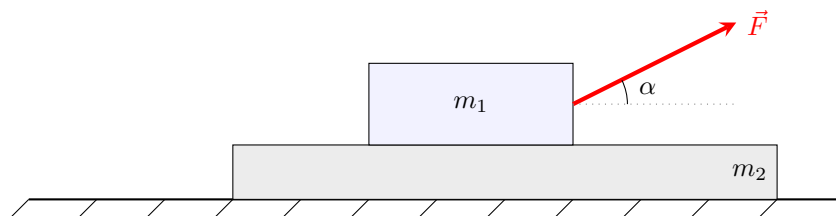


Prirodno-matematički fakultet
Društvo matematičara i fizičara Crne Gore
OLIMPIJADA ZNANJA 2026
Takmičenje iz fizike za I razred srednje škole

1. Automobil se $50s$ kreće ravnomjerno ubrzano, početnom brzinom od $50 \frac{km}{h}$ i ubrzanjem $0.3 \frac{m}{s^2}$. Nakon toga, vozač uočava znak "STOP". Od trenutka zapažanja znaka do primjene kočnice, vozaču je potrebno $0.7s$. Da li će vozač uspjeti da se zaustavi na vrijeme ukoliko je udaljenost od znaka bila $1175m$ u trenutku kada je automobil počeo da ubrzava, a kočnice automobila mogu da ostvare usporenje od $5 \frac{m}{s^2}$. Kako bi se promijenio ishod ako bi se ubrzanje kočnica smanjilo za 20% usljed vlažnog kolovoza?
2. Tijelo mase m_1 nalazi se na horizontalnoj dasci mase m_2 (Slika 1). Na tijelo djeluje sila pod uglom α u odnosu na horizontalu (nagore), usljed čega tijelo klizi po dasci. Odrediti ubrzanja tijela i daske ako je koeficijent trenja između tijela i daske μ_1 , a između daske i poda μ_2 .
3. Satelit za komunikacije se kreće u ekvatorijalnoj ravni Zemlje u smjeru suprotnom od smjera njene rotacije (od istoka ka zapadu). Određena fiksna stanica na ekvatoru registruje da joj satelit prolazi direktno iznad glave (u zenitu) svakih 12h. Izračunati visinu iznad površine Zemlje na kojoj se ovaj satelit nalazi. Šta bi se desilo ukoliko bi taj satelit rotirao u istom smjeru kao i Zemlja.
4. Drvene merdevine dužine $3m$ i mase $8kg$ prslonjene su uz gladak zid tako da sa njim zaklapaju ugao od 30° . Težište merdevina se nalazi u njihovoj sredini, a koeficijent trenja između merdevina i poda je 0.4. Kolika je maksimalno dozvoljena masa mačke koja se penje na merdevine, da bi se ona popela na sami vrh merdevina, a da one ne proklizaju?



Slika 1

Prirodno-matematički fakultet
Društvo matematičara i fizičara Crne Gore
OLIMPIJADA ZNANJA 2026

Rešenja zadataka iz fizike za I razred srednje škole

1. $t_1 = 50s$
 $v_0 = 50 \frac{km}{h} \approx 13,89 \frac{m}{s}$
 $a_1 = 0,3 \frac{m}{s^2}$
 $t_r = 0,7s$
 $a_2 = 5 \frac{m}{s^2}$
 $d = 1175m$

$s_u - ?$

Kretanje automobila možemo podijeliti u tri faze: ravnomjerno ubrzano kretanje, put reagovanja i kočenje na suvom kolovozu (kočenje na mokrom kolovozu).

Ravnomjerno ubrzano kretanje: U prvoj fazi puta pređeni put iznosi $s_1 = v_0 t_1 + \frac{1}{2} a_1 t_1^2 = 1069,5m$. Brzina koju automobil dostigne nakon vremena t_1 $v_1 = v_0 + a_1 t_1 = 28,89 \frac{m}{s}$

Put reagovanja: Tokom vremena t_r , automobil se kreće brzinom v_1 prije nego što vozač pritisne kočnicu $s_2 = v_1 t_r = 20,22m$.

Kočenje na suvom kolovozu:

Početna brzina za ovu fazu kretanja je v_1 , dok je krajnja brzina $v_2 = 0$ (potpuno zakočenje). Put koji u automobil pređe u ovoj fazi je $s_3 = \frac{v_1^2}{2a_2} = 83,46m$.

Ukupni zaustavni put na suvom kolovozu je $s_u = s_1 + s_2 + s_3 = 1173,18m$. S obzirom na to da je $s_u < d$, vozač uspijeva da se zaustavi na vrijeme.

Kočenje na vlažnom kolovozu: Ukoliko se usporenje smanji za 20%, novo ubrzanje kočenja iznosi $a_{2v} = 4 \frac{m}{s^2}$. Novi put kočenja je $s_{3v} = \frac{v_1^2}{2a_{2v}} = 104,33m$.

Novi ukupni zaustavni put $s_{u2} = s_1 + s_2 + s_{3v} = 1194,05m$. S obzirom na to da je u ovom slučaju Budući da je $s_{u2} > d$, na vlažnom kolovozu vozač neće uspjeti da se zaustavi na vrijeme.

2. Da bismo odredili ubrzanja, moramo postaviti jednačine kretanja za svako tijelo posebno, koristeći II Njutnov zakon i analizu sila po vertikalnoj i horizontalnoj osi. Sile koje djeluju na tijelo i na dasku su prikazane na slici 1.

