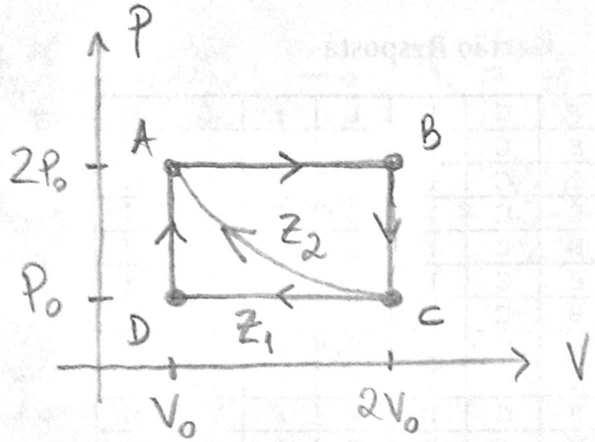
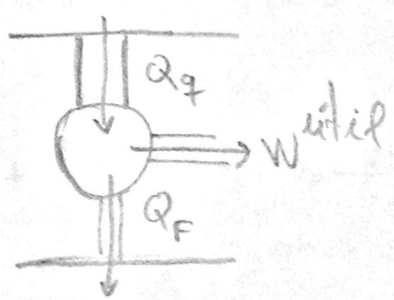
GABARITO P2 - FÍS 3
(1-2015)

1- Uma Máq. Térmica recebe calor, realiza trabalho e perde calor.

2,3,4-



Para que um ciclo possa representar uma Máq Térmica ele deve satisfazer a relação



I) $Q_q = W^{util} + Q_F$.

De forma a contabilizar claramente as qtdades envolvidas vamos calcular

	Q	W
$A \to B$	$mc_p(T_B - T_A) > 0$ i)	$2P_0V_0$ vi)
$B \to C$	$mc_V(T_C - T_B) < 0$ ii)	0 viii)
$C \to D$	$mc_p(T_D - T_C) < 0$ iii)	$-P_0V_0$ vii)
$C \to A$	$-2P_0V_0 \ln 2 < 0$ ix)	$-2P_0V_0 \ln 2$ ix)
$D \to A$	$mc_V(T_A - T_D) > 0$ v)	0 viii)

Onde

i) $\frac{\cancel{P_A} V_A}{T_A} = \frac{\cancel{P_B} V_B}{T_B} \longrightarrow T_B = \frac{V_B}{V_A} T_A \Rightarrow T_B > T_A$

ii) $\frac{P_B \cancel{V_B}}{T_B} = \frac{P_C \cancel{V_C}}{T_C} \longrightarrow T_C = \frac{P_C}{P_B} T_B \Rightarrow T_C < T_B$

iii) $\frac{P_C V_C}{T_C} = \frac{P_A V_A}{T_A} \rightarrow T_A = \frac{P_A V_A}{P_C V_C} T_B = \frac{2 P_0 V_0}{P_0 2 V_0} T_B \Rightarrow \boxed{T_A = T_B}$

iv) $\frac{\cancel{P_C} V_C}{T_C} = \frac{\cancel{P_D} V_D}{T_D} \longrightarrow T_D = \frac{V_D}{V_C} T_C \Rightarrow T_D < T_C$

v) $\frac{P_D \cancel{V_D}}{T_D} = \frac{P_A \cancel{V_A}}{T_A} \longrightarrow T_A = \frac{P_A}{P_D} T_D \Rightarrow T_A > T_D$

vi) $W^{A \to B} = + \int_A^B P dV = 2P_0 (2V_0 - V_0) = 2 P_0 V_0$

vii) $W^{C \to D} = + \int_C^D P dV = P_0 (V_0 - 2V_0) = - P_0 V_0$

viii) $W^{B \to C} = W^{D \to A} = 0$ (isocórico)

ix) $W^{isot.} = + nRT \ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right) = nRT_A \ln\left(\frac{V_A}{V_C}\right) = \underbrace{nRT_A}_{P_A \cdot V_A} \ln\left(\frac{V_0}{2V_0}\right)$

$= 2P_0 \cdot V_0 \ln\left(\frac{\cancel{V_0}}{2\cancel{V_0}}\right)$

$= 2P_0 V_0 \ln(1/2)$

$= 2P_0V_0 (\cancelto{0}{\ln 1} - \ln 2) = -2P_0V_0 \ln 2$

• Para o ciclo Z_1,

$$Q_q = mC_p(T_B - T_A) + mC_v(T_A - T_D) > 0$$

$$Q_F = mC_v(T_C - T_B) + mC_p(T_D - T_C) < 0$$

$$W^{util} = P_0 V_0$$

$$T_A = T_C$$

$$Q_q + Q_F = mC_p(T_B - T_A + T_D - T_C) + mC_v(T_A - T_D + T_C - T_B)$$

$$= mC_p\left(\frac{V_B}{V_A}T_A + \frac{P_D}{P_A}T_A - 2T_A\right) + mC_v\left(2T_A - \frac{P_D}{P_A}T_A - \frac{V_B}{V_A}T_A\right)$$

