Lista de Exercícios de Física II - **Gabarito**, 2015-1

Maurício Hippert

18 de abril de 2015

1 Questões para a P1

Questão 1.

- Se o bloco sequer encosta no líquido, a leitura na balança corresponde ao peso do líquido e a corda sustenta todo o peso do bloco.

- Quando a corda é aumentada e uma porção menor que a metade do volume do bloco está submerso, há empuxo do líquido sobre o bloco e, correspondentemente, o bloco exerce uma força de mesmo módulo e direção oposta sobre o líquido. O bloco é sustentado parcialmente pelo líquido e a leitura da balança é o peso do líquido mais uma fração do peso do bloco.

- Se a leitura da balança para de mudar quando metade do volume fica submerso, isto quer dizer que o empuxo gerado por metade do volume do bloco é suficiente para sustentar seu peso e a corda fica frouxa a partir de então. Por mais que se aumente a corda, não mais que metade do bloco estará submersa e a leitura da balança não ultrapassa o peso do líquido mais o peso do bloco.

(**V**) Por mais que o comprimento da corda aumente, não mais que metade do volume do bloco fica submerso.
(**F**) A densidade média do bloco é maior que a do líquido.
(**V**) A densidade média do bloco é menor que a do líquido.
(**V**) A densidade média do bloco é metade da do líquido.
(**F**) A densidade média do bloco é o dobro da do líquido.
(**F**) O valor lido na balança quando metade do bloco está submerso é igual à sua massa.
(**V**) A tensão sobre a corda é nula quando metade do volume do bloco está submerso.
(**F**) A resultante do líquido sobre o bloco é nula quando metade de seu volume está submerso.

Questão 2. Se $W > 0$ aumenta ΔU, $W > 0$ representa ganho de energia na forma de trabalho. Se $Q > 0$ diminui ΔU, $Q > 0$ representa perda de energia na forma de calor.

d) $W > 0$ representa trabalho recebido e $Q > 0$ representa calor perdido pelo sistema.

Questão 3.

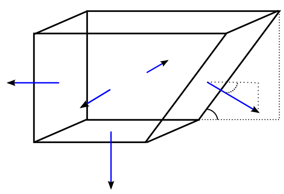
- A energia interna de um gás IDEAL só depende de sua temperatura.
- A expansão livre de um gás é um processo irreversível.
- Apenas a variação de entropia TOTAL do sistema formado pelo gás mais sua vizinhança (formando um sistema isolado) é necessariamente maior ou igual a zero.

(**F**) A energia interna de um gás qualquer só depende de sua temperatura.
(**F**) O aquecimento de um fluido através de uma resistência elétrica (efeito Joule) pode ser feito reversivelmente.
(**F**) A entropia de um gás não varia quando ele se expande livremente.
(**V**) É possível reduzir a entropia de um gás em contato térmico com um reservatório a temperatura constante.

Questão 4.

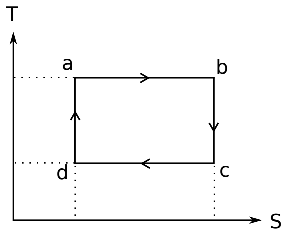
a) Stevin: $p = p_0 + \rho\, g\, h$, onde p_0 é a pressão atmosférica, ρ é a densidade do líquido e g é a aceleração da gravidade.

b)



Para que a resultante das forças que atuam sobre o líquido seja nula, o recipiente deve exercer sobre o líquido uma força total de módulo igual e sentido oposto ao peso do líquido. Portanto a força total do líquido sobre o recipiente deve ser igual ao peso do líquido (3^a lei de Newton).

Questão 5.



a) Os trechos $b \to c$ e $d \to a$ são adiabáticas e não realizam troca de calor. Além disso, a entropia nas extremidades de cada um desses trechos é a mesma:

$$S_b = S_c \,, \qquad\qquad S_d = S_a \,. \tag{1}$$

As trocas de calor nos outros dois trechos, de temperatura constante, são facilmente calculáveis:

$$Q_{a\to b} = \int_a^b T\,\mathrm{d}S = T_a \int_a^b \mathrm{d}S = T_a\,(S_c - S_a)\,, \tag{2}$$

$$Q_{c\to d} = T_c \int_c^d \mathrm{d}S = T_c\,(S_a - S_c)\,. \tag{3}$$

O total do calor recebido em um ciclo é portanto,

$$\boxed{Q_{ciclo} = Q_{a\to b} + Q_{c\to d} = (T_a - T_c)\,(S_c - S_a)\,.} \tag{4}$$

Neste caso, o calor recebido é igual à área compreendida pelo ciclo no diagrama $T \times S$. Isto pode ser demonstrado em um caso mais geral. Como?

