



Segunda aula do  
curso básico de  
FT



Benoit Pierre Emile Clapeyron (1799-1864)

físico parisiense

partiu da equação geral dos gases

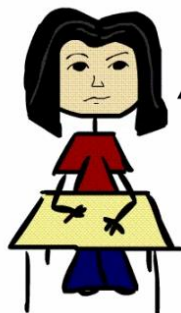
$$\frac{p \times V}{T} = cte$$

p = pressão do gás na escala absoluta

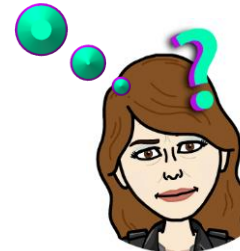
V = volume do gás

T = temperatura em Kelvin

O que vem a ser escala absoluta de pressão?



Como foi obtida a constante R?



Como obtenho a temperatura em Kelvin?



chegou a equação de Clapeyron

$$p \times V = n \times R \times T$$

n = número de mols do gás

R = constante universal do gás

$$\left( R = 0,082 \frac{\text{atm} \times \text{L}}{\text{mol} \times \text{K}} \right)$$





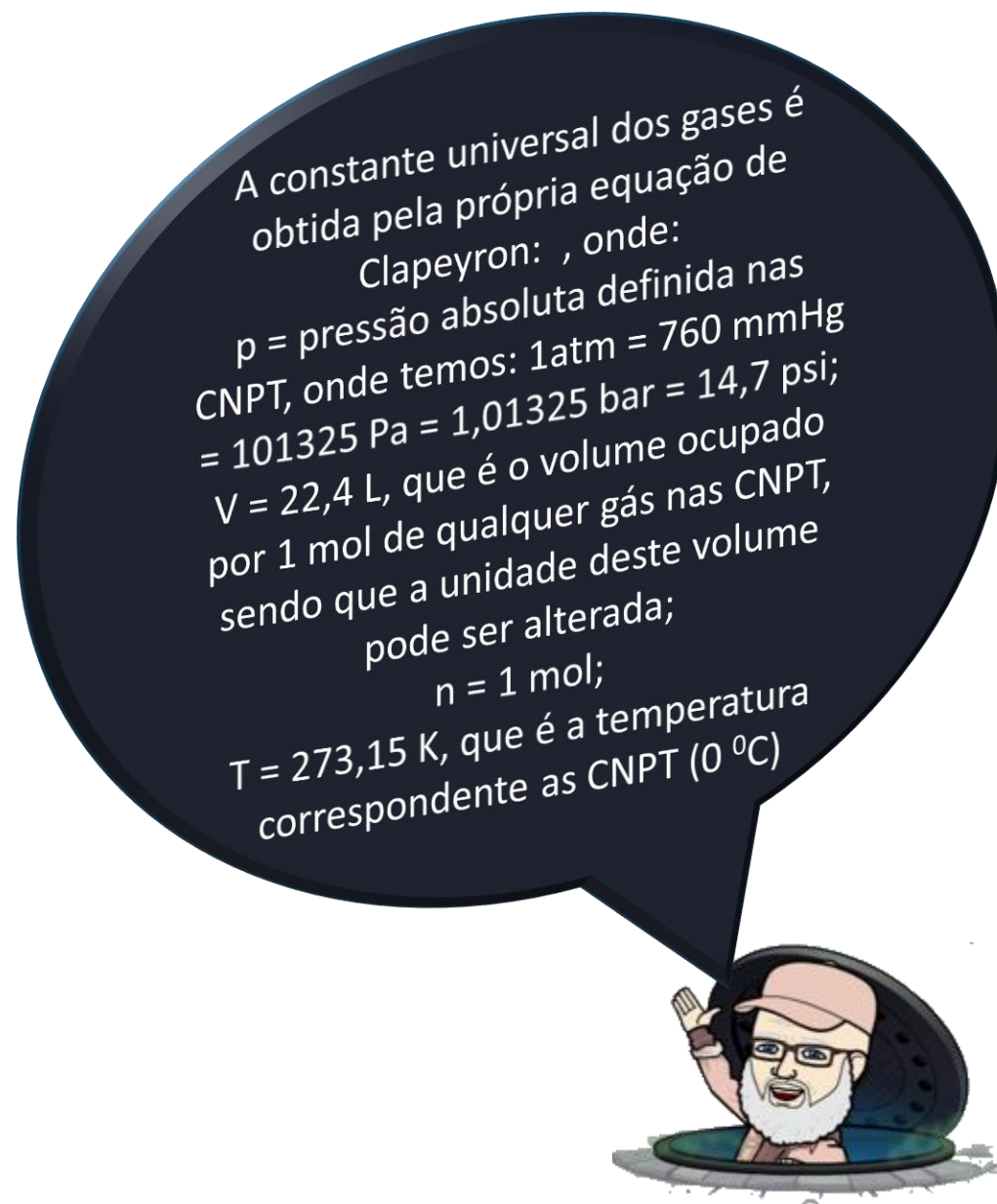
Temperatura em Kelvin igual a temperatura em Celsius mais 273,15 (ou 273)

