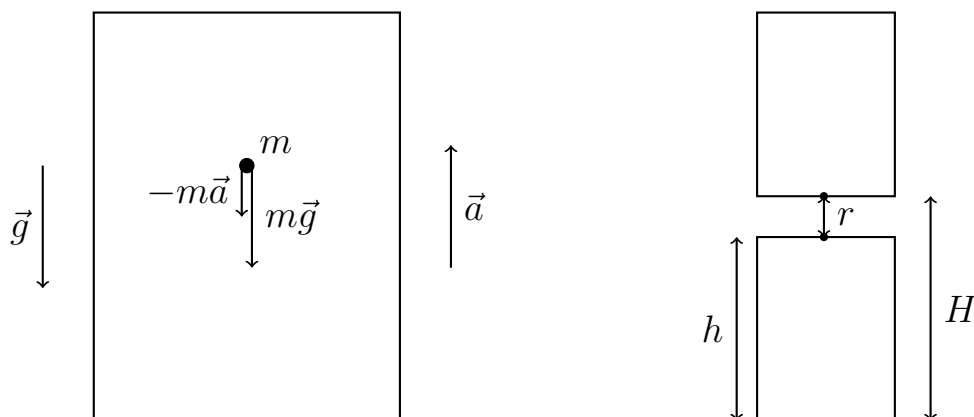


Prirodno-matematički fakultet
Društvo matematičara i fizičara Crne Gore

OLIMPIJADA ZNANJA 2025

Rešenja zadataka iz fizike za IV razred srednje škole

1.



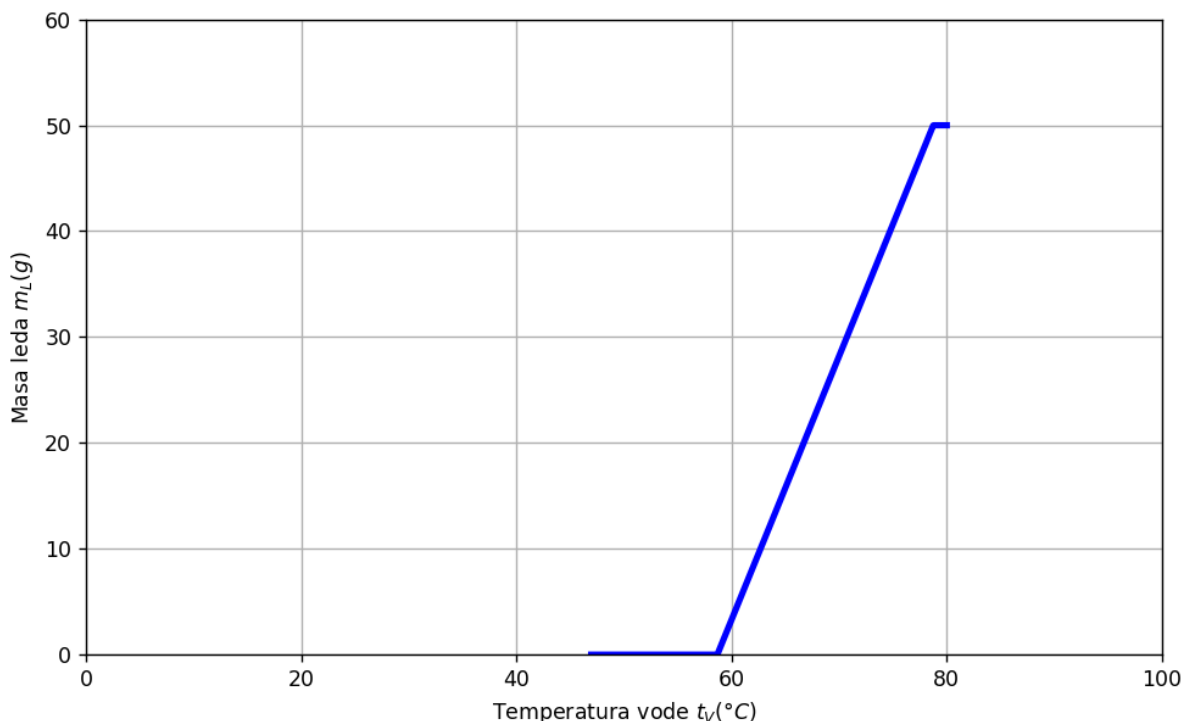
a) U sistemu vezanom za lift, na zavrtnanj djeluju sila gravitacije $m\vec{g}$ i inercijalna sila $-m\vec{a}$. Smjer inercijalne sile je suprotan od smjera ubrzanja lifta, dakle naniže. Označimo sa a_u intenzitet ukupnog ubrzanja zavrtnja u liftu. Tada je, iz drugog Njutnovog zakona, $ma_u = mg + ma$, odnosno $a_u = g + a$. Dakle, zavrtnanj slobodno pada sa ubrzanjem $g + a$, pa važi $h = \frac{1}{2}(g + a)t^2$, odakle je $t = \sqrt{\frac{2h}{g+a}} = 0.68s$.

