Statistična termodinamika 2011/12

Izpit

5. 9. 2012

1. Obnašanje N_2O opišemo z Berthelotovo enačbo stanja

$$\left(p + \frac{a}{V_M^2 T}\right)(V_M - b) = RT,$$

kjer je $a = 87.2$ Jm^{3}K/mol^2 in $b = 3.25 \times 10^{-5}$ m^3/mol. Izračunajte kritično temperaturo, tlak in kilomolsko prostornino N_2O!

2. Denimo, da bi bila voda idealen dielektrik in ne bi prevajala niti v zelo močnem električnem polju, kjer je

$$P(E,T) = P_0\left(1 - \frac{aT}{E}\right);$$

$P_0 = 0.2$ As/m^2 je nasičena polarizacija vode in $a = 2.3 \times 10^6$ V/mK. — V začetku se voda pri 20°C nahaja v polju jakosti 10^9 V/m. Za koliko se spremeni njena temperatura, ko električno poljsko jakost adiabatno reverzibilno dvignemo na 5×10^9 V/m? Vzemite, da je specifična toplota vode pri konstantni električni poljski jakosti 4200 J/kgK, gostota pa 1000 kg/m^3, in da se med poskusom ne spreminjata. — Kolikšna je pri omenjenem procesu sprememba notranje energije litra vode?

3. Gradnike neidealnega plina veže parska interakcija

$$\phi(r) = \begin{cases} \phi_0\left[1 - (r/\sigma)\right], & r \le \sigma \\ 0, & r > \sigma \end{cases},$$

kjer je $\sigma = 5$ nm in $\phi_0 = 3 \times 10^{-4}$ eV. Pri temperaturi 27°C je v m^3 plina 10^{24} gradnikov. — Za koliko % odstopa temperaturni koeficient prostorninskega raztezka od rezultata za idealni plin? — Kolikšno je odstopanje razlike specifičnih toplot $c_p - c_V$, preračunane na gradnik, od vrednosti za idealni plin?

4. Model dvorazsežne trdnine predstavlja obsežna kvadratna mreža $N \times N$ atomov, v kateri so najbližji sosedje povezani med seboj. Lastne frekvence transverzalnih valovanj, ki se širijo po taki mreži

$$\omega(q_x, q_y) = \omega_0\sqrt{2(2 - \cos q_x a - \cos q_y a)},$$

so odvisne od komponent valovnega vektorja $q_i = 2\pi n_i/Na$ $(i = x, y)$, kjer je n_i celo število med $-N/2$ in $N/2$ ter $a = 1$ nm razdalja med sosednima atomoma. Kolikšna je pri 4 K specifična toplota take trdnine? Računajte z $\omega_0 = 10^{12}$ s^{-1}! — Za koliko se spremeni entropija kosa trdnine iz 10^{24} atomov, ko ga segrejemo s 4 K na 8 K?

$\int_0^\infty \exp(-ax^2)\,\mathrm{d}x = \frac{\sqrt{\pi}}{2\sqrt{a}}$	$\int_0^\infty \frac{x\,\mathrm{d}x}{\exp(x)-1} = \frac{\pi^2}{6}$	$\int_0^\infty \frac{x\,\mathrm{d}x}{\exp(x)+1} = \frac{\pi^2}{12}$
$\int_0^\infty x\exp(-ax^2)\,\mathrm{d}x = \frac{1}{2a}$	$\int_0^\infty \frac{x^2\,\mathrm{d}x}{\exp(x)-1} \approx 2.404$	$\int_0^\infty \frac{x^2\,\mathrm{d}x}{\exp(x)+1} \approx 1.803$
$\int_0^\infty x^2\exp(-ax^2)\,\mathrm{d}x = \frac{\sqrt{\pi}}{4\sqrt{a^3}}$	$\int_0^\infty \frac{x^3\,\mathrm{d}x}{\exp(x)-1} = \frac{\pi^4}{15}$	$\int_0^\infty \frac{x^3\,\mathrm{d}x}{\exp(x)+1} = \frac{7\pi^4}{120}$
$\int_0^\infty x^3\exp(-ax^2)\,\mathrm{d}x = \frac{1}{2a^2}$	$\int_0^\infty \frac{x^4\,\mathrm{d}x}{\exp(x)-1} \approx 24.886$	$\int_0^\infty \frac{x^4\,\mathrm{d}x}{\exp(x)+1} \approx 23.331$