

## Aula 07 - Propriedades físicas das substâncias

### Objetivos

- Reconhecer as diferentes propriedades das substâncias;
- Compreender que as substâncias apresentam propriedades que permitem reconhecê-las;
- Identificar diferentes materiais através de suas propriedades físicas.

### Introdução

As substâncias podem ser caracterizadas por diferentes tipos de análises. Á partir disso pode-se, então, atribuir suas diferentes propriedades. Por exemplo, as substâncias podem ter propriedades organolépticas, que podem ser percebidas por nossos sentidos, isto é: cheiro, sabor, cor, brilho, ente outras. Propriedades como massa e volume, são denominadas **propriedades gerais**, pois não possibilitam determinar qual é a substância em análise. Já algumas das propriedades físicas e químicas das substâncias são denominadas de **propriedades específicas** porque podem ser utilizadas para descobrir qual é a substância química em questão. Alguns exemplos são mostrados na Figura 1.



O cobre é uma substância sólida, castanho-avermelhada, com brilho metálico, boa condutora de calor e de corrente elétrica



O sulfato de cobre (II) hidratado é uma substância sólida, azul, solúvel em água e insolúvel em álcool etílico.



O grafite é uma substância sólida, cinza, com brilho, baixa dureza e boa condutora da corrente elétrica.

Figura 1: Exemplos de substâncias químicas e suas propriedades.

Uma propriedade física pode ser medida ou observada sem alterar a composição química de uma substância. Coloração, dureza, ponto de fusão, ponto de ebulição, densidade são exemplos de propriedades físicas. As propriedades químicas estão relacionadas com as transformações químicas, ou a capacidade de uma substância se transformar em outra. A corrosividade, inflamabilidade, acidez e toxicidade são exemplos de propriedades químicas.

As propriedades físicas podem ser classificadas como propriedades extensivas e propriedades intensivas. Uma propriedade extensiva depende da quantidade de matéria. Por exemplo, a massa e o volume são propriedades extensivas. Valores da mesma propriedade extensiva, podem ser somados. Uma propriedade intensiva não depende da quantidade de matéria consideradas. O ponto de fusão e a densidade são exemplos de propriedades intensivas.

A densidade é uma grandeza intensiva e é uma das propriedades mais utilizadas na identificação dos materiais e na separação de misturas. Por exemplo, nos postos de combustíveis os densímetros permitem que o consumidor comprove a qualidade da gasolina que está sendo vendida; as cooperativas de leite usam de recurso semelhante para verificar se o leite não foi adulterado; quase todas as atividades mineradoras usam esta propriedade para separar minérios; empresas recicladoras de plásticos provenientes de coleta seletiva de lixo usam água para separar plásticos mais densos de plásticos menos densos. O conceito de densidade é muito mais amplo que o resultado de uma operação aritmética de divisão entre massa e o volume de uma substância. Ele está relacionado, por exemplo, aos conceitos de compressão e empacotamento dos átomos. Quanto maior for o empacotamento dos átomos, mais densa é a substância. Da mesma forma, quanto maior for a compressão sobre um objeto, maior será a sua densidade.

Para determinar a densidade de um corpo sólido que tem uma forma geométrica regular pode-se recorrer a uma expressão matemática, para se determinar o seu volume

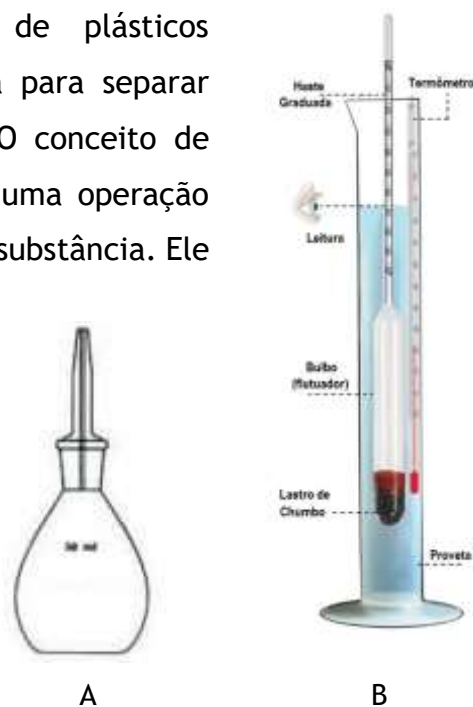


Figura 2: Aparelhos para a determinação de densidade: (A) - picnômetro e (B) - densímetro.

