

Pisni izpit iz fizike

Naravoslovnotehniška fakulteta

Ljubljana, 10.02.2005

1. Vsaj kolikšna mora biti varnostna razdalja tovornjaka, ki vozi v koloni s hitrostjo 70 km/h? Predpostavi, da je reakcijski čas voznika 1 sekunda, največji pojemek tovornjaka $0,6 \text{ m/s}^2$, največji pojemek avtomobila pred njim pa $1,0 \text{ m/s}^2$.
2. Na uklonsko mrežico z 200 režami na milimeter posvetimo v pravokotni smeri z modro in rumeno svetilko. Koliko sta razmaknjena uklonska maksimuma prvega reda na 2 m oddaljenem zaslonu? Valovna dolžina modre svetlobe je 450 nm, rumene pa 620 nm.
3. V električni grelec za vodo natočimo 1 liter vode iz pipe, ki ima temperaturo 12°C . Grelec segreje vodo do vrelišča v treh minutah. Kolikšna je njegova moč? Kolikšen je upor grelne plošče, če je notranji upor vtičnice $0,5 \Omega$? Privzameš lahko, da je izkoristek takega grelca 100%. Efektivna napetost na vtičnici je 220V. Iz varnostnih razlogov je v grelcu vgrajena 30 A varovalka. Specifična toplota vode je 4200 J/kgK .
4. Idealni plin segrejemo pri konstantni prostornini. Pri tem se mu tlak poveča na dvakratno vrednost. Nato ga adiabatno razpnemo tako, da se mu tlak zniža na začetno vrednost. Nazadnje ga pri konstantnem tlaku stisnemo na začetno prostornino. Kolikšen je toplotni izkoristek takega stroja? Specifična toplota idealnega plina pri konstantnem volumnu je $c_v = \frac{3R}{2M}$, pri konstantnem tlaku pa $c_p = \frac{5R}{2M}$.

Rešitve pisnega izpita iz fizike z dne 10.02.2005

1. Od trenutka, ko bo voznik tovornjaka zagledal rdeče zavorne luči na vozilu pred njim, pa do tedaj, ko bo ustavil tovornjak, bo najprej prevozil razdaljo $v\Delta t = 19,4$ m (Δt je reakcijski čas voznika) z enakomerno hitrostjo, nato pa bo začel zavirati. Pot med zaviranjem izračunamo iz enačbe za enakomerno pospešeno gibanje, $s = v^2/(2a_1) = 315$ m. Celotna pot tovornjaka je torej $s_1 = 334$ m.

Medtem se je avto prav tako ustavljal s pospeškom a_2 . Pot, ki jo je pri tem prevozil je $s_2 = v^2/(2a_2) = 189$ m.

Zavorna razdalja mora biti enaka vsaj toliko, kolikor daljšo pot potrebuje tovornjak zato, da se ustavi: $\Delta s = s_1 - s_2 = 145$ m.

2. Pri uklonu svetlobe na uklonski mrežici izmerimo prvi maksimum pri kotu

$$\sin \varphi = \frac{\lambda}{d},$$

kjer je d razdalja med dvema režama uklonske mrežice: $d = 1 \text{ mm}/200 = 5\mu\text{m}$. Mesto maksimuma na zaslonu pa je pri $x = l \tan(\varphi)$, kjer je l oddaljenost zaslona. Pri danih podatkih je $x_1 = 18,1$ cm za modro in $x_2 = 25,0$ za rdečo svetlobo. Maksimuma sta med sabo razmaknjena za $\Delta x = x_2 - x_1 = 6,9$ cm.

3. Zato, da segrejemo 1l vode do vrelišča, moramo vodi dovesti

$$Q = mc_p \Delta T = 1 \text{ kg } 4200 \text{ J/kgK } 88 \text{ K} = 370 \text{ kJ}$$

toplote. Moč grelca je torej

$$P = \frac{Q}{t} = \frac{370 \text{ kJ}}{180 \text{ s}} = 2,05 \text{ kW}$$

P mora biti enaka električni moči, ki se troši na grelcu, $P = UI = I^2 R$, kjer je $I = U/(R + R_n)$ tok, ki teče skozi grelec in R_n notranji upor vtičnice, ki je vezan zaporedno s priključenim grelcem. Dobimo kvadratno enačbo

$$R^2 + (2R_n - U^2/P)R + R_n^2 = 0,$$

ki ima rešitvi $R_1 = 22,6\Omega$ in $R_2 = 0,011\Omega$. Tok, ki teče skozi grelec, je enak $I = U/(R + R_n)$ in v drugem primeru presega dovoljeno vrednost 30 A, zato je rešitev naloge $R = 22,6\Omega$

4. Za plin v vsakem trenutku velja plinska enačba:

$$pV = \frac{mRT}{M}$$

Pri adiabatni spremembi velja tudi $pV^\kappa = \text{konst}$, kjer je $\kappa = c_p/c_v = 5/3$. Naj ima na začetku plin temperaturo T_1 , volumen V_1 in tlak p_1 . Nato ga pri konstantni prostornini segrejemo na dvakratno temperaturo, torej je $T_2 = 2T_1$ in $V_2 = V_1$. Iz plinske enačbe $p_1V_1/T_1 = p_2V_2/T_2$ sledi $p_2 = 2p_1$. Pri adiabatnem segrevanju uporabimo enačbo $p_2V_2^\kappa = p_3V_3^\kappa$. Ker je $p_3 = p_1$ sledi $V_3 = 2^{1/\kappa}V_2$ in nato iz plinske enačbe $T_3 = 2^{1/\kappa-1}T_2$.

Pri adiabatnem razpenjanju plin opravi delo, ki je po velikosti enako spremembi notranje energije

$$A_1 = mc_v(T_3 - T_2) = m\frac{3R}{2M}(2^{1/\kappa-1} - 1)2T_1 = \frac{mRT_1}{M} 3(2^{1/\kappa-1} - 1)$$

Pri izobarnem stiskanju moramo opraviti delo

$$A_2 = -p\Delta V = p_1(V_3 - V_1) = p_1(2^{1/\kappa} - 1)V_1 = \frac{mRT_1}{M} (2^{1/\kappa} - 1)$$

V zadnjem koraku smo spet uporabili plinsko enačbo.

Pri prvi spremembi plinu dovedemo toploto

$$Q = mc_v(T_2 - T_1) = mc_vT_1 = m\frac{3R}{2M}T_1 = \frac{mRT_1}{M} \frac{3}{2}$$

Izkoristek je definiran kot

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{|A_1| - A_2}{Q} = \frac{3(1 - 2^{1/\kappa-1}) - (2^{1/\kappa} - 1)}{3/2} \\ &= \frac{8 - 5 \cdot 2^{1/\kappa}}{3} = 0,14 \end{aligned}$$

Faktor $\frac{mRT_1}{M}$ je enak v vseh treh členih in se pokrajša.