P.132 Situação inicial:

$\theta_1 = 127\ °C \Rightarrow T_1 = 127 + 273 \Rightarrow T_1 = 400\ K;\ V_1 = 10\ \ell$

Situação final:

$\theta_2 = 327\ °C \Rightarrow T_2 = 327 + 273 \Rightarrow T_2 = 600\ K$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow \frac{V_2}{10} = \frac{600}{400} \Rightarrow V_2 = 15\ \ell$$

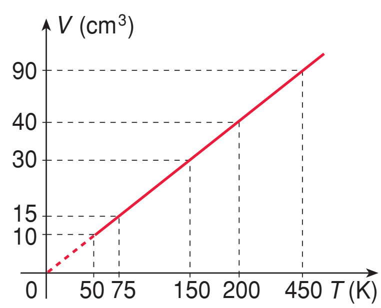
$$\Delta V = V_2 - V_1 \Rightarrow \Delta V = 15 - 10 \Rightarrow \boxed{\Delta V = 5\ \ell}$$

P.133 a) Analisando os dados da tabela, concluímos que a relação entre os valores do volume (V) e os correspondentes valores de temperatura absoluta (T) mantém-se constante:

$$\frac{V}{T} = \frac{10}{50} = \frac{15}{75} = \frac{30}{150} = \frac{40}{200} = \frac{90}{450} = \text{constante}$$

Portanto, o gás está sofrendo uma transformação **isobárica** (pressão constante).

b) Colocando os valores da tabela no diagrama $V \times T$, obtém-se uma reta cujo prolongamento passa pela origem, que corresponde ao zero absoluto:



P.134 Dados: $p_1 = 1{,}0 \cdot 10^5\ N/m^2$; $T_1 = (27 + 273)\ K = 300\ K$; $p_2 = 3{,}0 \cdot 10^5\ N/m^2$

$$\frac{p_2}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \Rightarrow \frac{1{,}0 \cdot 10^5}{300} = \frac{3{,}0 \cdot 10^5}{T_2} \Rightarrow \boxed{T_2 = 900\ K}$$

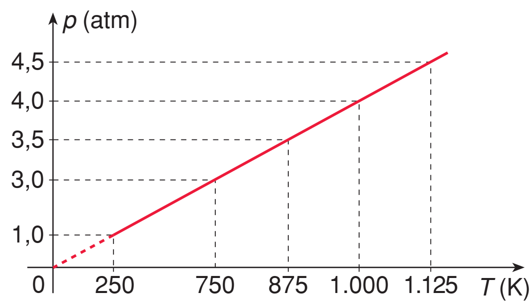
$$\theta_2 = T_2 - 273 \Rightarrow \theta_2 = 900 - 273 \Rightarrow \boxed{\theta_2 = 627\ °C}$$

P.135 a) Analisando os dados da tabela, concluímos que a relação entre os valores da pressão (p) e os correspondentes valores da temperatura absoluta (T) permanece constante:

$$\frac{p}{T} = \frac{1,0}{250} = \frac{3,0}{750} = \frac{3,5}{875} = \frac{4,0}{1.000} = \frac{4,5}{1.125} = \text{constante}$$

Portanto, o gás está sofrendo uma transformação **isocórica** ou **isométrica** (volume constante).

b) Lançando os valores da tabela no diagrama $p \times T$, obtém-se uma reta cujo prolongamento passa pela origem (zero absoluto).



P.136 Dados: $p_1 = 5$ atm; $V_1 = 45\ \ell$; $V_2 = 30\ \ell$

Supondo que o gás é ideal, ele sofre uma transformação isotérmica, valendo a lei de Boyle:

$$p_1V_1 = p_2V_2 \Rightarrow 5 \cdot 45 = p_2 \cdot 30 \Rightarrow \boxed{p_2 = 7,5 \text{ atm}}$$

P.137 Transformação $A \rightarrow B$: $p_A = 5,0$ atm; $V_A = 0,50$ m^3; $V_B = 0,80$ m^3

$$p_AV_A = p_BV_B \Rightarrow 5,0 \cdot 0,50 = p_B \cdot 0,80 \Rightarrow \boxed{p_B = 3,125 \text{ atm}}$$