- cálculo do volume de sólidos regulares. Se o corpo sólido tiver forma geométrica irregular, pode-se recorrer ao método de deslocamento do líquido para se determinar o seu volume (Princípio de Arquimedes).

Para determinar a densidade de um líquido pode-se utilizar do procedimento semelhante ao da determinação da densidade de sólidos, ou seja, conhecendo a massa e o volume do líquido, Figura 2A ou medir diretamente utilizando densímetros com escalas apropriadas, Figura 2B.

Outra propriedade das substâncias de grande importância refere-se às mudanças de estado físico que estão mostradas na Figura 3.



Figura 3: Representação das mudanças de estado físico.

Sólidos cristalinos são compostos de átomos, íons, ou moléculas num padrão geométrico altamente ordenado (matriz cristalina). Os átomos, íons ou moléculas são mantidos em suas posições por forças eletrostáticas, forças de London e/ou dipolo-dipolo. Quando um sólido puro cristalino é aquecido, os átomos, íons ou moléculas vibram mais e mais rapidamente até que numa temperatura definida o movimento térmico das partículas torna-se suficientemente grande para sobrepujar as forças de atração. Então os átomos, íons ou moléculas entram um estado mais desordenado, o estado líquido. O ponto de fusão (p.f.), Figura 4A, é definido como a temperatura em que o primeiro cristal começa a fundir até a temperatura em que o último cristal desaparece (passagem do estado sólido para o estado líquido). Assim sendo o p.f. é, na verdade, uma faixa de fusão. Termodinamicamente, o p.f. é a temperatura na qual a pressão de vapor na fase sólida é igual à pressão de vapor na fase líquida, ou seja, quando estas duas fases estão em equilíbrio. A faixa de fusão de compostos puros é de 0,5 a 1,0°C. Um sólido impuro funde em uma temperatura mais baixa e em uma faixa mais ampla do que o mesmo composto

puro como. Ademais, é conhecido que se a substância estiver impura a temperatura de fusão pode variar de 3,0 a 5,0°C do valor teórico. Para misturas a temperatura de fusão sofre uma variação maior do que 5,0°C. Assim, o ponto de fusão de um sólido é útil tanto na identificação de uma substância como também é uma indicação de sua pureza.

Alguns sólidos passam diretamente do estado sólido ao estado gasoso sem primeiro se liquefazer. Este fenômeno é chamado de sublimação. A temperatura na qual a sublimação ocorre é chamada de ponto de sublimação.

Conforme um líquido é aquecido, a pressão de vapor do líquido aumenta até o ponto onde ela se iguala à pressão aplicada (normalmente a pressão atmosférica). Neste ponto observa-se a ebulição do líquido. O ponto de ebulição normal é medido a 760 mm Hg. Em uma pressão mais baixa, a pressão de vapor necessária para ocorrer a ebulição também será mais baixa, e o líquido entrará em ebulição a uma temperatura menor. Em outras palavras, o ponto de ebulição (p.e.), Figura 4B, de um líquido pode ser definido como a temperatura na qual a pressão do vapor do líquido é igual à pressão externa na superfície do líquido. O ponto de ebulição (a uma determinada pressão) é uma propriedade característica de um líquido puro, da mesma maneira que o ponto de fusão é uma propriedade característica de um sólido cristalino puro. Entretanto, ao se determinar um ponto de ebulição a pressão deve sempre ser registrada, ao contrário das determinações de pontos de fusão.