b) Od početka kretanja do pada zavrtnja na pod, lift se popne na visinu $H = \frac{1}{2}a(t_1 + t)^2 = 3.59m$. Sa slike se vidi da je pomjeraj zavrtnja $r = H - h = 1.09m$. U sistemu vezanom za Zemlju, zavrtnanj se prvo tokom vremena t_1 kreće zajedno sa liftom ravnomojno ubrzano, a zatim tokom vremena t po zakonima vertikalnog hica, sa početnom brzinom koja je jednaka brzini lifta u trenutku t_1 , odnosno $v_0 = at_1 = 2\frac{m}{s}$. Pređeni put tokom prvog dijela kretanja je $h_1 = \frac{1}{2}at_1^2 = 2m$. Nakon što se zavrtnanj otkači, vrijeme potrebno do zaustavljanja je $t_2 = \frac{v_0}{g} = 0.2s$. Pređeni put za to vrijeme je $h_2 = \frac{v_0^2}{2g} = 0.2m$. Zatim zavrtnanj slobodno pada tokom vremena $t_3 = t - t_2 = 0.48s$, i prelazi put $h_3 = \frac{1}{2}gt_3^2 = 1.11m$. Ukupan pređeni put je $S = h_1 + h_2 + h_3 = 3.32m$.

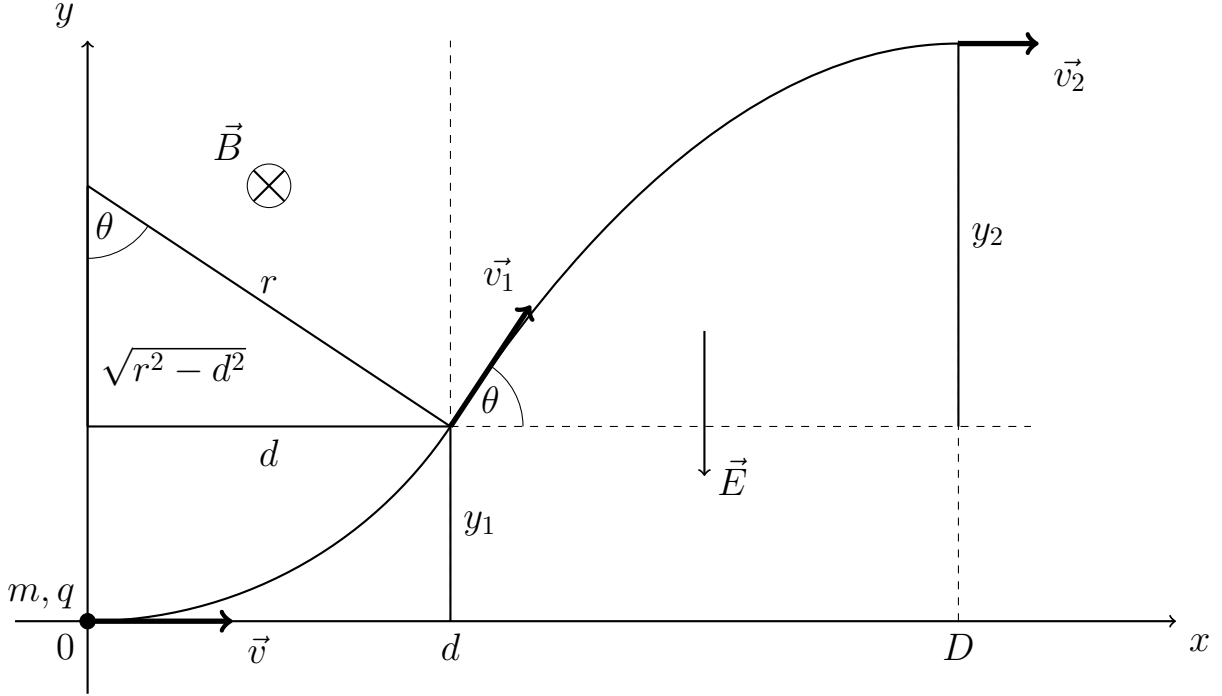
2.