b) Em um ciclo completo, sabemos que a variação da energia interna é $\Delta U_{ciclo} = 0$ (U é função de estado). Portanto, da 1^a lei da termodinâmica,

$$\Delta U_{ciclo} = Q_{ciclo} - W_{ciclo} = 0\,, \tag{5}$$

onde W_{ciclo} é o trabalho realizado no ciclo. Então,

$$\boxed{W_{ciclo} = Q_{ciclo} = (T_a - T_c)\,(S_c - S_a)\,.} \tag{6}$$

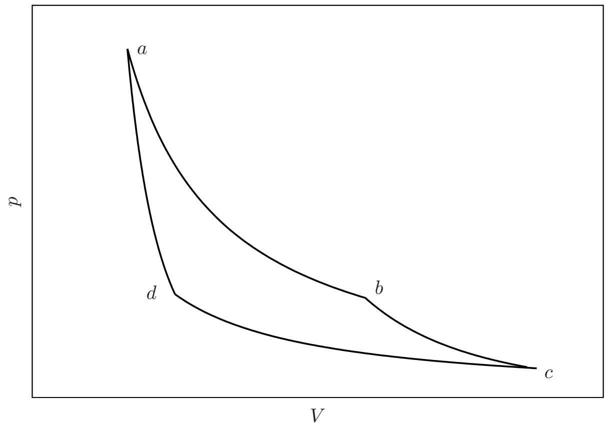
c)

Este ciclo é um ciclo de Carnot, representado no ciclo $P \times V$, para o caso de um gás ideal, acima. De fato, sua eficiência é dada por (trabalho / calor recebido na fonte quente)

$$e = \frac{\Delta W_{ciclo}}{Q_{a\to b}} = \frac{T_a - T_c}{T_a}\,, \tag{7}$$

ou

$$\boxed{e = 1 - \frac{T_c}{T_a}\,.} \tag{8}$$



Questão 6.

a) Podemos aplicar a equação de Bernoulli a uma linha de corrente que passa pela superfície do líquido e pelo orifício. Escrevendo esta equação para esses dois pontos, temos

$$p_1 + \rho\, g\, h = p_0 + \frac{1}{2}\rho\, v^2\,, \tag{9}$$

onde desprezamos a velocidade na superfície do líquido em comparação com a velocidade no orifício, supondo que a área da superfície é muito maior que a área do orifício. Assim

$$\boxed{v = \sqrt{2\left(g\, h + \frac{p_1 - p_0}{\rho}\right)}\,.} \tag{10}$$

b) A vazão pelo orifício se torna nula quando $v = 0$, ou seja,

$$p_1 = p_0 - \rho\, g\, h\,. \tag{11}$$

Para valores superiores de p_1 há vazamento, enquanto que para valores menores não há (o que deve acontecer nesse caso?).

c) Quando $p_1 = 0$, temos da equação (10),

$$v = \sqrt{2\left(g\, h - \frac{p_0}{\rho}\right)}\,. \tag{12}$$

Portanto, se $h > p_0/g$ o vazamento continua, mas se $h \leq p_0/g$ ele cessa.

2 Questões para a P2

Questão 7.

a) Uma corda com as duas pontas fixas está sujeita às condições de contorno

$$y(0,t) = y(L,t) = 0\,, \tag{13}$$

onde $y(x,t)$ é a função que descreve seu deslocamento, L é seu comprimento e escolhemos suas extremidades em $x = 0$ e $x = L$. Para uma onda estacionária da forma $y(x,t) = A\cos(\omega t + \phi)\cos(kx + \delta)$, isto nos dá

$$A\cos(\omega t + \phi)\cos(\delta) = A\cos(\omega t + \phi)\cos(kL + \delta) = 0\,. \tag{14}$$

A solução $A = 0$ não nos interessa, portanto:

$$\cos(\delta) = 0\,, \qquad \cos(kL + \delta) = 0\,, \tag{15}$$

que pode ser resolvido por

$$\delta = \frac{\pi}{2}\,, \qquad k = k_n = n\,\pi/L\,, \tag{16}$$

onde n é um número inteiro. Lembrando que k_n é o número de onda e $k_n = 2\pi/\lambda$, encontramos o comprimento de onda dos modos normais

$$\lambda_n = \frac{2\,L}{n}\,. \tag{17}$$

O quinto modo normal de vibração é dado por $n = 5$, com $\lambda_5 = \frac{2}{5}\,L$, enquanto o segundo modo normal tem $n = 2$ e $\lambda_2 = L$. Segundo o enunciado,

$$\lambda_2 - \lambda_5 = 30 \text{ cm}\,. \tag{18}$$

Substituindo,

$$L - \frac{2}{5}\,L = \frac{5-2}{5}\,L = \frac{3}{5}\,L = 30 \text{ cm}\,. \tag{19}$$