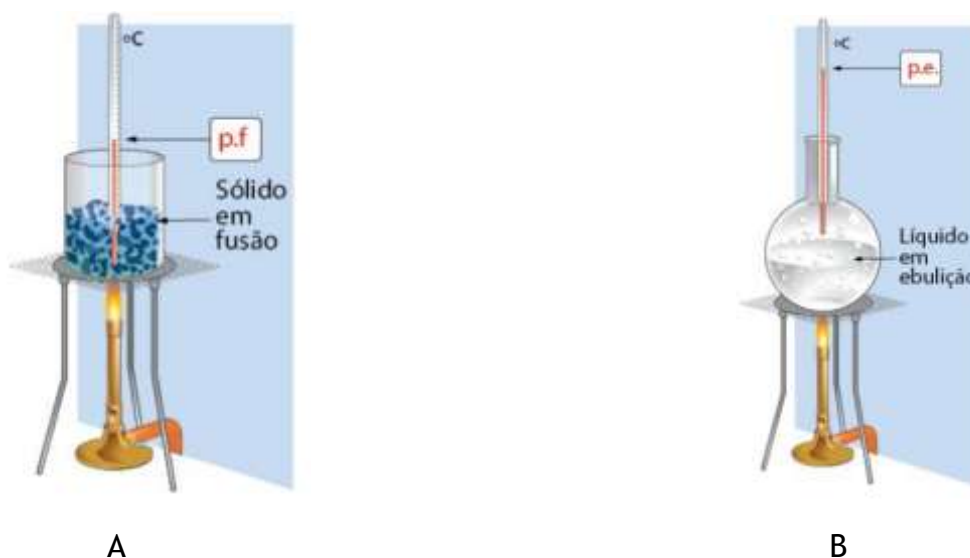


Figura 4: Esquema para determinação do (A) ponto de fusão e (B) ponto de ebulição.

## Parte prática

### Procedimento 1: Determinação da densidade de um sólido

#### Materiais e reagentes

02 pedaços de madeira  
 01 régua  
 01 balança  
 01 cuba

#### Procedimento experimental

- Pesar as duas amostras de madeira, disponíveis em sua bancada. Anotar a massa na Tabela 1.
- Medir as três arestas de cada uma das peças de madeira (altura, largura e profundidade). Anotar os valores.
- Calcular o volume das amostras, a partir da expressão matemática adequada ao formato da amostra. Anotar os valores na Tabela 1.

Tabela 1: Massa e volume das peças de madeira.

Amostra	Massa (g)	Volume (cm <sup>3</sup> )
1		
2		

- Adicionar um pedaço de madeira em uma cuba com água destilada. Observar.
- Realizar os cálculos indicados na tabela a seguir.

Tabela 2: Operações matemáticas sugeridas com os dados obtidos na tabela 1.

Amostra	massa + volume	massa × volume	massa/volume	volume/massa
1				
2				

Com base nos dados obtidos qual das operações matemáticas acima poderia relacionar a densidade dos materiais? Por quê?

Calcule a densidade da madeira presente na amostra.

Por que a relação  $V/m$  não pode ser usada para definir a densidade dos materiais?

## Procedimento 2: Determinação da densidade de líquidos

### Materiais e reagentes

01 picnômetro de 50 mL  
01 béquer de 100 mL  
01 termômetro de álcool

água destilada  
etanol P.A.  
balança digital

### Procedimento experimental

- Em um béquer de 100 mL, adicionar aproximadamente 80 mL de água destilada.
- Com o auxílio de um termômetro, medir a temperatura da água ( $T = \quad \text{°C}$ ).
- Pesar cuidadosamente o picnômetro (com seu tubo capilar) seco e vazio ( $m_p$ ).
- Encher completamente o picnômetro com a água destilada do béquer. Tampar o picnômetro de maneira que o excesso de água escorra pelo capilar. Verificar se bolhas de ar não ficaram

aprisionadas no interior do picnômetro. Se isso ocorrer, remova-as e preencha-o novamente. Enxugar com papel toalha as paredes externas do picnômetro.

e) Pesar o picnômetro cheio com água ( $m_1$  - picnômetro + amostra). Depois descartar a água na pia.