$$= mC_p\left(\cancel{2T_A} + \frac{T_A}{2} - \cancel{2T_A}\right) + mC_v\left(\cancel{2T_A} - \frac{T_A}{2} - \cancel{2T_A}\right)$$

$$= m\,(\overbrace{C_p - C_v}^{R})\,T_A/2$$

$$= mR\frac{T_A}{2}$$

Pela eq. dos Gases: $PV = mRT \Rightarrow$

$$= \frac{mRT_A}{2} = \frac{P_A V_A}{2} = \frac{2P_0V_0}{2} = P_0 V_0$$

De forma que a identidade (I) fica satisfeita.

A eficiência desta máq. térmica é dada por

$$\eta_{Z_1} = \frac{W^{útil}}{Q_q} = \frac{2P_0V_0 - P_0V_0}{Q_q}$$

$$\therefore Q_q = mC_p\left(\frac{V_B}{V_A}T_A - T_A\right) + mC_v\left(T_A - \frac{P_D}{P_A}T_A\right)$$

$$= mC_p\left(2T_A - T_A\right) + mC_v\left(T_A - \frac{T_A}{2}\right)$$

$$= mC_p T_A + mC_v\frac{T_A}{2} = mT_A\left(C_p + \frac{C_v}{2}\right).$$

$$\eta_{Z_1} = \frac{P_0V_0}{mT_A(c_p + c_V/2)} = \frac{\cancel{m}R\cancel{T_A}/2}{\cancel{m}\cancel{T_A}(c_p+c_V/2)} =$$

$$= \frac{R}{\cancel{2}} \cdot \frac{\cancel{2}}{(2c_p + c_V)}$$

$$= \frac{R}{2c_p + c_V} = \frac{R}{2c_p + c_p - R} = \frac{R}{3c_p - R}.$$

- Para o ciclo Z_2

$$Q_q = mc_p(T_B - T_A)$$

$$Q_F = mc_V(T_c - T_B) - 2P_0V_0 \ln 2$$

$$\Rightarrow |Q_q| - |Q_F| = mc_p\left(\frac{V_B}{V_A} - 1\right)\overset{*_1}{T_A} + mc_V\left(\frac{P_c}{P_B} - 1\right)\overset{*_2}{T_B} - 2P_0V_0 \ln 2$$

$*_1$ $\frac{\cancel{P_A}V_A}{T_A} = \frac{\cancel{P_B}V_B}{T_B} \Rightarrow T_B = \frac{V_B}{V_A}T_A$

$*_2$ $\frac{P_c\cancel{V_c}}{T_c} = \frac{P_B\cancel{V_B}}{T_B} \Rightarrow T_c = \frac{P_c}{P_B}T_B$

$$= mc_pT_A\left(\frac{V_B}{V_A} - 1\right) + mc_V\frac{V_B}{V_A}T_A\left(\frac{P_c}{P_B} - 1\right) - 2P_0V_0 \ln 2$$

$$= mT_A\left[c_p\left(\frac{V_B}{V_A} - 1\right) + c_V\frac{V_B}{V_A}\left(\frac{P_c}{P_B} - 1\right)\right] - 2P_0V_0 \ln 2.$$

$$= nT_A\left[\underbrace{(c_p - c_V)}_{R}\frac{V_B}{V_A} - c_p + c_V\frac{V_B P_C}{V_A P_B}\right] - 2P_0V_0\ln 2$$

$$= nT_A\left[R\cdot\frac{2\cancel{V_0}}{\cancel{V_0}} - c_p + c_V\frac{\cancel{2}\cancel{V_0}\cdot\cancel{P_0}}{\cancel{V_0}\cdot\cancel{2P_0}}\right] - 2P_0V_0\ln 2$$

$$= nT_A\left[2R \underbrace{- c_p + c_V}_{-R}\right] - 2P_0V_0\ln 2$$

$$= nRT_A - 2P_0V_0\ln 2$$

$$= P_AV_A - 2P_0V_0\ln 2$$

$$= 2P_0V_0 - 2P_0V_0\ln 2 = 2P_0V_0(1-\ln 2)$$

O que satisfaz a relação I).

