

# Hoje, a torcida está “esquentada”!

**É** domingo. Fim de tarde, dia de futebol. Gaspar e Maristela foram ao jogo no estádio. A fila era muito grande, mas os dois, torcedores fanáticos, não desistiram. Multidão imensa, verdadeiro tumulto, grande empurra-empurra. Os portões do estádio ainda estavam fechados e mais gente chegava. Gaspar começou a ficar nervoso. Maristela, com seu jeito desligado, nem percebia que os torcedores estavam cada vez mais agitados.

Então, Gaspar disse: – Isso aqui está parecendo uma panela de pressão!

Nesse momento, os portões se abriram, e foi aquela correria. Quem estava mais perto da entrada pegou os melhores lugares. Maristela e Gaspar estavam mais atrás. Finalmente, começaram a andar. A sensação de “aperto” foi diminuindo. Em pouco tempo eles estavam bem aliviados com a redução da “pressão”. Todos conseguiram se sentar, pois o estádio era grande e tinha lugar sobrando para todos. Isso deixou a torcida bastante calma e animada para o jogo.

De repente, Maristela se levanta, com os olhos arregalados, e grita:

– Nós somos como as moléculas de um gás!!!

Gaspar não acreditou no que viu e ouviu. Rapidamente, puxou Maristela para fazê-la sentar-se novamente. Mas já era tarde: as gozações começaram a vir de todos os lugares

Maristela não teve dúvidas: puxou seu caderninho de anotações e começou a escrever: “Panela de pressão, alívio de pressão, diminuir agitação...”

O jogo começou. Maristela voltou ao seu estado de torcedora convicta, gritando e reclamando do juiz. Ela e Gaspar saíram satisfeitos do estádio, com a vitória do seu time e voltaram para casa. Gaspar deu carona a Maristela, que o convidou para tomar um refresco em sua casa. Gaspar aceitou imediatamente.

Quando chegaram à casa de Maristela, Gaspar finalmente perguntou sobre o grito que Maristela tinha dado no estádio:

– O que você quis dizer quando nos chamou de moléculas de um gás?

## O modelo atômico da matéria

Como vimos na aula passada, podemos representar a matéria como um conjunto de átomos. A maneira pela qual os átomos se ligam uns aos outros caracteriza os estados em que essa matéria se encontra, isto é, sólido, líquido ou gasoso. Vimos também que todas as substâncias mudam de estado numa determinada temperatura.



A água, por exemplo, quando se encontra sob pressão de 1 atm (atmosfera), tem temperatura de fusão a 0°C e de ebulição a 100°C.

Na Aula 22, estudamos o comportamento de sólidos e líquidos quando aquecidos. Sabemos que a maioria dos materiais se dilata, quando aquecida, e se contrai, quando resfriada.

Nesta aula estudaremos o comportamento dos gases, quando são aquecidos ou resfriados

## Os gases

Maristela começou a explicar a Gaspar a analogia que estava fazendo quando comparou os torcedores às moléculas de um gás. Levou Gaspar até a cozinha, colocou uma panela de pressão vazia no fogão e começou a aquecê-la:

– Veja bem: o modelo que fazemos de um gás é o de um conjunto de moléculas (ou átomos) que tem ligações muito fracas entre si, e grandes velocidades. O que ocorre quando fechamos uma panela de pressão apenas com ar dentro e a colocamos no fogo é que, ao fornecer calor (energia térmica) às moléculas, elas se agitam mais rapidamente (aumento de temperatura) e se chocam mais intensamente contra a parede da panela (aumento de pressão). À medida que fornecemos calor, a pressão aumenta até ser suficiente para levantar a válvula de segurança da panela.

– Dessa forma, o gás começa a escapar pela válvula. Isso ocorre porque a pressão externa à panela é menor que a pressão no seu interior, e isto permite que o gás escape do interior da panela, e impede que a pressão aumente ainda mais.