$$T(\text{K}) = t(^{\circ}\text{C}) + 273,15$$

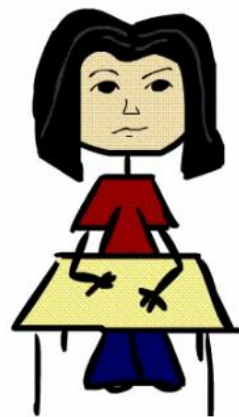
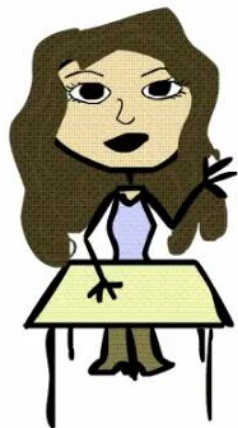


Escala de pressão absoluta é aquela que adota como zero o vácuo absoluto, portanto sempre positiva.

$$P_{\text{abs}} \geq 0$$



A constante universal dos gases é obtida pela própria equação de Clapeyron: , onde:  
 $p$  = pressão absoluta definida nas CNPT, onde temos:  $1\text{atm} = 760\text{ mmHg} = 101325\text{ Pa} = 1,01325\text{ bar} = 14,7\text{ psi}$ ;  
 $V = 22,4\text{ L}$ , que é o volume ocupado por 1 mol de qualquer gás nas CNPT, sendo que a unidade deste volume pode ser alterada;  
 $n = 1\text{ mol}$ ;  
 $T = 273,15\text{ K}$ , que é a temperatura correspondente as CNPT ( $0^{\circ}\text{C}$ )



Exemplos do  
cálculo de R



$$R = \frac{p \times V}{n \times T} = \frac{1 \text{ atm} \times 22,4 \text{ L}}{1 \text{ mol} \times 273,15 \text{ K}} = 0,082 \frac{\text{atm} \times \text{L}}{\text{mol} \times \text{K}}$$

$$R = \frac{p \times V}{n \times T} = \frac{760 \text{ mmHg} \times 22,4 \text{ L}}{1 \text{ mol} \times 273,15 \text{ K}} = 62,3 \frac{\text{mmHg} \times \text{L}}{\text{mol} \times \text{K}}$$

$$R = \frac{p \times V}{n \times T} = \frac{101325 \text{ Pa} \times 0,0224 \text{ m}^3}{1 \text{ mol} \times 273,15 \text{ K}} = 8,309 \frac{\text{Pa} \times \text{m}^3}{\text{mol} \times \text{K}}$$

A equação de Clapeyron reúne as equações de:

Boyle - Mariotte

processo isotérmico

$$p \times V = \text{cte}$$

Gay-Lussac

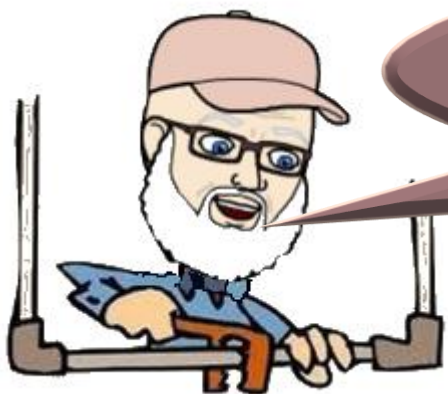
processo isobárico

$$\frac{V}{T} = \text{cte}$$

Charles

processo isocórico (ou isovolumétrico)

$$\frac{p}{T} = \text{cte}$$



Outro processo a ser mencionado é o **processo adiabático reversível**, que é aquele que ocorre sem troca de calor e que é representado pela equação de Poisson,  $K =$  constante adiabática, que para o ar é igual a 1,4:

$$p \times V^k = \text{cte}$$

A partir da equação de Poisson e a equação de Clapeyron, obtenha as equações a seguir, as quais também são válidas para os processos adiabáticos reversíveis.

