

ZADACI IZ FIZIKE

**Riješeni ispitni zadaci, riješeni primjeri
i zadaci za vježbu**

**(1. dio)
(3. izdanje)**

1. Tijelo se giba po ravnoj putanji i na sukcesivnim dionicama puta, jednake duljine s , ima stalne brzine $v_1, v_2, v_3, \dots, v_n$. Kolika je srednja brzina gibanja tijela?

Rješenje

$$\bar{v} = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{\sum_{i=1}^n s_i}{\sum_{i=1}^n t_i} = \frac{s_1 + s_2 + \dots + s_n}{\frac{s_1}{v_1} + \frac{s_2}{v_2} + \dots + \frac{s_n}{v_n}} = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{v_i}}$$

2. Tijekom prve polovice vremena gibanja automobil ima brzinu 54 km/h, a tijekom druge polovice vremena brzinu 36 km/h. Kolika je srednja brzina gibanja automobila?

Rješenje

$$\bar{v} = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{\sum_{i=1}^n s_i}{\sum_{i=1}^n t_i} = \frac{s_1 + s_2}{\frac{t}{2} + \frac{t}{2}}$$

$$s_1 = v_1 t_1$$

$$s_2 = v_2 t_2$$

$$t_1 = t_2 = \frac{t}{2}$$

$$\bar{v} = \frac{v_1 + v_2}{2} = 45 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

3. Dva čamca krenu iz istog mjesta stalnim brzinama \vec{v}_1 i \vec{v}_2 u pravcima koji međusobno zaklapaju kut α .

a) Kolika je relativna brzina gibanja čamaca?

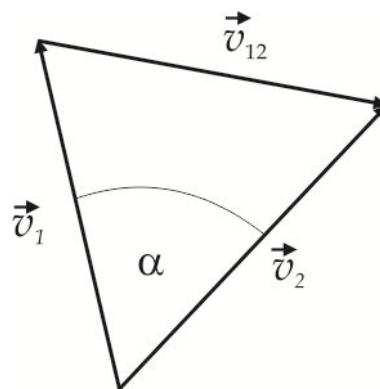
b) Koliko je njihovo rastojanje poslije vremena t_0 od polaska?

Rješenje

a) $\vec{v}_{12} = \vec{v}_1 - \vec{v}_2$

$$v_{12} = \sqrt{v_1^2 + v_2^2 - 2v_1v_2 \cos \alpha}$$

b) $d = v_{12} \cdot t_0$



4. Između dvije točke koje se nalaze sa iste strane obale, na međusobnom rastojanju od 140 km, usmjeren je motorni čamac koji ide niz rijeku i prelazi to rastojanje za 5 h, a kad se kreće uz rijeku za 12 h. Odrediti brzinu protjecanja rijeke i brzinu čamca u odnosu na vodu.

Rješenje

Zamislamo koordinatni sustav kojemu je x – os u pravcu kretanja rijeke. Označimo brzinu rijeke sa u , a brzinu čamca sa v , tako da imamo

$$v_1 = v + u \quad (1)$$

gdje je v_1 - brzina čamca u zamišljenom sustavu kad se kreće niz rijeku.

A ako se čamac kreće uz rijeku imamo

$$-v_2 = -v + u \quad (2)$$

gdje je v_2 - brzina čamca u zamišljenom sustavu kad se kreće uz rijeku.

S brzinom v_1 čamac pređe put od 140 km za 5 h, slijedi da brzina v_1 iznosi

$$v_1 = \frac{140 \text{ km}}{5 \text{ h}} = \frac{1,4 \cdot 10^5 \text{ m}}{1,8 \cdot 10^4 \text{ s}} = 7,78 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

S brzinom v_2 čamac pređe put od 140 km za 12 h, slijedi da brzina v_2 iznosi

$$v_2 = \frac{140 \text{ km}}{12 \text{ h}} = \frac{1,4 \cdot 10^5 \text{ m}}{4,32 \cdot 10^4 \text{ s}} = 3,24 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Jednadžbe (1) i (2) čine sustav dviju jednadžbi s dvije nepoznanice.

Tako je brzina rijeke

$$u = \frac{v_1 - v_2}{2} = \frac{7,78 - 3,24}{2} = 2,27 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 8,172 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Brzina čamca je

$$v = v_1 - u = 7,78 - 2,27 = 5,51 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 19,836 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

5. Promatrač koji u trenutku polaska vlaka stoji ispred prvog vagona primijetio je da je prvi vagon prošao pored njega za 3 s. Koliko vremena će se pored njega kretati n -ti (deseti) vagon? Kretanje vlaka smatrati jednako ubrzanim.