a) Prvo je potrebno provjeriti da li će se sav led istopiti, to jest da li voda može da preda dovoljno toplote da zagrije led do 0°C i zatim ga istopi. Toplota potrebna za zagrijavanje leda je $Q_1 = m_2 c_L (t_0 - t_2) = 1045\text{J}$. Za topljenje leda je potrebno $Q_2 = m_2 \lambda_L = 16800\text{J}$. Toplota koju bi voda predala kada bi se ohladila do 0°C je $Q_{max} = m_1 c_V (t_1 - t_0) = 66944\text{J}$, što je veće od $Q_1 + Q_2$. Dakle, sav led će se istopiti i ravnoteža će se uspostaviti na nekoj temperaturi između 0°C i 80°C . Označimo sa t ravnotežnu temperaturu. Da bi se istopljeni led zagrijao do te temperature, potrebna je količina toplote $Q_3 = m_2 c_V (t - t_0)$, a ukupna toplota koju voda predaje pri hlađenju do iste temperature je $Q_V = m_1 c_V (t_1 - t)$. Voda svu toplotu predaje ledu, pa je $Q_V = Q_1 + Q_2 + Q_3$, odnosno $m_1 c_V (t_1 - t) = Q_1 + Q_2 + m_2 c_V (t - t_0)$, odakle se može izračunati $t = 46.94^\circ\text{C}$.

b) Tokom zagrijavanja leda sa -10°C na 0°C , njegova masa ostaje ista, a za to vrijeme se voda ohladi za $\Delta t_1 = \frac{Q_1}{m_1 c_V} = 1.25^\circ\text{C}$, pa je nakon toga njena temperatura 78.75°C . Neka se dio leda mase m istopi pri promjeni temperature vode za Δt . Tada je $m \lambda_L = m_1 c_V \Delta t$. Dakle, masa leda se smanjuje linearno sa temperaturom vode. Sav led se istopi kada se temperatura vode smanji za dodatnih $\Delta t_2 = \frac{Q_2}{m_1 c_V} = 20.08^\circ\text{C}$ i nakon toga iznosi 58.67°C . Grafik zavisnosti $m_L(t_V)$ je prikazan na slici.



3.



