

FOICE - LISTA 4

Davi Maciel

Versão: 19 de março de 2020

1 Introdução atenção superficial

As moléculas de uma substância na fase líquida estão sendo atraídas por outras moléculas do líquido e, por isso, têm uma certa energia potencial negativa com relação ao infinito. Note que aquelas moléculas do líquido que estão diretamente na interface líquido-gás estão sendo atraídas apenas pelas outras moléculas do lado da fase líquida. Por isso, para as moléculas diretamente na superfície, quando comparadas com as moléculas no volume do líquido, o número de vizinhos "puxando" é menor e, respectivamente, a energia potencial negativa é menor em módulo. Essa energia negativa que falta pode ser interpretada como uma energia positiva da superfície, a qual é proporcional ao número de moléculas na superfície, o qual, por sua vez, é proporcional a área superficial do líquido,

$$U = \gamma \cdot S,$$

onde o coeficiente de proporcionalidade γ é chamado de tensão superficial. Com isso em mãos, encontre:

- a) a força de interação entre duas partes de uma superfície líquida separadas por uma linha imaginária;
- b) a diferença de pressão entre os dois lados de uma superfície genérica formada por dois arcos de circunferência perpendiculares entre si, de raios R_1 e R_2 .

2 Bolha em choque

Uma bolha de sabão de tensão superficial $\gamma = 1,0 \cdot 10^{-2} \text{ N/m}$ e de massa $m = 1,0 \cdot 10^{-5} \text{ kg}$ foi enchida através de um tubo curto e fino (Figura 1). A bolha é então carregada com uma carga $Q = 5,4 \cdot 10^{-8} \text{ C}$. O tubo continua aberto.

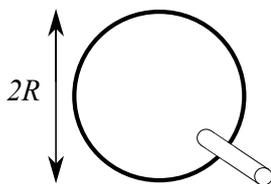


Figura 1: Problema 2

- Determine o raio de equilíbrio e o período de pequenas oscilações radiais da bolha.
- De repente, a bolha recebe uma carga $Q_1 = 10Q$, estime a velocidade das gotas de sabão após o estouro. A permissividade elétrica do meio é $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2/(J \cdot m)$.

3 Bolha sugada

Duas bolhas de sabão de raio R_1 e R_2 estão juntas por um canudo. Ar vai de uma bolha para a outra (qual?) e uma única bolha de raio R_3 é formada. Determine a tensão superficial da solução de sabão sabendo que a pressão atmosférica é p_0 . Medir esses três raios é um método adequado para determinar a tensão superficial de líquidos?

4 Piscina da Dona Aranha

Ao ar livre à noite, vapor de água frequentemente se condensa em teias de aranha, nas quais nós podemos encontrar várias pequenas gotas de água igualmente espaçadas em linhas. Encontre a distância mínima entre os centros de gotas adjacentes.

5 Força de vontade

É possível haver uma gota esférica de água que pode evaporar sem absorver calor externo e nem ceder calor pro ambiente?

6 Aquário do tubarão

A água num aquário bem limpinho forma um menisco (Figura 2). Calcule a diferença de altura h entre o centro e a ponta do menisco. A tensão superficial da água é $\gamma = 0,073 \text{ N/m}$.

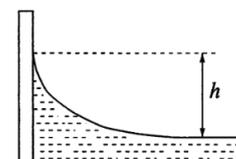


Figura 2: Problema 6

7 Gotinha

Uma gota de água cai no ar com uma velocidade uniforme. Estime a diferença entre os raios de curvatura da superfície da gota entre seus pontos superiores e inferiores, separados pela distância $h = 2,3 \text{ mm}$. Considere que a velocidade terminal da gota seja $v = 8,0 \text{ m/s}$.

8 Furo na mangueira

Um jato vertical de água flui para fora de um furo circular. Uma das seções horizontais do jato possui o diâmetro $d = 2,0 \text{ mm}$, enquanto que outra seção, localizada $l = 20 \text{ mm}$ abaixo, tem o diâmetro o qual é $n = 1,5$ vezes menor. Encontre o volume de água fluindo do furo a cada segundo.

9 Contato

Considere uma linha de contato entre três substâncias, um gás, um líquido, e um sólido. Então nós temos interfaces líquido-gás, sólido-gás, e sólido-líquido; considere que as respectivas tensões superficiais são γ_{l-g} , γ_{s-g} , γ_{s-l} . Encontre o ângulo de contato α entre as interfaces líquido-gás e sólido-líquido. Discuta os casos em que esse ângulo não existe.

10 Superfície ótima

Um filme de sabão de tensão superficial γ é esticado entre dois anéis idênticos de raio a separados por uma distância $2b$ (Figura 3). Derive a função $r(z)$ que descreve o formato da superfície do filme, onde r é a distância radial do filme ao eixo de simetria, como função da distância z ao longo do eixo. Quando a distância entre os anéis é aumentada bem devagarinho, a uma distância crítica $2b_0$, o filme de sabão colapsa. Encontre b_0 .

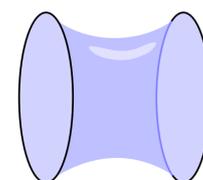


Figura 3: Problema 10

11 Usted debería ter considerado lo vidro

Encontre a força de atração entre duas placas de vidro paralelas, separadas por uma distância $h = 1,0 \text{ mm}$, depois que uma massa $m = 10 \text{ g}$ de água foi introduzida entre elas. A umidade é considerada como sendo completa. Estime o trabalho necessário para separar as placas por completo.