Tijelo m_1 :

y-osa: U vertikalnoj ravni tijelo se ne kreće, tako da je rezultanta sila jednaka nuli.

$$N_1 = F_{g1} - F_y = m_1 g - F \sin \alpha.$$

x-osa: U horizontalnoj ravni tijelo se kreće pod uticajem x komponente sile F.

$$m_1 a_1 = F_x - F_{tr1} = F \cos \alpha - \mu_1 N_1 \rightarrow a_1 = \frac{F(\cos \alpha + \mu_1 \sin \alpha) - \mu_1 m_1 g}{m_1}$$

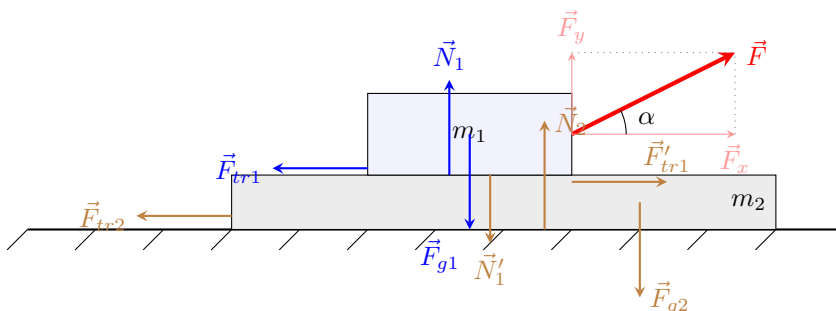
Daska m_2 :

y-osa: Normalna sila na pod iznosi je sila N_2 .

$$N_2 = (m_1 + m_2)g - F \sin \alpha$$

x-osa: Dasku pokreće sila trenja \vec{F}'_{tr1} , a koči je trenje o pod \vec{F}_{tr2} . Ubrzanje daske (uz uslov da je $F_{tr1} > F_{tr2}$):

$$a_2 = \frac{\mu_1 N_1 - \mu_2 N_2}{m_2} = \frac{\mu_1(m_1 g - F \sin \alpha) - \mu_2((m_1 + m_2)g - F \sin \alpha)}{m_2}$$



3. Satelit se kreće u ekvatorijalnoj ravni u smjeru suprotnom od rotacije Zemlje. Neka je ω_s ugaona brzina satelita, a ω_Z ugaona brzina rotacije Zemlje. Relativna ugaona brzina ω_{rel} kojom se satelit kreće u odnosu na fiksnu stanicu na ekvatoru data je kao suma njihovih ugaonih brzina $\omega_{rel} = \omega_s + \omega_Z$.

Budući da je $\omega = \frac{2\pi}{T}$, gornju jednačinu možemo izraziti preko perioda:

$$\frac{1}{T_{rel}} = \frac{1}{T_s} + \frac{1}{T_Z}, \text{ gdje je } T_{rel} = 12 \text{ h registrovani period prolaska, a } T_Z = 24 \text{ h period rotacije Zemlje.}$$

Iz prethodne relacije dobijamo orbitalni period satelita T_s :

$$\frac{1}{T_s} = \frac{1}{T_{rel}} - \frac{1}{T_Z} = 24 \text{ h.}$$

Period revolucije satelita iznosi tačno 24 čas.

Na osnovu III Keplerovog zakona, poluprečnik orbite r iznosi: $r = \sqrt[3]{\frac{GMT_s^2}{4\pi^2}}$.

Uvrštavanjem standardnih vrijednosti ($G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$, $M = 5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$, $T_s = 86400 \text{ s}$), dobijamo:

$$r \approx 42241 \text{ km}$$

Visina iznad površine Zemlje h je:

$$h = r - R_Z = 35870 \text{ km}$$

Ukoliko bi satelit rotirao u istom smjeru kao i Zemlja sa istim orbitalnim periodom ($T_s = 24 \text{ h}$), njegova relativna ugaona brzina u odnosu na stanicu bila bi nula ($\omega_{rel} = \omega_s - \omega_Z = 0$). Fiksna stanica bi registrovala da satelit stalno stoji u zenitu, odnosno period ponovnog prolaska bi bio beskonačan.

4. $L = 3m$

$$m = 8 \text{ kg}$$

$$\alpha = 30^\circ \text{ (ugao sa podom je } \theta = 90^\circ - \alpha = 60^\circ)$$

$$\mu = 0,4$$

$M = ?$

Sile koje djeluju na sistem su prikazane na slici 2.

Da merdevine ne bi proklizale, suma svih sila i momenata sila mora biti nula.

Suma sila po vertikali (**y-osa**):

$$N_p - mg - Mg = 0 \rightarrow N_p = (m + M)g$$

Suma sila po horizontali (**x-osa**):

$$N_z - F_{tr} = 0 \rightarrow N_z = \mu N_p = \mu(m + M)g$$

Momente sila računamo u odnosu na tačku **A**. Sile \vec{N}_p i \vec{F}_{tr} ne proizvode moment jer prolaze kroz tačku A. Uslov ravnoteže glasi:

$$\sum M_A = 0 \rightarrow mg \cdot d_1 + Mg \cdot d_2 - N_z \cdot d_3 = 0$$

Geometrijski krakovi sila u funkciji ugla α su: $d_1 = \frac{L}{2} \sin \alpha$; $d_2 = L \sin \alpha$; $d_3 = L \cos \alpha$.

Zamjenom krakova u jednačinu momenta dobijamo:

$$mg \left(\frac{L}{2} \sin \alpha \right) + Mg(L \sin \alpha) - N_z(L \cos \alpha) = 0$$

$$mg \left(\frac{L}{2} \sin \alpha \right) + Mg(L \sin \alpha) - \mu(m + M)g(L \cos \alpha) = 0$$

$$M = \frac{m \left(\mu - \frac{1}{2} \tan \alpha \right)}{\tan \alpha - \mu} = 5,02 \text{ kg}$$

Maksimalna dozvoljena masa mačke da bi se popela na sam vrh merdevina, a da one ne proklizaju, iznosi približno 5,02 kg.