– Com a torcida se deu quase a mesma coisa. O “calor”, nesse caso, é a impaciência das pessoas que começam a ficar irritadas pelo fato de o portão do estádio não abrir. A agitação entre as pessoas vai aumentando de tal forma que, se não abrem o portão, a multidão “explode”. O mesmo ocorre como a panela de pressão: se não tivesse a válvula de segurança, ela explodiria.

– Muitas pessoas colocam a panela de pressão debaixo da torneira d’água para que ela esfrie mais rápido e possa ser aberta sem risco. Isso porque, quando o gás é resfriado, a agitação molecular diminui até que não seja mais suficiente para levantar a válvula de segurança.

Neste momento, Gaspar interrompe Maristela e diz:

– A gente pode dizer, então, que a pressão é diretamente proporcional à temperatura?

– Exatamente! – gritou Maristela. – Sempre que aumentamos a temperatura de um gás que está num recipiente rígido, isto é, que não muda de volume, sua pressão irá aumentar! Matematicamente podemos escrever que:

$$P \propto T$$

ou seja, a pressão é diretamente proporcional à temperatura.

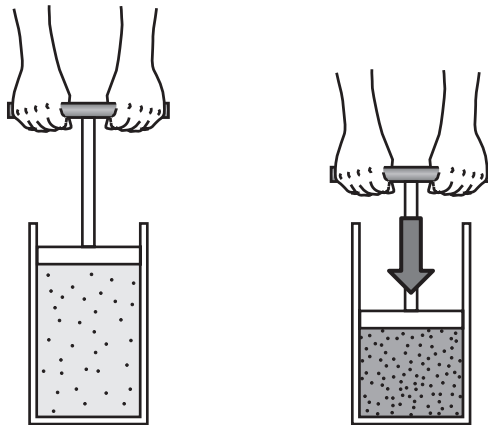
## Relação P-V

Gaspar se animou.

– Nossa sorte foi que o estádio era grande, pois mesmo com a torcida agitada não houve muitos problemas. Se o estádio fosse menor, certamente seria bem pior!

– Sem dúvida! Se o estádio fosse menor não teríamos tantos lugares, e a agitação pela disputa de cadeiras seria grande. Com os gases acontece quase o

mesmo fenômeno. Ou seja: se pegamos um cilindro com um gás dentro e com temperatura constante, isto é, com a mesma agitação molecular, e começamos a comprimi-lo, diminuindo seu volume, conseqüentemente a pressão vai aumentar, pois o número de moléculas que vão se chocar num espaço menor será maior. Veja este desenho...



Quando comprimimos o gás, seu volume diminui.

– Da mesma forma, – disse Gaspar – se o estádio fosse muito grande praticamente não haveria problema entre as torcidas, pois sobraria espaço!

– Claro! A respeito do gás poderíamos dizer quase a mesma coisa. Se deixamos o gás se expandir com temperatura constante, a pressão vai diminuir, ou seja, as moléculas vão ter bastante espaço para se mover, e mais raramente vão se chocar contra as paredes do cilindro.

Gaspar continuou, com ar de quem já estava dominando o assunto:

– Então, podemos dizer que o volume do gás é inversamente proporcional à sua pressão!

Maristela quase não acreditou no que o amigo havia dito! Fantástico! Era exatamente o que ocorria, e ela rapidamente anotou no seu caderninho:

$$P \propto \frac{1}{V}$$

Gaspar, pelo jeito, estava numa noite inspirada. Depois de um gole de refresco, disse:

– Mas, Maristela, imagine que estivéssemos no estádio e que as pessoas estivessem igualmente agitadas, mas que o número de pessoas fosse muito maior. Nesse caso, poderíamos dizer que a pressão aumenta?

– Você, hoje, está afiado! Sem dúvida você está correto, mas **tome muito cuidado com as comparações**, pois estamos usando as pessoas num estádio de futebol só como uma comparação. Na verdade, as pessoas não formam um gás. Por isso, quando você usa a palavra “pressão”, tem de lembrar que esse conceito está bem definido para os fenômenos da natureza, mas não está bem definido para os fenômenos da sociedade humana!