Atenção: cuidado para não sujar ou engordurar as paredes externas do picnômetro e para evitar que o líquido mude de temperatura com relação à ambiente.

f) Posteriormente, lavar três vezes o picnômetro com um pequeno volume de etanol para remover os resíduos de água do seu interior. Descartar as alíquotas.

g) Encher com o etanol, tomando os mesmos cuidados de enxugar conforme item “d”.

h) Pesar o picnômetro cheio com etanol ( $m_1$  - picnômetro + amostra).

i) Recolher o etanol no frasco indicado pelo professor.

Tabela 3: Dados obtidos para determinação de densidade de líquidos

amostra	$m_p$ (g)	$m_1$ (g)	massa da amostra (g)	volume da amostra (mL)	densidade (g/mL)
H <sub>2</sub> O					
CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH					

Tabela 4: Densidade da água em diferentes temperaturas.

T(°C)	d (g/cm <sup>3</sup> )	T(°C)	d (g/cm <sup>3</sup> )
10	0,999700	20	0,998203
11	0,999605	21	0,997992
12	0,999498	22	0,997770
13	0,999377	23	0,997538
14	0,999244	24	0,997296
15	0,999099	25	0,997044
16	0,998943	26	0,996783
17	0,998774	27	0,996512
18	0,998595	28	0,996232
19	0,998405	29	0,995944

Compare os resultados experimentais com os teóricos e avalie as possíveis fontes de erro. Consulte o valor da densidade do etanol no rótulo do frasco do reagente.

### Procedimento 3: Determinação da massa molar do gás butano

#### Materiais e reagentes

01 proveta de 10 mL  
01 cuba  
01 isqueiro  
01 mangueira  
01 suporte universal

01 garra  
01 termômetro  
balança digital  
água destilada

#### Procedimento experimental

##### Atenção

O gás butano é tóxico. Deixe as janelas e portas do laboratório abertas durante a realização do experimento.

- Pesar o isqueiro que está sob sua bancada (massa inicial).  
*OBS: Devido à alta pressão, dentro do isqueiro podemos encontrar o butano nos estados líquido e gasoso.*
- Conectar uma mangueira na saída do isqueiro, de modo a não deixar nenhum vazamento, pois se a conexão do tubo ao isqueiro vazar os resultados do experimento estarão comprometidos.
- Colocar água na cuba aproximadamente até a metade de sua capacidade.
- Encher a proveta com água, tampar a sua abertura e inverter no recipiente com água.
- Pegar a extremidade livre da mangueira e colocar no interior da proveta. Prender a proveta em um suporte universal. (Esquema mostrado na Figura 5)
- Injetar 10 mL do gás butano, apertando lentamente o gatilho do isqueiro.
- Pesar novamente o isqueiro e anotar a massa obtida (massa final).
- Usando o termômetro meça a temperatura da água (temperatura ambiente).

Massa inicial do isqueiro = \_\_\_\_\_

Massa final do isqueiro = \_\_\_\_\_

Massa do gás butano  
recolhido na proveta = \_\_\_\_\_

Volume do gás butano = \_\_\_\_\_

Temperatura = \_\_\_\_\_

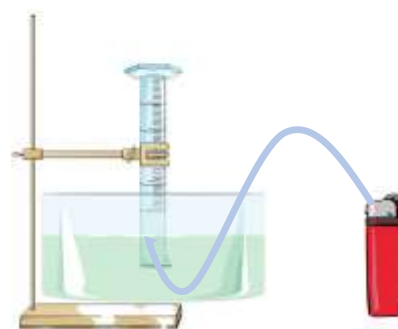


Figura 5: Esquema da montagem utilizada para a determinação da massa molar do butano.

A equação de Clapeyron ou dos gases ideais:

$$P.V = n.R.T$$

P = pressão (Pressão atmosférica menos a pressão de vapor da água) (atm)

V = Volume (L)

n = número de mols ( $n = m/MM$ ) onde MM é a massa molar

R = constante dos gases ( $0,082 \text{ atm.L.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$ )

T = temperatura na escala absoluta Kelvin

Calcule a massa molar do gás butano, com o auxílio da equação de Clapeyron. Qual o erro relativo?

