

Probni Kolokvij Vol. 1

(I) Numerički zadaci:

1. *Kavitacija*. Brodski i inij propeleri imaju velikih problema s efektom kojim ćemo se baviti u ovom zadatku. Zamislite dakle propeler polumjera $R = 2$ m, koji se nalazi u vodi i okreće kutnom brzinom ω .

(a) Napiši Bernoullijevu jednadžbu za strujnicu na kojoj je brzina daleko od propelera nula, a maksimalna brzina jednaka obodnoj brzini ruba propelera. Skiciraj! (2 boda)

(b) Izračunaj tlak vode na rubu propelera u ovisnosti o kutnoj brzini ω . (2 boda)

(c) Koristeći tzv. Clausius - Clapeyronovu jednadžbu za ovisnost tlaka para o temperaturi,

$$\ln \frac{p_0}{p} = \frac{L_{vap}}{R} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right)$$

odredi kada je tlak iz (b) jednak tlaku para vode u sjevernom Atlantiku, na $T = 5^\circ\text{C}$. Latentna toplota isparavanja je 2260 J/kg. (4 boda)

Kad je tlak vode jednak tlaku pare, počinje vrenje i nastaju mjehurići poznati kao kavitacija, koji implodiraju i brzo oštećuju propeler.

(d) Kako se promijeni broj okretaja na kojem nastaje kavitacija ako brod plovi u tropskom moru ($T = 30^\circ\text{C}$)? (2 boda)

Ukupno: 10 bodova

2. *I hladno je gadno*. Vjerojatno ste vidjeli (ili čak probali) kako ljudi kratko guraju prste u tekući dušik bez ikakvih trajnih posljedica. U ovom zadatku ćemo proučiti što se desi kad se s tom aktivnošću pretjera. Neodgovorni malofizičar dakle umoči prst mase $m = 10$ g u tekući dušik temperature 77 K. Pitanje je naravno: koliko će proći vremena prije nego prst otpadne (a otpadne kad se smrzne)?

(a) Ako je prst u početnom trenutku na tjelesnoj temperaturi, skiciraj ovisnost njegove temperature u vremenu, do trenutka otpadanja, i objasni ukratko. (3 boda)

(b) Ako je količina topline koja u jako kratkom vremenu prijeđe iz prsta u dušik jednaka

$$dQ = \Lambda(T - T_0)dt,$$

gdje je T trenutna temperatura prsta, $T_0 = 77$ K a $\Lambda = 0.003$ J/Ks9 konstanta, napiši diferencijalnu jednadžbu za temperaturu prsta $T(t)$. Toplinski kapacitet prsta je $c = 4000$ J/kg K. Riješi jednadžbu, npr. separacijom varijabli, i odredi vrijeme koje je potrebno da se prst spusti s 37°C na 0°C . (5 bodova)

(c) Jednom kad je prst na 0°C , treba ga cijelog smrznuti. Koliko je topline potrebno odvesti s njega za to? latentna toplota smrzavanja vode je $L = 334$ kJ/kg. (1 bod)

(d) Koristeći (c) i formulu iz (b), nađi vrijeme potrebno da se čitav prst smrzne. (3 boda)

(e) Zbroji vremena iz (b) i (d) - to je odgovor na pitanje zadatka. Naravno vrlo poučan. (1 bod)

Ukupno: 13 bodova

3. *Opasan balon.* Jedan od luđih japanskih izuma u II svjetskom ratu su bile bombe-baloni, koje su trebale po pasatnim vjetrovima plutati iz Japana ravno na Kaliforniju. Na sreću, vrlo malo ih je u tome i uspjelo, ali to nas neće spriječiti da ih stavimo u zadatak.

(a) Neka je gumeni balon napunjen s n molova helija. Tlak u balonu je zbog napetosti gume veći od ambijentalnog za iznos Δp . Nađi silu uzgona koja djeluje na balon u ovisnosti o ambijentalnom tlaku p i Δp , ako je molarna masa zraka M_{zr} . (3 boda)

(b) Pretpostavimo da je balon sferičan. U jednostavnom modelu gume, unutrašnja energija gume balona u ovisnosti o rastegnuciu je

$$U = 4\pi r_0^2 \kappa RT \left(2\lambda^2 + \frac{1}{\lambda^4} - 3 \right)$$

gdje je r_0 nerastegnuti radius balona, $\lambda = r/r_0$ bezdimenzionalno povećanje radiusa, a κ konstanta. Izjednačavajući rad potreban za povećanje volumena balona za $dV = 4\pi r^2 dr$ pri razlici tlakova Δp s promjenom elastične energije $dU = \frac{dU}{dr} dr$, nađi Δp kao funkciju parametara r_0 , κ , T i λ i skiciraj ovisnost o λ . (5 bodova)

(c) Balon se napuhuje helijem na sobnom tlaku i temperaturi. Napiši jednadžbu koja povezuje λ i broj molova helija u balonu, n (nemoj ju pokušati rješavati!). Ako je $r_0 = 5$ m, a $\kappa = 5.5$ mol/m², koji član (koji sadrži λ) dominira? (3 boda)

(d) Koliko molova helija treba staviti u balon da bi se popeo do visine brzih stalnih vjetrova (8 km) i tamo lebdio? Kombiniraj rezultat iz (c) s uvjetom ravnoteže sila na balon, upotrijebi masu balona $m = 500$ kg (s bombom) i uzmi da je tlak na 8 km trećina atmosfere, a temperatura 250 K. Potpuno zanemari sve članove s Δp , odnosno uzmi $\kappa = 0$. (4 boda)

(e) koliko je rastezanje balona λ na 8 km? (2 boda)

Ukupno: 17 bodova

(II) Konceptualni zadaci:

1. Zašto se požar benzina ne gasi vodom? (2 boda)
2. Zašto mostovi nisu učvršćeni za potpornje, nego stoje na valjcima? (2 boda)
3. Zašto ne možemo rashladiti stan tako da otvorimo vrata frižidera? (2 boda)
4. (2 boda)
5. (2 boda)