Transformação $A \rightarrow C$: $p_A = 5,0$ atm; $V_A = 0,50$ m^3; $p_C = 1,0$ atm

$$p_AV_A = p_CV_C \Rightarrow 5,0 \cdot 0,50 = 1,0 \cdot V_C \Rightarrow \boxed{V_C = 2,5 \text{ m}^3}$$

P.138 Dados: $n_1 = 1$ mol; $V_1 = 22,4\ \ell$; $V_2 = 112\ \ell$

$pV_1 = n_1RT$ ① $\qquad$ $pV_2 = n_2RT$ ②

Dividindo ① por ②, temos:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{n_1}{n_2} \Rightarrow \frac{22,4}{112} = \frac{1}{n_2} \Rightarrow n_2 = 5 \text{ mols}$$

$$\left.\begin{array}{l} 1 \text{ mol} \text{ ——— } N_A = 6,023 \cdot 10^{23} \text{ moléculas} \\ 5 \text{ mol} \text{ ——— } x \end{array}\right\}$$

$$x = 5 \cdot 6,023 \cdot 10^{23} \Rightarrow \boxed{x = 3,0115 \cdot 10^{24} \text{ moléculas}}$$

P.139 Dados: $M = 16$ g/mol; $V = 123\ \ell$; $p = 2$ atm; $\theta = 327$ °C;

$$T = (327 + 273)\ \text{K} = 600\ \text{K};\ R = 0{,}082\ \frac{\text{atm} \cdot \ell}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

a) $pV = nRT \Rightarrow 2 \cdot 123 = n \cdot 0{,}082 \cdot 600 \Rightarrow \boxed{n = 5\ \text{mols}}$

b) $n = \dfrac{m}{M} \Rightarrow m = nM \Rightarrow m = 5 \cdot 16 \Rightarrow \boxed{m = 80\ \text{g}}$

c) Dados: $V_1 = 123\ \ell$; $n_1 = 5$ mols; $n_2 = 1$ mol

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{n_1}{n_2} \Rightarrow \frac{123}{V_2} = \frac{5}{1} \Rightarrow \boxed{V_2 = 24{,}6\ \ell}$$

P.140 Dados: $M = 32$ g/mol; $V_1 = 2{,}0\ \ell$; $p_1 = 1{,}5$ atm; $\theta_1 = 20$ °C

$$T_1 = (20 + 273)\ \text{K} = 293\ \text{K};\ R = 0{,}082\ \frac{\text{atm} \cdot \ell}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

$V_2 = 3{,}0\ \ell$; $p_2 = 2{,}0$ atm

a) Lei geral dos gases perfeitos:

$$\frac{p_1V_1}{T_1} = \frac{p_2V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{1{,}5 \cdot 2{,}0}{293} = \frac{2{,}0 \cdot 3{,}0}{T_2} \Rightarrow \boxed{T_2 = 586\ \text{K}}$$

$$\theta_2 = T_2 - 273 \Rightarrow \theta_2 = 586 - 273 \Rightarrow \boxed{\theta_2 = 313\ °\text{C}}$$

b) $p_1V_1 = nRT_1 \Rightarrow 1{,}5 \cdot 2{,}0 = n \cdot 0{,}082 \cdot 293 \Rightarrow n \simeq 0{,}125$

$$n = \frac{m}{M} \Rightarrow m = nM = 0{,}125 \cdot 32 \Rightarrow \boxed{m = 4\ \text{g}}$$

P.141 Dados: $\theta_1 = 30$ °C; $T_1 = (273 + 30)$ K $= 303$ K; $V_1 = 1.000\ \text{cm}^3$; $p_1 = 10\ \text{N/m}^2$;

$V_2 = 500\ \text{cm}^3$; $p_2 = 50\ \text{N/m}^2$

$$\frac{p_1V_1}{T_1} = \frac{p_2V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{10 \cdot 1.000}{303} = \frac{50 \cdot 500}{T_2} \Rightarrow T_2 = 757{,}5\ \text{K}$$

$$\theta_2 = T_2 - 273 \Rightarrow \theta_2 = 757{,}5 - 273 \Rightarrow \boxed{\theta_2 = 484{,}5\ °\text{C}}$$