$$\eta_{Z_2} = \frac{W^{útil}}{Q_q} = \frac{2P_0V_0(1-\ln 2)}{nc_p(T_B - T_A)}$$

$$= \frac{2P_0V_0(1-\ln 2)}{nc_p\left(\frac{V_B}{V_A}-1\right)T_A} = \frac{2P_0V_0(1-\ln 2)}{nc_p\left(\frac{2\cancel{V_0}}{\cancel{V_0}}-1\right)T_A} =$$

$$= \frac{2P_0V_0(1-\ln 2)}{nc_pT_A\cdot\frac{R}{R}}$$

$$\eta_{Z_2} = \frac{2P_0V_0(1-\ln 2)}{\underbrace{nRT_A}_{P_AV_A} \cdot \frac{c_p}{R}}$$

$$\eta_{Z_2} = \frac{\cancel{2P_0V_0}(1-\ln 2)}{\cancel{2P_0V_0} \cdot \frac{c_p}{R}}$$

$$= \frac{R(1-\ln 2)}{c_p}$$

2- Tendo em vista que ambos os ciclos satisfazem a relacão I)

Ambos representam uma Máq. Termica. ✓

3- De acordo com os dados da Tabela na página 1

No cicho Z_2, $Q^{C\to A} < 0$. ✓

4- $$\eta_{Z_1} = \frac{R}{3c_p - R}$$

Para Gás Monoatômico $c_p = \frac{5}{2}R$

$$\eta_{Z_1} = \frac{R}{3\cdot\frac{5}{2}R - R} = \frac{2R}{15R-2R} = \frac{2}{13} \approx 0,15$$

$$\eta_{Z_2} = \frac{R(1-\ln 2)}{\frac{5}{2}R} = \frac{2}{5}(1-\ln 2) \approx 0,12$$

Para gás Diatômico $C_p = \frac{7}{2}R$

$$\eta_{Z_1} = \frac{\cancel{R}}{3\cdot\frac{7}{2}\cancel{R} - \cancel{R}} = \frac{2}{21-2} = \frac{2}{19} \approx 0{,}10$$

$$\eta_{Z_2} = \frac{\cancel{R}(1-\ln 2)}{\frac{7}{2}\cancel{R}} = \frac{2}{7}(1-\ln 2) \approx 0{,}09$$

4 -

$\Rightarrow$ independente do tipo de gás (Mono/Diatômico), $\eta_{Z_1} > \eta_{Z_2}$.

Ainda para este ciclo, a T_Q do reservatório quente deve ser "sempre" > que a maior T do gás que é T_B.

$$\Rightarrow T_Q \geq T_B$$

De forma análoga, concluímos que a T_F não pode exceder a menor T atingida pelo gás, de forma que

$$\Rightarrow T_F \leq T_D$$

Assim, a eficiência máxima que essa máquina pode ter, considerando os "reservatórios limites" a T_Q e T_F é

$$\eta_{carnot} = 1 - \frac{T_F}{T_Q} = 1 - \frac{T_D}{T_B}$$

Verificamos ainda que:

$$\eta_{carnot}^{Z_1} = 1 - \frac{T_F}{T_Q} = 1 - \frac{P_D V_D / \cancel{nR}}{P_B V_B / \cancel{nR}}$$

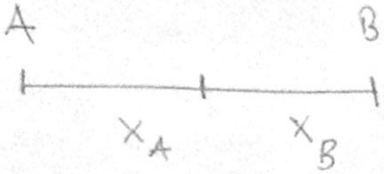
$$= 1 - \frac{\cancel{P_0 V_0}}{2\cancel{P_0} 2\cancel{V_0}} = 1 - \frac{1}{4} = 0,75$$

$$\eta_{carnot}^{Z_2} = 1 - \frac{T_F}{T_Q} = 1 - \frac{T_C}{T_B}$$

$$= 1 - \frac{P_C V_C / \cancel{nR}}{P_B V_B / \cancel{nR}} = 1 - \frac{\cancel{P_0 2V_0}}{2\cancel{P_0 2V_0}} = 0,50$$

5- Para que haja Int. Const.

$$\Delta\phi = \frac{2\pi}{\lambda}\Delta x + \Delta\phi_0 = 2\pi$$



$$\Delta x = x_A - x_B = x_A - (2 - x_A)$$
$$= 2(1 - x_A)$$

$$\boxed{x_A = x}$$

$$\Rightarrow \Delta\phi = \frac{2\cancel{\pi}}{\lambda}2(1-x) + \cancel{\pi} = 2\cancel{\pi}$$

$$\frac{4}{\lambda}(1-x) = 1$$

$$1 - x = \frac{\lambda}{4}$$

$$x = 1 - \lambda/4$$

Como $\lambda = 0{,}5\,m$ $\left(v = \lambda f \rightarrow 340 = \lambda \cdot 680 \rightarrow \lambda = \frac{1}{2}m\right)$

$$x = 1 - \frac{1}{8} = 0{,}875 \approx 0{,}88\ cm$$

6 – De acordo c/ o gráfico do problema

$T = 0{,}2\,s \rightarrow \omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{0{,}2} = 10\pi.$

