférica normal é $80 cal/g$.

Temos dois tipos de fusão: a fusão cristalina e a fusão pastosa. Na fusão cristalina a passagem do estado sólido para o líquido se verifica a uma temperatura determinada (temperatura de fusão) que se mantém constante, para $p = cte$, até que a mudança de estado se complete. Ex: gelo, enxofre.

Na fusão pastosa a substância vai amolecendo gradativamente enquanto a temperatura aumenta, em determinado instante verifica-se que a substância se encontra no estado líquido, sem que se possa atribuir, à substância, uma temperatura de fusão, sabe-se apenas que a fusão se processou dentro de uma faixa de temperatura Ex: parafina

3. MATERIAL UTILIZADO

- Calorímetro
- Becker
- Manta aquecedora
- Termômetros
- Gelo
- Toalha descartável

4. ATIVIDADES EXPERIMENTAIS

01. Aquecer cerca de $5^{\circ}C$ acima da temperatura ambiente uma certa massa de água (M).

02. Coloca-se esta massa de água no calorímetro e mede-se com a balança (*massa de água + massa do calorímetro = m_2*), logo

$$M = m_2 - m$$

onde m é a massa do calorímetro vazio e lê-se a temperatura T_1 .

03. Coloca-se 4 a 5 pedras de gelo, “enxutas” com a toalha descartável e sem tocar nas pedras para que elas possam estar a $T_0 = 0^{\circ}C$, no calorímetro. Agita-se bem e mede-se a temperatura de equilíbrio T_f .

04. Mede-se a massa de gelo M_1 , sabendo-se que

$$m_3 = m + M + M_1$$

logo

$$M_1 = m_3 - m_2$$

05. Vale a seguinte relação de acordo com a conservação da quantidade de calor

$$Ec(T_1 - T_f) + Mc(T_1 - T_f) = M_1L + M_1c(T_f - T_0)$$

$$L = \frac{(E + M)(T_1 - T_f) - M_1(T_f - T_0)}{M_1}$$

onde E é o *equivalente em água do calorímetro* que já deve ter sido calculado na experiência anterior.

06. Quando você poderá afirmar que os dois corpos (água e gelo) em contato entram em equilíbrio térmico?

07. Analise a veracidade das seguintes afirmações:

- “Dois corpos em equilíbrio térmico possuem a mesma temperatura”.

- “Dois corpos em equilíbrio térmico com um terceiro, estão em equilíbrio térmico entre si”.

Como é conhecida esta afirmação?

08. Porque o gelo deve ser “enxuto”, antes de ser colocado no calorímetro?

09. Observe a leitura inicial (ambiente) indicada no termômetro e anote.

10. Coloque gelo picado até a metade do copo de um becker e introduza, com cuidado o termômetro, no seu interior. Observe durante cinco minutos a coluna mercurial do termômetro e comente (sucintamente) o observado, anote a leitura termelétrica no final do intervalo de tempo.

11. Retire o termômetro, coloque três colheres de sopa com sal de cozinha sobre o gelo picado, misture-os e torne a colocar o termômetro, com cuidado, no interior da mistura, observe durante cinco minutos a coluna mercurial, comente o observado e anote a temperatura final de equilíbrio térmico.

12. Segundo o observado, a mistura de sal com gelo moído, goza de uma propriedade. Que propriedade é esta?

13. Acople um tubo de ensaio no interior da mistura e suspenda o termômetro a 0,5 cm do fundo do tubo de ensaio. Adicione, com uma pipeta, água líquida, o suficiente para cobrir o bulbo do termômetro, anotando a hora e a temperatura inicial do processo.

14. Com um pedaço de fio de cobre, movimente continuamente (para cima, para baixo e para os lados) a água no interior do tubo de ensaio, anotando (de minuto em minuto) a temperatura da água e o observado. Não toque no termômetro até o término da atividade.

15. Que tipo de mudança de estado ocorreu?

16. Segundo os dados da atividade 14, faça o gráfico *temperatura x tempo*

17. Qual o significado físico do platô no gráfico?

18. Erga, com cuidado, todo o conjunto (haste, sapata, tubo de ensaio e termômetro), retire a mistura refrigerante (não tente retirar o termômetro), seque a parte externa do tubo e anote o tempo de início do degelo, de minuto em minuto, registre a temperatura e o observado.

19. Que tipo de mudança de estado ocorreu?

20. Observe o tubo de ensaio por fora. Como você justificaria o ocorrido? De onde surgiu esta água líquida? Que mudança de estado ocorreu neste caso?

21. Com os dados registrados na atividade 17, faça o gráfico *temperatura x tempo*, do fenômeno observado.

22. Qual o significado físico do platô, neste gráfico?

23. Caso você resolvesse refazer estas atividades em outro lugar, onde a pressão atmosférica fosse diferente, os valores encontrados seriam os mesmos? justifique.

5. BIBLIOGRAFIA

1. RESNICK, R. , HALIDAY, D. , *Fundamentos da Física*, Volumes I e II, 6ªEdição, Livros Técnicos Científicos, 1996
2. SERWAY, R. A., *Física*, Volumes I e II, , 3ªEdição, Livros Técnicos e Científicos, 1992.
3. RAMOS, Luis Antônio Macedo, *Física Experimental*, Porto Alegre, Mercado Aberto, 1984.
4. DANO, Higinio S., *Física Experimental I e II*, Caxias do Sul, Editora da Universidade de Caxias do Sul, 1985.
5. SILVA, Wilton Pereira, CLEIDE M. D. , *Tratamento de Dados Experimentais*, 2ªEdição, João Pessoa, Editora Universitária, 1998.
6. VUOLO, Jose Henrique, *Fundamentos da Teoria de Erros*, 2ªEdição, Editora Edgar BLUCHER
5. CRUZ, Carlos H. B., FRAGNATO H. L., *Guia para Física Experimental*, Instituto de Física Universidade Estadual de Campinas - Unicamp, 1997
7. GOLDEMBERG, JOSÉ, *Física Geral e Experimental*, Volume I.