12 Pertubando quem tá quieto

Uma bolha de sabão de raio $r_0 = 5,00 \text{ cm}$ cujo interior está preenchido por um gás diatômico ideal é colocada no vácuo. A película de sabão tem uma espessura $h = 10,0 \mu\text{m}$ e uma densidade $\rho = 1,10 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$. A tensão superficial da película de sabão é $\gamma = 4,00 \cdot 10^{-2} \text{ N/m}$.

- Deduz a expressão para a capacidade térmica molar do gás na bolha e determine o seu valor. Assuma que o aquecimento do gás é tão lento que a bolha se mantém sempre em equilíbrio mecânico.
- Deduz a expressão para a frequência angular ω das pequenas oscilações radiais da bolha. Determine o seu valor, assumindo que a capacidade térmica da película de sabão é muito maior que a do gás diatômico. Assuma ainda que o equilíbrio térmico no interior da bolha é atingido num intervalo de tempo muito inferior ao período das oscilações.

13 Bolha incerta

Considere uma bolha de água pura ($\gamma = 0,073 \text{ N/m}$) localizada no vácuo (considere que ela permaneça líquida). Dentro desta, existe um único elétron. Estime o raio dessa bolha se os efeitos de polarização forem desconsiderados.

14 Até a ultima gota

- Considere um líquido que não molha o material de um capilar (ângulo de contato igual a 180°). Quando o capilar é imerso no líquido, a altura do líquido no capilar diminui, com relação ao líquido fora do capilar, até uma certa altura devido a tensão superficial. Encontre a pequena diferença na pressão Δp do vapor saturado sobre a superfície curvada do líquido em função da densidade do vapor saturado ρ_S , da densidade do líquido ρ_L , da tensão superficial γ e do raio de curvatura da superfície r .
- Pequenas gotas de um líquido estão em contêiner fechado, no qual o líquido não adere as suas paredes. Depois de um tempo suficientemente longo, observou-se que o tamanho das menores gotas diminuiu enquanto que o das maiores cresceu, até que finalmente sobrou somente uma grande gota no contêiner. Baseado no item anterior, explique esse fenômeno.

15 Tensão entre troca de fases

Estime a tensão superficial da água a 100° C . Dica: a água costuma evaporar nessa temperatura. Essa estimativa foi boa?

Respostas

- $F = \gamma \cdot l$, onde l é o comprimento da linha.
 - $\Delta P = \gamma \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$
- $R_0 = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{128\pi^2\epsilon_0\gamma}} = 3,0 \text{ cm}$;
 $T = \frac{2\pi}{\omega} = \sqrt{\frac{\pi m}{12\gamma}} = 16 \text{ ms}$
 - $v = \sqrt{\frac{100Q^2}{4\pi\epsilon_0 R_0 m}} = 94 \text{ m/s}$, a contribuição da tensão superficial é muito pequena.
- $\gamma = \frac{p_0 R_3^3 - R_1^3 - R_2^3}{4 R_1^2 + R_2^2 - R_3^2}$; Não
- $d = 4,5r$, onde r é o raio do cilindro de água que originou as gotas.
- Não.
- $h = \sqrt{\frac{2\gamma}{\rho g}} = 3,9 \text{ mm}$
- $\Delta R \sim 0,1 \text{ mm}$
- $\Phi = \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{\frac{2gl - 4\gamma(n-1)/\rho d}{n^4 - 1}} = 0,88 \text{ cm}^3/\text{s}$
- $\cos \alpha = \frac{\gamma_{s-g} - \gamma_{s-l}}{\gamma_{l-g}}$; $\cos \alpha > 1 \rightarrow$ o líquido se espalha por toda a superfície; $\cos \alpha < -1 \rightarrow$ uma camada de gás se forma entre o sólido e o líquido.
- $r(z) = r_0 \cosh(z/r_0)$; $a = r_0 \cosh(b/r_0)$;
 $a/b_0 = \sinh(\sqrt{1 + (b_0/a)^2})$
- $F \approx \frac{2\gamma m}{\rho h^2} = 1,5 \text{ N}$; $W \approx \frac{2\gamma m}{\rho h} = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ J}$
- $C = 4R$
 - $\omega = \sqrt{\frac{8\gamma}{\rho h r_0^2}} = 108 \text{ s}^{-1}$
- $R = 2,9 \cdot 10^{-10} \text{ m}$
- $\Delta p = \frac{2\gamma}{r} \frac{\rho_S}{\rho_L - \rho_S}$
 - A pressão de equilíbrio no recipiente é menor que a do vapor saturado das bolhas menores e maior que a do vapor saturado das bolhas maiores. Logo, as bolhas menores vão perder água líquida e as maiores vão ganhar, até que reste uma única bolha no final.
- Uma estimativa seria considerar a evaporação de uma monocamada de moléculas de água, chegando ao valor $\gamma = \rho dL/2 = 0,33 \text{ N/m}$. O valor real é $\gamma = 5,9 \cdot 10^{-2} \text{ N/m}$. Tire suas próprias conclusões.