$A = 2.$

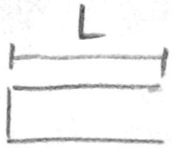
$v = \lambda f = \frac{\omega}{k} \rightarrow k = \frac{\omega}{v} = \frac{10\pi}{4} = 2{,}5\pi.$

$$D(x=0, t=0) = -2 \Rightarrow \phi_0 = \frac{3\pi}{2} = -\pi/2 .$$

Como a onda se desloca na direção x+,

$$\underline{D(x,t) = 2 \sin(2{,}5\pi x - 10\pi t - \pi/2)}$$

7-



$$f_n^{AB} = n \frac{v}{4L} \quad \therefore \quad n = 1 \Rightarrow 150 = 1 \cdot \frac{340}{4L}$$

$$L = \frac{340}{4 \cdot 150} = \frac{340}{600} = 0{,}57\,m$$

$\Downarrow$

$$\underline{\underline{L = 0{,}57\,m}}$$

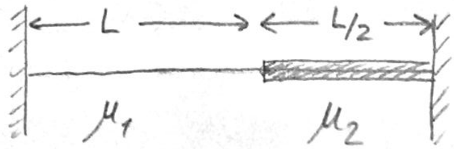
$$f_n^{AA} = n \frac{v}{2L} \Rightarrow f_0 = \frac{340}{2 \cdot 0{,}57} = 300\,Hz$$

De forma geral, v = AA e AB

$$v = \frac{4L}{n} f^{AB} = \frac{2L}{n'} f^{AA} \Rightarrow n = n' = 1 \Rightarrow \boxed{f_0^{AA} = 2 f_0^{AB}}$$

10 - Um refrigerador opera em ciclo fechado, admite calor de um reservatório frio e o transfere ao reservatório quente.

11 -



$$v_1 = \sqrt{\frac{T}{\mu_1}} \qquad v_2 = \sqrt{\frac{T}{\mu_2}}$$

$$\frac{L}{\Delta t_1} = \sqrt{\frac{T}{\mu_1}} \qquad \frac{L}{2\Delta t_2} = \sqrt{\frac{T}{\mu_2}}$$

$$\Delta t_1 = L\sqrt{\frac{\mu_1}{T}} \qquad \Delta t_2 = \frac{L}{2}\sqrt{\frac{\mu_2}{T}}$$

$$= L\sqrt{\frac{\mu}{T}} \qquad = \frac{L}{2}\sqrt{\frac{4\mu}{T}} = \frac{L}{\cancel{2}}\cdot\cancel{2}\sqrt{\frac{\mu}{T}}$$

$$= L\sqrt{\frac{\mu}{T}}$$

$$\Delta t_1 = \Delta t_2 = L\sqrt{\frac{\mu}{T}}$$

12 - Como $v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$, a dependência da velocidade da onda em função da tensão é melhor representada pela curva B.

13 -

$$\beta_B = 10\,dB \log_{10} P_B/P_0$$

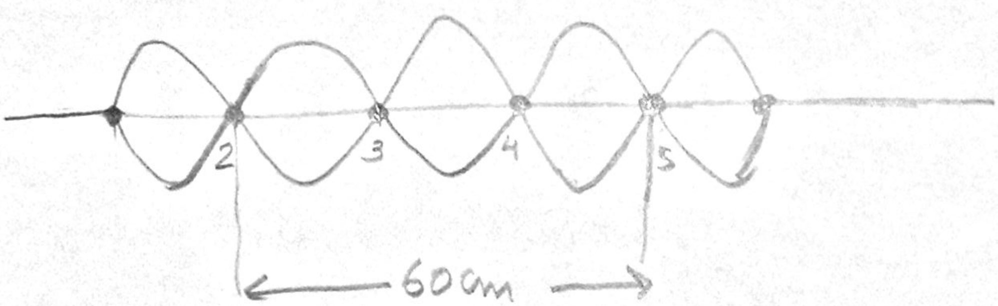
$$\beta_A = 10\,dB \log_{10} P_A/P_0 = 10\,dB \log_{10} \frac{100 P_B}{P_0}$$

$$= 10\,dB \left(\log_{10} 100 + \log_{10} \frac{P_B}{P_0} \right)$$

$$= 10\,dB \left(2 + \log_{10} P_B/P_0 \right)$$

$$= 20\,dB + \underbrace{10\,dB \log_{10} P_B/P_0}_{\beta_B} = 20\,dB + \beta_B$$

14-



$f = 100\,Hz$

Lembrando que para ondas estacionárias $x_{m+1} - x_m = \frac{\lambda}{2}$

$$x_5 - x_2 = 3 \cdot \frac{\lambda}{2}$$

$$60\,cm = \frac{3}{2}\lambda \Rightarrow \lambda = 40\,cm$$

$$v = \lambda f = 0{,}40 \cdot 100 = 40\,m/s.$$