Kada čestica uleti u magnetno polje, ona počinje da se kreće po kružnoj putanji. Poluprečnik tog kruga se može naći iz jednakosti $qvB = \frac{mv^2}{r}$, odakle je $r = \frac{mv}{qB}$. U magnetnom polju se ne mijenja intenzitet brzine, već samo njen smjer. Centar kružnice po kojoj se čestica kreće je u tački (0, r), pa je jednačina te kružnice $x^2 + (y - r)^2 = r^2$. U presjeku ove kružnice i prave $x = d$ nalazimo tačku u kojoj čestica napušta magnetno polje i ulazi u električno. Dakle, $d^2 + (y_1 - r)^2 = r^2$, odakle je $y_1 = r - \sqrt{r^2 - d^2}$ (uzimamo rešenje sa znakom minus jer čestica izlazi iz polja na dijelu kružnice za koji je $y < r$). Ugao θ pod kojim čestica napušta magnetno polje možemo naći iz sličnosti trouglova, kao na slici, pa za komponente brzine pri izlasku dobijamo $v_{1x} = v \cos \theta = \frac{v(r - y_1)}{r} = \frac{v \sqrt{r^2 - d^2}}{r}$ i $v_{1y} = v \sin \theta = \frac{vd}{r}$. U električnom polju čestica se kreće po paraboli. Njeno kretanje po x-osi je ravnomjerno, a po y-osi ravnomjerno usporeno. Vrijeme kretanja kroz električno polje je $t = \frac{D - d}{v_{1x}} = \frac{(D - d)r}{v \sqrt{r^2 - d^2}}$. Ako čestica izlijeće paralelno sa x-osom, onda za kretanje po y-osi važi $0 = v_{1y} - at$, gdje je $a = \frac{qE}{m}$, pa je $\frac{vd}{r} = \frac{qE}{m} \cdot \frac{(D - d)r}{v \sqrt{r^2 - d^2}}$, odakle se dobija $E = \frac{mv^2 d \sqrt{r^2 - d^2}}{qr^2 (D - d)} = \frac{vBd}{D - d} \sqrt{1 - \left(\frac{qBd}{mv}\right)^2}$. Po y-osi čestica u električnom polju prelazi put $y_2 = \frac{v_{1y}^2}{2a} = \frac{mv^2 d^2}{2r^2 qE}$. Koordinata po y-osi u kojoj čestica napušta električno polje je $y = y_1 + y_2 = \frac{mv}{qB} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{qBd}{mv}\right)^2}\right) + \frac{qBd(D - d)}{2mv \sqrt{1 - \left(\frac{qBd}{mv}\right)^2}}$.

4.

Kada jezgro ${}_{92}^{235}\text{U}$ zahvati neutron, nastaje jezgro ${}_{92}^{236}\text{U}^*$, koje je zbog viška energije u jako pobuđenom stanju. Ono se oslobađa energije putem raspada na dva fragmenta i nekoliko slobodnih neutrona. Posmatrani raspad se može prikazati jednačinom ${}_{92}^{235}\text{U} + n \rightarrow {}_{92}^{236}\text{U}^* \rightarrow {}_{56}^{141}\text{Ba} + {}_{36}^{92}\text{Kr} + 3n$. Energija koja se oslobodi pri jednom raspadu je $Q = \Delta mc^2 = (m({}_{92}^{235}\text{U}) + m(n) - m({}_{56}^{141}\text{Ba}) - m({}_{36}^{92}\text{Kr}) - 3m(n)) c^2$, i dobija se da ona iznosi $Q = 173.166\text{MeV}$. Potrebno je još odrediti koliko u 1g uranijuma ima jezgara ${}_{92}^{235}\text{U}$. Ukupan broj jezgara u tom uzorku je $N = nN_A = \frac{mN_A}{M} = 2.5299 \cdot 10^{21}$. Onda je broj jezgara ${}_{92}^{235}\text{U}$ jednak $N_{235} = 0.00711N = 1.7988 \cdot 10^{19}$. Ukupna energija koja se oslobodi pri fisiji ovih jezgara iznosi $Q_u = N_{235}Q = 3.1149 \cdot 10^{21}\text{MeV} = 499\text{MJ}$.