P.142 a) I. Transformação isobárica: $\boxed{p = p_0}$; $\boxed{T = 2T_0}$

$$\frac{p_0V_0}{T_0} = \frac{pV}{T} \Rightarrow \frac{p_0V_0}{T_0} = \frac{p_0V}{2T_0} \Rightarrow \boxed{V = 2V_0}$$

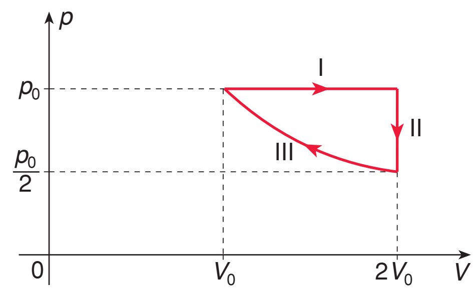
II. Transformação isocórica: $\boxed{V' = V = 2V_0}$; $\boxed{T' = T_0}$

$$\frac{pV}{T} = \frac{p'V'}{T'} \Rightarrow \frac{p_0 2V_0}{2T_0} = \frac{p' 2V_0}{T_0} \Rightarrow \boxed{p' = \frac{p_0}{2}}$$

III. Transformação isotérmica: $\boxed{T'' = T' = T_0}$; $\boxed{p'' = p_0}$

$$\frac{p''V''}{T''} = \frac{p'V'}{T'} \Rightarrow \frac{p_0V''}{T_0} = \frac{\frac{p_0}{2}2V_0}{T_0} \Rightarrow \boxed{V'' = V_0}$$

b) Representação gráfica pressão × volume:



P.143 Situação inicial:

$\theta_1 = 27\ °C \Rightarrow T_1 = (27 + 273)\ K = 300\ K$

Situação final:

$\theta_2 = 57\ °C \Rightarrow T_2 = (57 + 273)\ K = 330\ K$

A transformação pode ser considerada isobárica:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{V_1}{300} = \frac{V_2}{330} \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \frac{330}{300} \Rightarrow \boxed{\frac{V_2}{V_1} = 1{,}1}$$

P.144 Situação inicial: $m_1 = 15$ kg; $p_1 = 3{,}0$ atm

Logo:

$$p_1V = \frac{m_1}{M}RT \Rightarrow \frac{VM}{RT} = \frac{m_1}{p_1} \Rightarrow \frac{VM}{RT} = \frac{15}{3{,}0} \Rightarrow \frac{VM}{RT} = 5 \quad (1)$$

Situação final: $p_2 = 2{,}8$ atm; $m_2 = ?$

Portanto:

$$p_2V = \frac{m_2}{M}RT \Rightarrow \frac{VM}{RT} = \frac{m_2}{p_2} \Rightarrow \frac{VM}{RT} = \frac{m_2}{2{,}8} \quad (2)$$

Igualando (1) e (2), temos:

$$\frac{m_2}{2{,}8} = 5 \Rightarrow m_2 = 14\ kg$$

$$\Delta m = m_1 - m_2 \Rightarrow \Delta m = 15 - 14 \Rightarrow \boxed{\Delta m = 1\ kg}$$

P.145 Situação inicial: $n_1 = 6{,}0$ mol; $p_1 = 4{,}0$ atm

Portanto:

$p_1V = n_1RT \Rightarrow 4V = 6RT$ ①

Situação final: $p_2 = 1{,}0$ atm; $n_2 = ?$

Portanto:

$p_2V = n_2RT \Rightarrow 1V = n_2RT$ ②

Dividindo ① por ②, temos: $\dfrac{4V}{V} = \dfrac{6RT}{n_2RT} \Rightarrow n_2 = \dfrac{6}{4} \Rightarrow \boxed{n_2 = 1{,}5 \text{ mol}}$

P.146 Situação inicial:

$\theta_1 = 427\ °C \Rightarrow T_1 = (427 + 273)\ K = 700\ K$

Situação final:

$\theta_2 = 327\ °C \Rightarrow T_2 = (327 + 273)\ K = 600\ K$

$$\frac{e_{c(1)}}{e_{c(2)}} = \frac{\frac{3}{2}kT_1}{\frac{3}{2}kT_2} = \frac{700}{600} \Rightarrow \boxed{\frac{e_{c(1)}}{e_{c(2)}} = \frac{7}{6} \simeq 1{,}17}$$