$$T \times V^{k-1} = \text{cte}$$

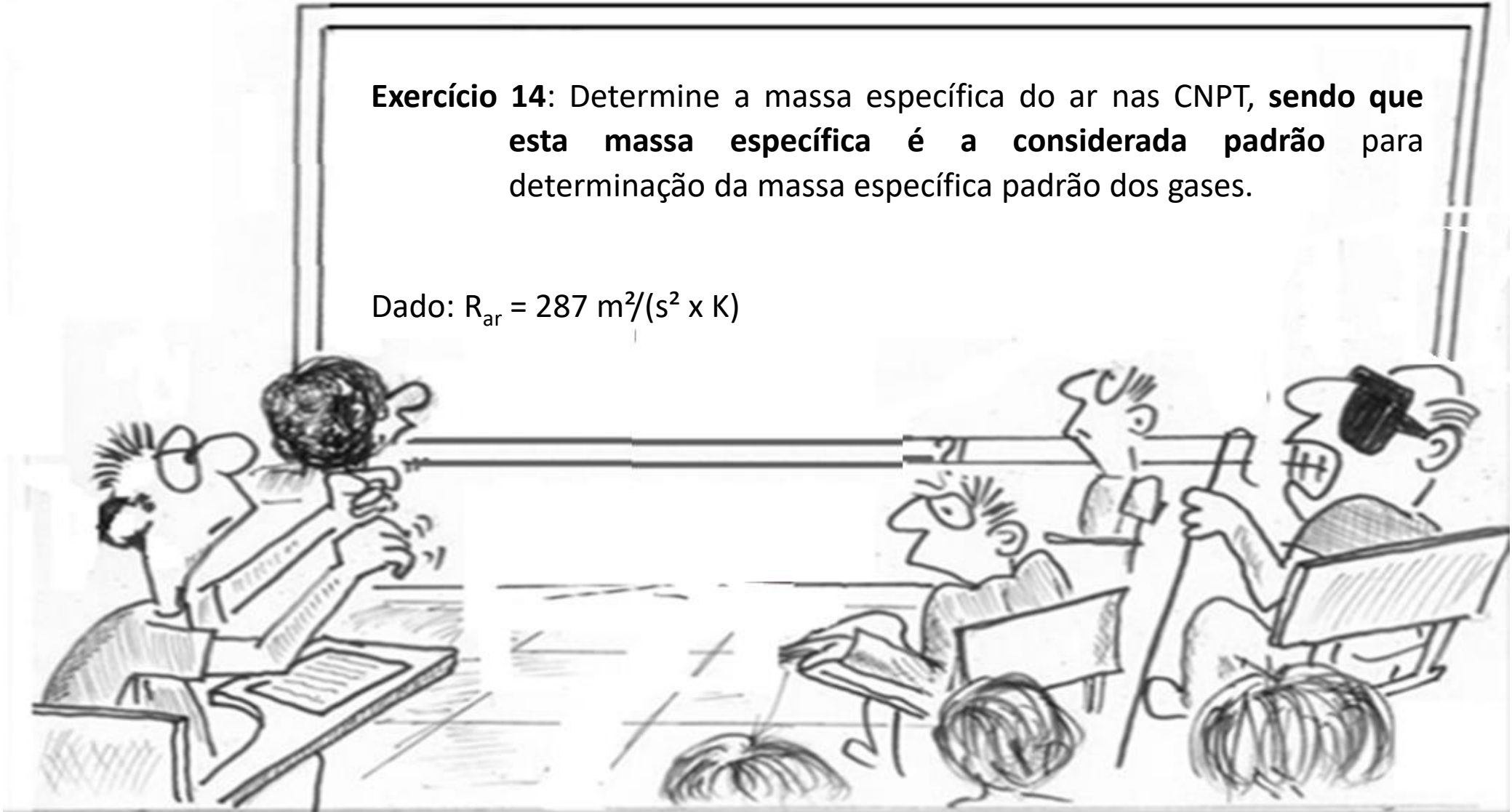
$$p^{1-k} \times T^k = \text{cte}$$





**Exercício 14:** Determine a massa específica do ar nas CNPT, sendo que esta massa específica é a considerada padrão para determinação da massa específica padrão dos gases.