Então,

$$\boxed{L = \frac{5}{3}\,30 \text{ cm} = 50 \text{ cm}} \tag{20}$$

é o comprimento da corda e

$$\boxed{\lambda_1 = 2\,L = 100 \text{ cm} = 1 \text{ m}} \tag{21}$$

é a frequência do modo fundamental de vibração, correspondente a $n = 1$.

b) Se a frequência do modo fundamental de vibração é dada por $f_1 = 5$ Hz, temos que a velocidade de propagação é dada por

$$v = \lambda_1\,f_1 = 1 \cdot 5 \text{ m s}^{-1} = 5 \text{ m/s}\,. \tag{22}$$

Para tração T e densidade linear de massa μ temos

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} \;\;\Rightarrow\;\; T = \mu\,v^2\,. \tag{23}$$

Como $\mu = m/L$, e substituindo os valores $m = 0,1$ kg, $L = 50$ cm e $v = 5$ m/s,

$$T = \frac{0,1 \cdot 25}{50} \frac{\text{kg m}^2}{\text{cm s}^2} = \frac{100 \cdot 0,1 \cdot 25}{50} \frac{\text{kg m}}{\text{s}^2} \tag{24}$$

$$\boxed{T = 5\,\text{N}\,.} \tag{25}$$

Questão 8.

a) A fonte das ondas está em movimento. Portanto, o comprimento de onda é modificado pelo deslocamento da fonte no intervalo T_0 (um período) entre duas frentes de onda consecutivas, $\Delta x = v_f\, T_0 = v_f/f_0$, onde usamos $T = 1/f$. Como a fonte está se aproximando, esse deslocamento diminui o comprimento de onda:

$$\lambda = \lambda_0 - \Delta x = \lambda_0 - \frac{v_f}{f_0}\,, \tag{26}$$

onde $\lambda_0 = v_s/f_0$ é o comprimento de onda na fonte, ou seja,

$$\lambda = \frac{v_s}{f_0} - \frac{v_f}{f_0} = \frac{v_s - v_f}{f_0} \tag{27}$$

Para o observador em repouso, a frequência incidente é simplesmente $f = v_s/\lambda$,

$$f = \frac{v_s}{\lambda} = \frac{v_s\, f_0}{v_s - v_f} \tag{28}$$

$$\boxed{f = f_0 \frac{1}{1 - \dfrac{v_f}{v_s}}\,.} \tag{29}$$

Como o muro está em repouso, a frequência das ondas refletidas é $\boxed{f_R = f}$. O observador, por também estar em repouso, observará esta mesma frequência para as ondas refletidas.

b) A parede é a fonte das ondas refletidas. Como ela está em repouso, o comprimento de onda dessas ondas não muda e é dado pela equação (27). Um observador se aproximando do muro com a fonte vê então as frentes de onda se aproximarem mais rapidamente, com uma velocidade relativa $v_{rel,\,R} = v_s + v_f$. Ele medirá, entre duas frentes de onda, um intervalo de tempo dado por

$$T_R = \frac{\lambda}{v_{rel,\,R}} = \frac{1}{f_0} \frac{v_s - v_f}{v_s + v_f}\,. \tag{30}$$

A frequência observada é então

$$\boxed{f_R = \frac{1}{T_R} = f_0 \frac{v_s + v_f}{v_s - v_f}\,.} \tag{31}$$

Além disto, o observador verá as ondas incidentes com sua frequência original $\boxed{f = f_0}$, uma vez que ele se move junto à fonte.

c) Repetimos o raciocínio do item anterior, porém desta vez a velocidade relativa, no caso das ondas refletidas, é $v_{rel,\,R} = v_s - v_f$ (afastamento). Então

$$T_R = \frac{\lambda}{v_{rel,\,R}} = \frac{1}{f_0}\,\frac{v_s - v_f}{v_s - v_f} = \frac{1}{f_0}\,. \tag{32}$$

E a frequência observada fica

$$\boxed{f_R = \frac{1}{T} = f_0\,,} \tag{33}$$

ou seja, ele não observa nenhuma mudança na frequência!

No caso das ondas incidentes, como a fonte ainda se aproxima do observador, ainda podemos usar que

$$\lambda = \frac{v_s - v_f}{f_0}\,, \tag{34}$$

e a velocidade relativa entre observador e frentes de onda é $v_{rel} = v_s + 2\,v_f$ (aproximação). Portanto, o tempo T entre as frentes de onda fica

$$T = \frac{\lambda}{v_{rel}} = \frac{1}{f_0}\,\frac{v_s - v_f}{v_s + 2\,v_f}\,, \tag{35}$$

e

$$\boxed{f = \frac{1}{T} = f_0\,\frac{v_s + 2\,v_f}{v_s - v_f}\,.} \tag{36}$$