P.147 Dados: $\theta = 57\ °C \Rightarrow T = \theta + 273 = 57 + 273 \Rightarrow T = 330$ K;

$k = 1{,}38 \cdot 10^{-23}$ J/K

$$e_c = \frac{3}{2}kT \Rightarrow e_c = \frac{3}{2} \cdot 1{,}38 \cdot 10^{-23} \cdot 330 \Rightarrow \boxed{e_c \simeq 6{,}83 \cdot 10^{-21}\ J}$$

P.148 $T_1 = 300$ K; $T_2 = 1.200$ K; $v_{300} = v_1$; $v_{1.200} = v_2$

$v_1^2 = \dfrac{3RT_1}{M}$ ① $\qquad v_2^2 = \dfrac{3RT_2}{M}$ ②

Dividindo ① por ②, temos:

$$\frac{v_1^2}{v_2^2} = \frac{T_1}{T_2} \Rightarrow \frac{v_1^2}{v_2^2} = \frac{300}{1.200} \Rightarrow \frac{v_1^2}{v_2^2} = \frac{1}{4} \Rightarrow \frac{v_1}{v_2} = \frac{1}{2} \Rightarrow \boxed{\frac{v_1}{v_2} = 0{,}5}$$

P.149 Hidrogênio: $M_1 = 2$ g/mol; oxigênio: $M_2 = 32$ g/mol

$\theta = 27\ °C \Rightarrow T = (27 + 273)\ K = 300\ K$

a) Como a energia cinética média só depende da temperatura, vem:

$$e_{c(1)} = e_{c(2)} \Rightarrow \boxed{\frac{e_{c(1)}}{e_{c(2)}} = 1}$$

b) $v_1^2 = \frac{3RT}{M_1} \Rightarrow 3RT = v_1^2 \cdot M_1$ ①

$v_2^2 = \frac{3RT}{M_2} \Rightarrow 3RT = v_2^2 \cdot M_2$ ②

Igualando ① e ②, temos:

$v_1^2 \cdot M_1 = v_2^2 \cdot M_2$

$v_1^2 \cdot 2 = v_2^2 \cdot 32 \Rightarrow \frac{v_1^2}{v_2^2} = 16 \Rightarrow \boxed{\frac{v_1}{v_2} = 4}$

P.150 $\theta = 127\ °C \Rightarrow T = (127 + 273)\ K = 400\ K$

Como ambos os gases estarão na mesma temperatura, as relações não se modificam:

$$\boxed{\frac{e_{c(1)}}{e_{c(2)}} = 1} \text{ e } \boxed{\frac{v_1}{v_2} = 4}$$

P.151 a) Os resultados da terceira coluna da tabela confirmam a lei de Boyle: o produto da pressão p pelo volume V permanece constante.

b) Para o volume de 24 unidades arbitrárias, o desnível de mercúrio é:

$h = 58\ \frac{13}{16}$ polegadas $= 1{,}5$ m

A pressão do ar aprisionado no ramo fechado é dada por:

$p_{ar} = p_{atm} + p_{coluna} = p_{atm} + dgh$

Sendo a densidade do mercúrio $d = 14 \cdot 10^3\ kg/m^3$,

$g = 10\ m/s^2$ e $p_{atm} = 1{,}0 \cdot 10^5$ Pa, vem:

$p_{ar} = 1{,}0 \cdot 10^5 + 14 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 1{,}5 \Rightarrow \boxed{p_{ar} = 3{,}1 \cdot 10^5\ Pa}$

P.152 a) Situação inicial:

$T_1 = 300\ K$; $p_1 = 12\ N/cm^2$; $V_1 = V_0$

Situação final:

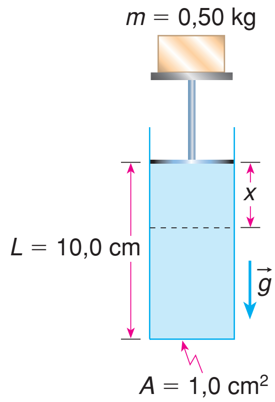
$T_2 = 350\ K$; $p_2 = ?$; $V_2 = V_0$

$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \Rightarrow \frac{12}{300} = \frac{p_2}{350} \Rightarrow \boxed{p_2 = 14\ N/cm^2}$

b) O acréscimo de pressão ($\Delta p = p_2 - p_1 = 2\ N/cm^2$) é devido à ação da força adicional $\vec{F}$ agindo sobre o êmbolo da área $A = 225\ cm^2$. Assim:

$\Delta p = \frac{F}{A} \Rightarrow F = \Delta p \cdot A = 2 \cdot 225 \Rightarrow \boxed{F = 450\ N}$

P.153



Acréscimo de pressão devido à massa m:

$$\Delta p = \frac{mg}{A} = \frac{0,5 \cdot 10}{1,0 \cdot 10^{-4}} \Rightarrow \Delta p = 0,5 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$$

Situação inicial:

$V_1 = L \cdot A = 10,0 \cdot 1,0 \Rightarrow V_1 = 10 \text{ cm}^3$

$p_1 = p_{atm} = 1,0 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$

Situação final:

$V_2 = (L - x) \cdot A = (10,0 - x) \cdot 1,0 \Rightarrow V_2 = (10,0 - x) \text{ cm}^3$

$p_2 = p_{atm} + \Delta p = 1,0 \cdot 10^5 + 0,5 \cdot 10^5 \Rightarrow p_2 = 1,5 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$

Transformação isotérmica:

$p_1V_1 = p_2V_2$

$1,0 \cdot \cancel{10^5} \cdot 10,0 = 1,5 \cdot \cancel{10^5} \cdot (10,0 - x)$

$10,0 = 15,0 - 1,5x \Rightarrow 1,5x = 5,00 \Rightarrow \boxed{x \simeq 3,33 \text{ cm}}$

P.154 Antes: $p_0 = p_{atm} = 1,0 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$; $V_0 = h_0 \cdot A = 1,0A$

Depois: $p = p_0 + \dfrac{mg}{A} = 1,0 \cdot 10^5 + \dfrac{m \cdot 10}{20 \cdot 10^{-4}} = 1,0 \cdot 10^5 + \dfrac{m}{20} \cdot 10^5$;

$V = h \cdot A = 0,8A$

Como a transformação é isotérmica:

$p_0V_0 = pV \Rightarrow p_0h_0\cancel{A} = ph\cancel{A} \Rightarrow p_0 \cdot 1,0 = p \cdot 0,8 \Rightarrow p_0 = 0,8p$

Substituindo os valores das pressões:

$$1,0 \cdot \cancel{10^5} = 0,8 \left(1,0 \cdot \cancel{10^5} + \frac{m}{20} \cdot \cancel{10^5}\right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 1,0 = 0,8 + \frac{m}{20} \cdot 0,8 \Rightarrow 1,0 - 0,8 = \frac{m}{25} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{m}{25} = 0,2 \Rightarrow \boxed{m = 5 \text{ kg}}$$

P.155 a) Dados: $V_0 = 60\ \ell$; $p_0 = 100$ atm; $T_0 = 300$ K; $R = 8 \cdot 10^{-2}\ \ell \cdot \text{atm/K}$

$p_0V_0 = N_0RT_0 \Rightarrow 100 \cdot 60 = N_0 \cdot 8 \cdot 10^{-2} \cdot 300 \Rightarrow \boxed{N_0 = 250 \text{ mols}}$

b) Volume de O_2 consumido em 30 minutos:

$$\left.\begin{matrix} 5\ \ell \text{ ——— } 1 \text{ min} \\ V \text{ ——— } 30 \text{ min} \end{matrix}\right\} V = 150\ \ell$$

Aplicando a equação de Clapeyron, com $p = 3$ atm, obtemos:

$pV = nRT_0 \Rightarrow 3 \cdot 150 = n \cdot 8 \cdot 10^{-2} \cdot 300 \Rightarrow \boxed{n = 18,75 \text{ mols}}$

c) Na situação final do O_2 no cilindro, temos:

$p' = 40$ atm; $V_0 = 60$ ℓ; $T_0 = 300$ K

Cálculo do número de mols restantes:

$p'V_0 = n'RT_0 \Rightarrow 40 \cdot 60 = n' \cdot 8 \cdot 10^{-2} \cdot 300 \Rightarrow n' = 100$ mols