Gaspar acenou com a cabeça e continuou:

– Tudo bem, mas imagine um gás num recipiente fechado, à temperatura constante. Se aumentarmos o número de moléculas dentro do recipiente, sua pressão não irá aumentar?

– Sem dúvida! – respondeu Maristela. – E, assim, podemos dizer que a pressão também é diretamente proporcional ao número de moléculas que estão presentes naquele volume de gás, ou seja, podemos escrever que:

$$P \propto n$$

## Lei dos gases

Finalmente, Maristela colocou na mesma folha de papel todas as conclusões tiradas:

$$P \propto T$$

$$P \propto \frac{1}{V}$$

$$P \propto n$$

Se a pressão é proporcional a cada um dos termos acima, ela é proporcional ao produto de todos eles, ou seja:

$$P \propto \frac{nT}{V}$$

A proporcionalidade pode se tornar um modelo matemático, ou seja, podemos reescrever essa expressão como:

$$P = R \frac{nT}{V}$$

onde **R** é uma constante de proporcionalidade, que pode ser medida! Podemos finalmente reescrever essa equação como:

$$\frac{PV}{T} = nR$$

Essa expressão é muito importante, pois nos permite fazer algumas previsões!

### Equação de estado de um gás ideal

Na expressão acima, o número de moléculas **n** é representado pelo número de moles do gás. Sabe-se, por experiências, que **1 mol** de qualquer gás contém:

$$n_0 = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ moléculas do gás}$$

Esse valor é chamado de **número de Avogadro**. A unidade **mol** serve para representar o número de moléculas de um gás, de forma simples, em vez de se usar números enormes como o número de Avogadro.

A constante **R** pode ser obtida experimentalmente. Por exemplo: um mol de qualquer gás, a uma temperatura de 0°C, ou seja, a 273 Kelvin, a uma pressão de 1 atm, ocupará o volume de 22,4 litros. Essa condição do gás é chamada de **CNTP**, isto é, **condições normais de temperatura e pressão**, que é uma convenção.

Com essas informações, podemos calcular a constante **R**:

$$R = \frac{PV}{nT}$$

$$R = \frac{1\text{atm} \cdot 22,4 \ell}{1\text{mol} \cdot 273\text{K}}$$

$$R = 0,082 \frac{\text{atm} \cdot \ell}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

Essa constante é chamada de **constante universal dos gases**. Isto significa que ela tem o mesmo valor para todos os gases da natureza.

### Transformações gasosas: como prevê-las?

Depois que começou a entender o comportamento os gases, Gaspar deu asas à imaginação e começou a usar a equação de estado dos gases em várias situações diferentes.

– Então podemos prever como vai se comportar a temperatura, a pressão ou o volume de um gás depois que ele foi aquecido, ou resfriado, ou, ainda, comprimido!

– É verdade. Suponha que um gás num recipiente fechado sofra uma variação nas suas condições. Podemos escrever que, inicialmente:

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = nR$$

E, depois da transformação, escrevemos:

$$\frac{P_2 V_2}{T_2} = nR$$

Como **n** é constante, pois o recipiente está fechado e não entra nem sai gás, podemos escrever que:

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

Assim, dados a pressão, a temperatura e o volume do gás no estado 1 e a temperatura e a pressão no estado 2, podemos calcular qual será o volume no estado 2, isto é, após a transformação. De modo geral, para um gás que está num estado inicial (i) e que sofre uma transformação e altera seu estado para um estado final (f), podemos escrever:

$$\frac{P_i V_i}{T_i} = \frac{P_f V_f}{T_f}$$

Três tipos de transformações gasosas podem ser expressas com a equação acima.

