

Prvi kolokvij iz fizike 2

“If we don't succeed, we run the risk of failure”

– D. Quayle

(I) Numerički zadaci:

1. *Tea for One / Frozen.* Proučimo ravnotežu između tekuće vode i njenih drugih faznih stanja – leda i pare. Za to nam treba Clausius – Clapeyronova jednačba:

$$\frac{dp}{dT} = \frac{L}{T\Delta v}$$

Ova jednačba nam daje ravnotežni tlak dviju faza u ovisnosti o temperaturi. L je latentna toplina faznog prijelaza a Δv je razlika specifičnih volumena dviju faza. Specifični volumen je recipročna gustoća $v = \rho^{-1}$.

- (a) Promatraj 1 kg vode koji se sav pretvori u paru. Koliki je volumen dobivene pare na standardnoj temperaturi $T = 0^\circ\text{C}$, ako je para idealni plin. Pokaži da je gustoća pare na $T = 100^\circ\text{C}$ $\rho = 0.6$ g/L. (3 boda)
- (b) Izračunaj, koristeći CC jednačbu, kako tlak pare ovisi o temperaturi. Iskoristi poznatu informaciju da je tlak pare $p = 101.3$ kPa na $T = 100^\circ\text{C} = 373.15$ K. Specifična toplina isparavanja vode je $L_p = 2260$ kJ/kg. (3 boda)
- (c) Koja je temperatura vrenja vode na vrhu Mount Everesta, gdje je tlak trećina tlaka na morskoj površini? (3 boda)

Promotrimo sada što se događa kod klizanja. Gustoća leda je $\rho_L = 900$ g/L a specifična toplina taljenja $L_t = 334$ kJ/kg.

- (d) Izvedi iz CC jednačbe kako tlak taljenja ovisi o temperaturi, ako znaš da je tlak taljenja $p = 101.3$ kPa na $T = 0^\circ\text{C}$. Koliki tlak treba biti da se led otopi na temperaturi $T = -5^\circ\text{C}$? (3 boda)
- (e) Procijeni može li čovjek na klizaljka stvoriti taj tlak? (1 bod)

Ukupno: 13 bodova

2. *Air France 447.* Danielle K. je fizičarka koja putuje Airbusom 330. Usred leta na visini od 10 kilometara na prozoru se stvori pukotina površine $S = 0.1$ m².

- (a) Ako je tlak u kabini $p_k = 84$ kPa a tlak vanjskog zraka $p_v = 20$ kPa, izračunaj brzinu zračne struje odmah po izlasku iz aviona. Pretpostavi da se tlakovi u i van aviona ne mijenjaju te da je zrak idealni fluid. Gustoća zraka na toj visini je $\rho = 0.29$ g/L. (3 boda)
- (b) Pokaži da se maseni gubitak plina u sekundi može prikazati kao

$$\frac{dm}{dt} = -\rho S v \text{ .(3 boda)}$$

- (c) Koliko će vremena trebati da se isprazni cijela kabina, ako je brzina istjecanja konstantna? Volumen kabine je 1696 m³ a gustoća zraka u kabini $\rho_K = 1.29$ g/L. Hoće li stvarno vrijeme biti veće ili manje? (3 boda)
- (d) Zamislimo da pukotina nastane na prednjem dijelu aviona koji se giba brzinom $v = 900$ km/h. Hoće li zrak izlaziti van ili ulaziti unutra? (3 boda)

Ukupno: 12 bodova

3. *Nuklearni udar.* U ovom zadatku ćemo se baviti faznim prijelazima u atomskim jezgrama, točnije, pri žestokim sudarima jezgara. Zamislite dakle dvije jezgre olova, svaka s po 207 nukleona (protona i neutrona) koje se sudaraju centralno, s ukupnom energijom sudara 7 TeV po nukleonu.

(a) kojoj temperaturi odgovara ukupna energija sudara dvije jezgre? (2 boda)

Ako je sudar dovoljno žestok, nukleoni će se raspasti na svoje sastavne dijelove – kvarkove, u procesu koji se može promatrati kao fazni prijelaz prvog reda ('vrenje' atomskih jezgara). Slobodna energija nuklearne tvari u blizini prijelaza može se pisati u obliku

$$F(x) = a(T - T_c)x^2 - bx^3 + cx^4,$$

gdje je T_c kritična temperatura, a , b i c pozitivne konstante, a $x = \rho_n - \rho_q$ razlika gustoća nukleonske i kvarkovske tvari.

(b) izračunaj položaje minimuma slobodne energije i nađi temperaturu T_0 ispod koje je broj minimuma veći od jedan. Skiciraj oblik slobodne energije za nekoliko reprezentativnih temperatura. (5 bodova)

(c) na kojoj temperaturi minimum u $x = 0$ postaje maksimum? kolika je latentna toplina prijelaza, odnosno slobodna energija u drugom minimumu na toj temperaturi? (3 boda)

(e) pomoću rezultata (c) skiciraj ovisnost slobodne energije sistema u (lokalnoj) ravnoteži o temperaturi, ako se sistem na visokim temperaturama nalazi u $x = 0$. (2 boda)

(f) ako je latentna toplina prijelaza $L = 20$ TeV, a razlika gustoća na temperaturi prijelaza $x_c = 500$ MeV/fm³, izračunaj konstante b i c (u jedinicama MeV³/fm⁹ i MeV⁴/fm¹²). Je li 7 TeV po nukleonu dovoljno da se desi prijelaz? (3 boda)

Ukupno: 15 bodova

(II) Konjceptualni zadaci ('objasni' se implicitno podrazumijeva):

1. Zašto je lakše plivati u moru nego u jezeru? (2 boda)
2. Zašto možete uspješno hodati po žeravici samo ako vas je strah? (hint: kad vas je strah, vjerojatno vam se znoje tabani) (2 boda)
3. Je li hladnije ili toplije kada je manja količina vlage u zraku? (2 boda)
4. Zašto toplinski strojevi ne mogu svu ulaznu toplinu pretvoriti u rad? (2 boda)
5. Zašto je opasno dezodorans u spreju aplicirati s udaljenosti manje od ~ 20 cm? (2 boda)