O número de mols consumidos é:

$\Delta n = N_0 - n' = 250 - 100 \Rightarrow \Delta n = 150$ mols

Como em 30 min (ou 0,5 h) foram consumidos 18,75 mols, vem:

$$\left.\begin{array}{r} 18{,}75 \text{ mols} \text{ ——— } 0{,}5 \text{ h} \\ 150 \text{ mols} \text{ ——— } t \end{array}\right\} \boxed{t = 4 \text{ h}}$$

P.156 Dados:

$$\left\{\begin{array}{l} p = 1{,}00 \cdot 10^{-10} \text{ atm} = 1{,}00 \cdot 10^{-10} \cdot 1{,}01 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2 = 1{,}01 \cdot 10^{-5} \text{ N/m}^2; \\ T = 300 \text{ K}; V = 1{,}00 \text{ cm}^3 = 1{,}00 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3; R = 8{,}31 \text{ J/mol} \cdot \text{K}; \\ N_A = 6{,}02 \cdot 10^{23} \text{ moléculas/mol} \end{array}\right.$$

$pV = nRT \Rightarrow 1{,}01 \cdot 10^{-5} \cdot 1{,}00 \cdot 10^{-6} = n \cdot 8{,}31 \cdot 300 \Rightarrow n \simeq 4{,}05 \cdot 10^{-15}$ mol

$$\left.\begin{array}{r} 1 \text{ mol} \text{ ——— } 6{,}02 \cdot 10^{23} \text{ moléculas} \\ 4{,}05 \cdot 10^{-15} \text{ mol} \text{ ——— } x \end{array}\right\}$$

Portanto:

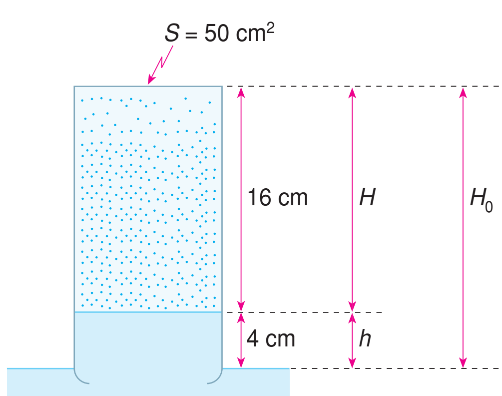
$x = 6{,}02 \cdot 10^{23} \cdot 4{,}05 \cdot 10^{-15} \Rightarrow \boxed{x \simeq 2{,}44 \cdot 10^9 \text{ moléculas}}$

P.157 a) Depois da entrada da água, o volume do ar será:

$V = S \cdot H$

$V = 50 \cdot 16$

$\boxed{V = 800 \text{ cm}^3}$



b) A pressão do ar na situação inicial é $p_0 = p_{atm}$

Na situação final, sendo p a pressão do ar, o teorema de Stevin fornece:

$p_{atm} = p + dgh \Rightarrow p = p_{atm} - dgh$

A variação de pressão sofrida pelo ar será:

$\Delta p = p - p_0 \Rightarrow \Delta p = p_{atm} - dgh - p_{atm} \Rightarrow \Delta p = -dgh$

Mas: $d = 10^3$ kg/m^3; $g = 10$ m/s^2; $h = 4$ cm $= 4 \cdot 10^{-2}$ m; portanto:

$\Delta p = -10^3 \cdot 10 \cdot 4 \cdot 10^{-2} \Rightarrow \boxed{\Delta p = -400 \text{ N/m}^2}$

O sinal negativo indica que houve uma diminuição na pressão do ar.

c) Considerando desprezível a variação da pressão do ar, a transformação pode ser considerada isobárica; então: $\frac{V_0}{T_0} = \frac{V_A}{T_A}$

Mas: $T_A = 27 + 273 \Rightarrow T_A = 300$ K; logo:

$\frac{H_0 \cdot \cancel{S}}{T_0} = \frac{H \cdot \cancel{S}}{T_A} \Rightarrow \frac{20}{T_0} = \frac{16}{300} \Rightarrow T_0 = 375$ K

Em graus Celsius:

$T_0 = 375 - 273 \Rightarrow \boxed{T_0 = 102 \text{ °C}}$