- **Isotérmica** é a transformação que ocorre à temperatura constante, ou seja,  $T_i = T_f$ . Podemos expressá-la do seguinte modo:

$$P_i V_i = P_f V_f$$

- **Isobárica** é a transformação em que a pressão se mantém constante, ou seja,  $P_i = P_f$ . Podemos escrever:

$$\frac{V_i}{T_i} = \frac{V_f}{T_f}$$

- **Isovolútrica** é a transformação em que o volume é constante,  $V_i = V_f$ . Podemos então escrever:

$$\frac{P_i}{T_i} = \frac{P_f}{T_f}$$

- Há ainda outra forma de transformação gasosa, que chamamos de **transformação adiabática**. Esse tipo de transformação ocorre quando o gás sai do seu estado inicial e vai para o seu estado final sem que haja trocas de calor com o ambiente que o cerca.

Gaspar, satisfeito por compreender várias coisas sobre os gases, acabou seu refresco e disse que precisava ir para casa, pois Alberta devia estar preocupada.

Quando Gaspar chegou em casa, Alberta estava uma fúria.

– Como você não avisa aonde vai depois do jogo? Achei que tinha se perdido na multidão!

Gaspar explicou a situação. Isso acalmou um pouco Alberta.

– Vi na televisão como a torcida estava inflamada antes do jogo. A entrada do estádio parecia um caldeirão. Pelo menos abriram os portões antes que a multidão provocasse um estrago. Já imaginou o trabalho que ia dar?

Alberta foi dormir, mas Gaspar ficou curioso com a observação de Alberta e logo pensou: “Será que um gás realiza trabalho?”



Nesta aula você aprendeu:

- a hipótese atômica da matéria, ou seja, a hipótese de que a matéria é constituída de átomos;
- as relações entre pressão, volume e temperatura nas transformações gasosas;
- como trabalhar com a equação de estado de um gás ideal (ou seja, de um modelo de gás);
- os tipos de transformações de gases que existem: isobárica, isotérmica, isovolumétrica e adiabática.



### Exercício 1

Em testes com pneus, as fábricas verificam qual é a variação de pressão que ocorre após uma viagem. No início de uma dessas viagens, por exemplo, o pneu foi calibrado com uma pressão de  $30 \text{ lb/pol}^2$ , a uma temperatura de  $27^\circ\text{C}$ . Ao final da viagem a temperatura do pneu é  $57^\circ\text{C}$ .

Supondo que a variação do volume do pneu seja desprezível, responda:

- a) que tipo de transformação ocorreu com o ar dentro do pneu;
- b) qual será a pressão do ar no pneu ao final da viagem? (Cuidado com a unidade da temperatura!)

**Exercício 2**

Numa fábrica de válvulas, um técnico suspeita de vazamento numa delas, provavelmente devido a um ajuste mal feito no êmbolo, que permite a saída do gás. Para testar sua hipótese, tomou algumas medidas. Primeiro, verificou o estado inicial do gás no interior da válvula. A pressão era de 70 cmHg e seu volume era de  $20 \text{ cm}^3$ . Quando o gás chegava ao novo estado, com a mesma temperatura, tinha uma pressão de 120 cmHg e volume de  $10 \text{ cm}^3$ . Verifique a hipótese do técnico, e diga se ela estava correta.

**Exercício 3**

Um mergulhador solta uma bolha de ar, cujo volume é de  $2,5 \text{ cm}^3$ , a uma profundidade de 30 metros. Pode-se considerar desprezível a variação da temperatura da água, ou seja, podemos considerar que a bolha e a água têm temperatura constante e que estão em equilíbrio térmico. À medida que a bolha sobe, a pressão diminui (lembre-se de que a cada dez metros de profundidade, aproximadamente, a pressão aumenta 1 atm; na superfície, a pressão atmosférica é de 1 atm). Calcule o volume da bolha ao atingir a superfície.

**Exercício 4**

Calcule o número de moléculas de um gás contido num recipiente de 44,8 litros, a  $27^\circ\text{C}$  de temperatura e pressão de 1 atm. (Sugestão: primeiro calcule o número de moles do gás, depois use a relação entre um mol e o número de Avogadro).