#### Procedimento 4: Determinação do ponto de fusão de uma amostra desconhecida

##### Materiais e reagentes

01 béquer de 100 mL

01 termômetro de álcool

01 tubo de ensaio

Água destilada

Suporte universal

Garra

Bico de Bunsen

Tela de amianto

##### Procedimento experimental

- a) Montar o sistema para determinação do ponto de fusão da amostra fornecida, conforme figura abaixo (Figura 6)

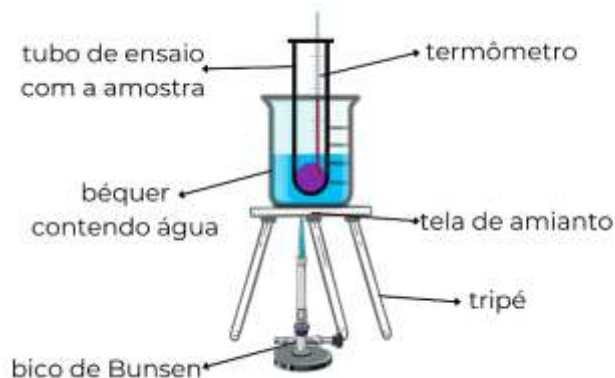


Figura 6: Esquema da aparelhagem para determinação do ponto de fusão

- b) Adicionar uma pequena quantidade da amostra desconhecida no tubo de ensaio e fixá-lo com uma garra no suporte universal.
- c) Adicionar 50 mL de água destilada no béquer.
- d) Aquecer o sistema gradualmente (aproximadamente 10 °C/minuto no início, 2-3 °C/minutos quando chegar próximo do possível ponto de fusão) observando cuidadosamente a amostra.
- e) Determinar o ponto de fusão da amostra fornecida.

*A temperatura deve ser registrada quando a primeira gota de líquido se formar (temperatura de fusão inicial) e quando os últimos cristais de sólido desaparecem (temperatura de fusão final). O ponto de fusão pode ser expresso como:*

*Faixa de temperatura de fusão = temperatura de fusão inicial até temperatura de fusão final*

*ou como uma média:*

$$\text{Ponto de fusão} = \frac{(\text{temperatura de fusão final}) + (\text{temperatura de fusão inicial})}{2}$$

- f) Consultar a tabela 5 para identificar a substância contida na amostra desconhecida.

Tabela 5: Ponto de fusão de algumas substâncias

Substância	Ponto de fusão (°C)
Ácido Palmítico	62,9
2,4-dinitrotolueno	70,0
Acetanilida	113,7
Ácido benzóico	122,1

Amostra desconhecida = \_\_\_\_\_

## Referências bibliográficas

- Brown, TL; LeMay Jr, HE; Bursten, BE e Burge, JR, Química: a ciência central, 9a ed, Pearson, São Paulo, SP, 2005. (ISBN: 978-85-78918-42-0)
- Atkins, P., Jones, L., Laverman, L. Princípios de Química: Questionando a Vida Moderna e o Meio Ambiente, 7ª edição, Editora Bookman, Porto Alegre, 2018. (ISBN: 978-85-8260-462-5).

3. Lenzi, E.; Favero, L.O.B.; Tanaka, A.S.; Vianna Filho, E. A.; Silva, M.B.; Gimenes, M.J.G. Química Geral Experimental, Editora Freitas Bastos, Rio de Janeiro, 2004. (ISBN: 85-353-0217-4).

## Exercícios para autoavaliação

1. Um prego, com alguns gramas afunda ao ser colocado em água. Explique por que um navio com muitas toneladas de ferro não afunda na água do mar?
2. Se você tivesse uma mistura qualquer de água e etanol, entre que valores estaria a sua densidade? Justifique sua resposta.
3. A determinação do ponto de fusão de uma mistura pode levar a acreditar que se trata um composto puro? Explique.
4. Qual seria o efeito no ponto de fusão observado experimentalmente se a amostra fosse:
  - a. pobremente empacotada
  - b. aquecida rapidamente