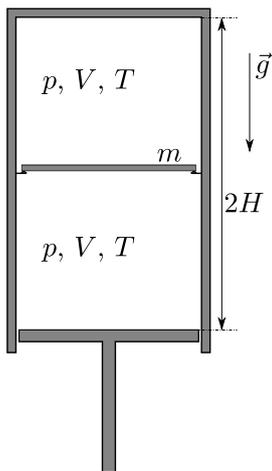


T1: Uma fuga

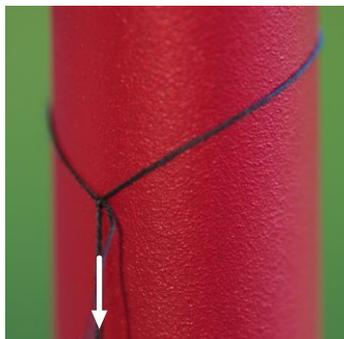
Um cilindro oco isolado de altura $2H$ e volume $2V$ é fechado em baixo por um pistão isolador. O cilindro está dividido em duas câmaras, inicialmente idênticas, por um diafragma isolador de massa m . O diafragma está pousado numa saliência circular e uma junta de borracha estabelece um contacto estanque entre eles enquanto o diafragma se encontra nessa posição. Ambas as câmaras estão ocupadas com hélio gasoso à pressão p e temperatura T . Uma força é aplicada ao pistão, de modo a que ele se mova lentamente para cima.



- Determine o volume da câmara inferior, V_0 , quando o gás começa a passar para a câmara de cima.
- Determine a temperatura T_1 na câmara superior quando o pistão toca no diafragma.
- Determine a temperatura T_2 na câmara inferior imediatamente antes do pistão tocar no diafragma.

T2: Fio em torno de um cilindro

A extremidade de um fio é amarrada fazendo um laço de comprimento $L > 2\pi R$, e um cilindro de raio R passa através deste laço. O coeficiente de atrito entre o fio e o cilindro é μ . A ponta livre do fio está a ser puxada paralelamente ao eixo do cilindro (conforme mostrado pela seta branca na imagem) enquanto o cilindro é mantido em repouso. Se o comprimento do laço for maior do que um valor crítico, $L > L_0$, o laço pode deslizar ao longo do cilindro sem alterar a sua forma, caso contrário o atrito “trava” o fio e, ao aumentarmos a força de tração, acabamos por partir o fio. Encontre este valor crítico L_0 . O peso do fio deve ser desprezado; a linha não se irá torcer ao ser puxada.



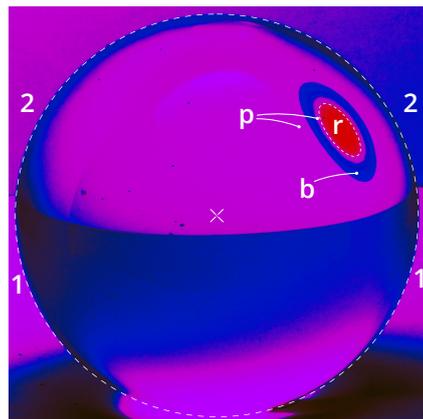
Pode ser útil saber que

$$2 \int \sqrt{1+x^2} dx = x\sqrt{1+x^2} + \operatorname{arcsinh} x,$$

onde $\operatorname{arcsinh} x \equiv \ln(x + \sqrt{1+x^2})$.

T3: Bola de vidro

A primeira fotografia ao lado foi tirada com uma câmara digital e mostra uma bola de vidro, iluminada por trás com luz dicromática que tem somente duas linhas espectrais estreitas (vermelho 630 nm e violeta 400 nm). Esta luz difusa vem do chão branco, marcado com ‘1’ na figura, e das paredes brancas, marcadas com ‘2’, ambos iluminados com os LEDs vermelho e violeta. O sensor da câmara só tem os sensores vermelho, azul e verde, de forma que a luz violeta é mostrada na imagem em azul. A fotografia é tirada a uma distância muito maior do que o raio da bola. Na parte de trás da bola é colado um fio opaco muito fino, formando um arco de um grande círculo (o que divide a bola em duas metades iguais). Na foto esse fio é obstruído pela bola e não se vê diretamente. Contudo, um segmento muito curto do fio aparece muito deformado e é visto como elipses a azul (identificada com ‘b’) e a vermelho (‘r’). A letra ‘p’ identifica as regiões roxas na fotografia.



Na primeira imagem, o centro da bola está marcado com uma cruz e o perímetro com uma linha a tracejado. Uma versão maior desta fotografia é dada na folha em separado. Pode tirar medidas diretamente nessa folha. Na imagem maior a fronteira entre as regiões vermelha e roxa está também marcada com uma linha a tracejado.

A segunda fotografia é tirada por trás, enquanto a bola é iluminada com um LED branco. A bola está rodada de forma que o fio pode ser visto diretamente.



- Explique qualitativamente, usando um diagrama de raios, porque é que um segmento do fio é visto como uma linha fechada na primeira imagem.
- Determine o índice de refração n_R para a luz vermelha.
- Determine a diferença entre os índices de refração das luzes vermelha e violeta, $\Delta n \equiv n_V - n_R$ (onde n_V é o índice de refração da luz violeta).

