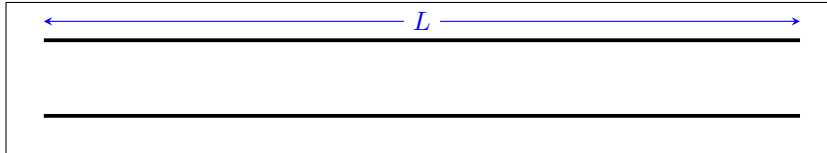


## Mecânica Quântica — 7600025

Lista 4P — para praticar para a prova do dia 10/11/2018

1. Um tubo cilíndrico tem  $A = 1 \text{ cm}^2$  de área transversal, e  $L = 1 \text{ m}$  de comprimento. A pressão atmosférica é  $P_0 = 10 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ , e a temperatura é  $T = 300 \text{ K}$ . O tubo está aberto em suas duas extremidades, como mostra a figura abaixo:



Calcule a velocidade do som no ar. Ad-

mita que um mol de ar tem massa  $m_0 = 30 \text{ g}$ .

2. Quais são as frequências dos modos normais dentro do tubo?
3. Repita o problema anterior admitindo que a extremidade direita do tubo esteja fechada, e a da esquerda aberta.
4. Repita o problema anterior admitindo que as duas extremidades do tubo estejam fechadas.
5. Um tubo como o da questão 1 é flexível e se fecha sobre si mesmo de maneira a formar um toróide de raio  $R = L/(2\pi)$ . Encontre a expressão matemática para o deslocamento  $\eta$  dentro do tubo quando se forma um modo normal com frequência  $\omega$ . *Sugestão: escreva a forma mais geral compatível com a equação de onda e imponha a condição de contorno  $\eta(x, t) = \eta(x + L, t)$ .*
6. Quais são as frequências possíveis no tubo toroidal do problema anterior? Compare com as frequências no problema 2.
7. Mostre que uma solução possível para o tubo toroidal é da forma da onda propagante  $\eta(x, t) = \eta_0 \sin(kx - \omega t)$ . Quais são as frequências possíveis, nesse caso?
8. Mostre que uma solução possível para o tubo toroidal é da forma da onda propagante  $\eta(x, t) = \eta_0 \sin(kx + \omega t)$ . Quais são as frequências possíveis, nesse caso?
9. Calcule a média da energia cinética do gás do problema 7 num ponto  $x$  num intervalo de tempo igual ao período  $T = 2\pi/\omega$  de vibração. *Sugestão: o ar se move com velocidade  $\dot{\eta}$ .*
10. Calcule a média da energia potencial do gás da questão 9 no mesmo ponto  $x$  no mesmo intervalo de tempo  $T$ . *Sugestão: o trabalho realizado sobre um volume  $V$  do gás quando esse volume varia de  $dV$  é  $-PdV$ , onde  $P = P_0 + p(x, t)$  é a pressão. Você poderá empregar as expressões deduzidas em classe para determinar a pressão e o volume do gás em função de  $\eta_0$  e  $\omega$ .*