Dado:  $R_{\text{ar}} = 287 \text{ m}^2/(\text{s}^2 \times \text{K})$





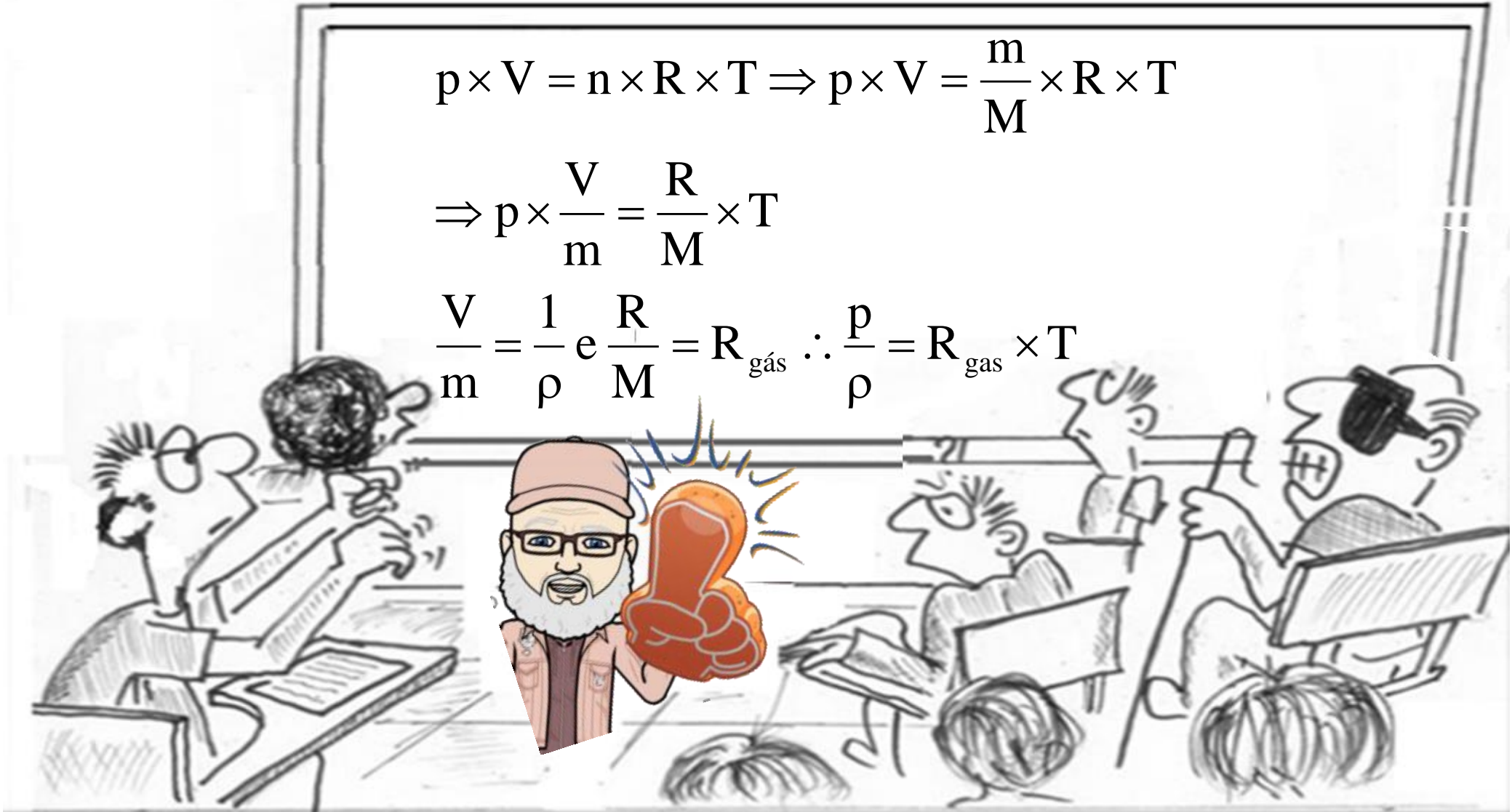
Como neste caso o ar encontra-se em um sistema aberto, seria praticamente impossível se calcular o seu volume e isto nos leva a reescrever a equação de Clapeyron.



$$p \times V = n \times R \times T \Rightarrow p \times V = \frac{m}{M} \times R \times T$$

$$\Rightarrow p \times \frac{V}{m} = \frac{R}{M} \times T$$

$$\frac{V}{m} = \frac{1}{\rho} \times \frac{R}{M} = R_{\text{gás}} \therefore \frac{p}{\rho} = R_{\text{gas}} \times T$$



$$\frac{101325}{\rho_{\text{ar}}} = 287 \times 273,15$$

$$\Rightarrow \rho_{\text{ar}} \cong 1,293 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = \rho_{\text{padr\~{o}}_{\text{gases}}}$$

portanto:

É essa que vou na massa  
especifica relativa dos  
gases!



**Exercício 15:** Qual é o volume ocupado por 1 mol de um gás perfeito nas CNPT?

**Exercício 16:** Um gás a 20°C e 0,21 MPa absoluta tem volume de 41 L. Determine a massa específica, a massa específica relativa e a massa do gás.

Dado a constante do gás igual a 210 (N\*m)/(kg\*K)

**Exercício 17:** Calcule a massa específica do vapor d'água a 350 kPa (abs) e 20°C.

Dado:  $R_{va} = 0,462 \text{ (kPa} \cdot \text{m}^3 \text{)/(kg} \cdot \text{K)}$

