

Campeonato de Física 2021

Vinicius Névoa

19 de Julho

Problema 3 - Grupo A

Bela manhã fria de inverno

Nessa questão, vamos estudar as condições de temperatura e pressão necessárias para que o vapor de água esteja em equilíbrio com a água líquida, algo que guia a formação de orvalho em manhãs frias, por exemplo. Considere um sistema constituído de água líquida e seu vapor saturado, em equilíbrio dentro de um recipiente que pode trocar calor com seus arredores. Logo abaixo da massa de líquido, existe um pistão que permite que aumentemos ou diminuamos o volume total. Como o líquido é incompressível, essa mudança de volume acaba sendo a própria mudança de volume do vapor.

Como os processos de transição de fase são reversíveis, e a transição em si é isotérmica, vamos considerar um ciclo de Carnot com os seguintes passos, e que tem como princípio de operação a mudança de fase no sistema:

- i) Comprime-se o sistema;
- ii) Espera-se o novo equilíbrio se estabelecer;
- iii) Expande-se o sistema;
- iv) Espera-se o novo equilíbrio se estabelecer.

Considere que as diferenças de temperatura e pressão ao longo do ciclo são bem pequenas, muito menores do que as variações de volume.

a) Escreva a eficiência do ciclo de Carnot em termos do calor que entra no sistema na evaporação, Q_e , o calor que sai na condensação, Q_c . Como seria a expressão em função somente da temperatura de evaporação T_e e da temperatura de condensação T_c ?

b) Esboce o ciclo térmico em um diagrama pressão de saturação versus volume (diagrama P_sV) em escala, e escreva o trabalho total realizado no ciclo em função das pressões de saturação de condensação e evaporação, p_c e p_e , e também de volumes relevantes. Indique no gráfico esses volumes.

c) Combine as duas expressões acima para expressar como a pressão de saturação muda quando há uma mudança de temperatura do vapor.

d) Considerando que existe no sistema 1 mol de vapor, simplifique sua resposta do item anterior usando que o vapor é um gás ideal, e que seu calor latente molar vale L_v . Por fim, esboce um gráfico da pressão de saturação em função da temperatura.

e) Numa bela manhã, o ar está saturado de vapor de água (umidade relativa igual a 1) e sua temperatura é de 20°C . De repente, por causa do terrível esfriamento global, a temperatura cai 5°C ! Se todo o vapor de água em uma camada de ar de 2 metros de espessura, sobre uma área de 1km^2 , condensou da forma esperada e fez o ar chegar a um novo estado de saturação. Nesse caso, qual é a massa total de água que molhou o chão?

Use $L_v = 540\text{cal/g}$, $R = 8.31\text{J/mol.K}$, $\rho_{\text{água}} = 1000\text{kg/m}^3$, e a pressão de saturação do vapor a 20°C , $P_{s1} = 2.23\text{kPa}$ e outras constantes, se necessário.