Rješenje

Kad prvi vagon duljine l prođe pored promatrača možemo reći da je vlak prešao put l kojeg možemo izraziti ovako

$$l = \frac{1}{2} a t_1^2$$

Isto tako kad dva vagona prođu pored promatrača možemo pisati

$$2l = \frac{1}{2} a t_2^2$$

Možemo pisati općeniti izraz za n vagona

$$nl = \frac{1}{2} a t_n^2$$

Sad podijelimo putove koje su prošli n vagona i jedan vagon

$$\frac{t_n^2}{t_1^2} = n$$

Dobili smo vrijeme za koje pored promatrača prođe n vagona

$$t_n = t_1 \sqrt{n}$$

Na isti način izračunamo vrijeme za koje pored promatrača prođe $(n - 1)$ vagona

$$t_{n-1} = t_1 \sqrt{n-1}$$

Na kraju imamo da n -ti (u našem slučaju deseti) vagon prođe pored promatrača za vrijeme

$$\Delta t_n = t_n - t_{n-1} = 0,487 \text{ s}$$

6. Tijelo je bačeno vertikalno uvis početnom brzinom 10 m/s. U trenutku kada tijelo dostigne najvišu točku svog kretanja, baci se drugo tijelo vertikalno uvis, istom početnom brzinom. Na kojoj visini će se tijela sudariti? Otpor zraka zanemariti.

Rješenje

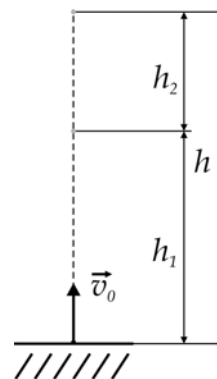
Visina do koje se tijelo popne pri vertikalnom hitcu je

$$h = v_0 t - \frac{g t^2}{2} \quad (1)$$

A brzina pri vertikalnom hitcu je

$$v = v_0 - g t$$

U maksimalnom položaju brzina tijela je jednaka nuli pa imamo da je



$$t = \frac{v_0}{g}$$

Uvrstivši ovaj izraz u (1) imamo

$$h = \frac{v_0^2}{2g} \quad (2)$$

Tijela će se susresti na nekoj visini h_1

$$h = h_1 + h_2 \quad (3)$$

Drugo tijelo pređe put h_1 za isto vrijeme za koje prvo tijelo pređe put h_2

$$h_2 = \frac{g}{2} t^2 \quad (4)$$

$$h_1 = v_0 t - \frac{g}{2} t^2 \quad (5)$$

Iz (4) i (5) slijedi

$$h_1 = v_0 \sqrt{\frac{2h_2}{g}} - h_2 \quad (6)$$

Jednadžbe (2), (3) i (6) čine sustav od tri jednadžbe s tri nepoznanice. Rješavanjem ovog sustava dobiva se rezultat

$$h_1 = \frac{3}{8} \cdot \frac{v_0^2}{g} = 3,823 \text{ m}$$

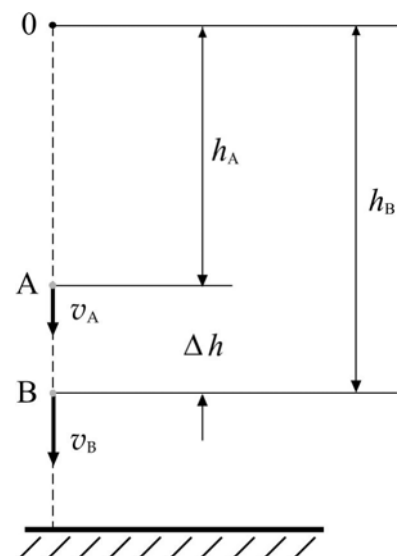
7. Tijelo slobodno pada s visine h . U točki A ima brzinu $v_A = 29,43 \text{ ms}^{-1}$, a u točki B brzinu $v_B = 49,05 \text{ ms}^{-1}$. Kolika je visinska razlika točaka A i B? Za koje će vrijeme tijelo preći put AB?

Rješenje

Vrijeme za koje tijelo dođe u točku A je

$$t_A = \frac{v_A}{g}$$

A vrijeme za koje dođe u točku B je



$$t_B = \frac{v_B}{g}$$

Tako će tijelo preći put AB za vrijeme

$$\Delta t = t_B - t_A = \frac{v_B - v_A}{g} = 2 \text{ s}$$

Udaljenost točke A od polazne točke je

$$h_A = \frac{gt_A^2}{2}$$

Udaljenost točke B od polazne točke je

$$h_B = \frac{gt_B^2}{2}$$

Duljina puta AB je

$$\Delta h = AB = h_B - h_A = \frac{g}{2}(t_B^2 - t_A^2) = 78,5 \text{ m}$$

8. Lopta je bačena s ruba krova zgrade vertikalno uvis, početnom brzinom od 30 m/s. Koliku će brzinu imati lopta jednu sekundu nakon njenog prolaska pored ruba krova pri padanju na tlo?

Rješenje

Lopta će se popeti na visinu H i početi padati. Kod ruba zgrade imat će brzinu jednaku početnoj što je lako pokazati.

Lopta će se popeti na visinu H

$$H = v_0 t - g \frac{t^2}{2}$$

gdje je brzina nula $v = 0$.

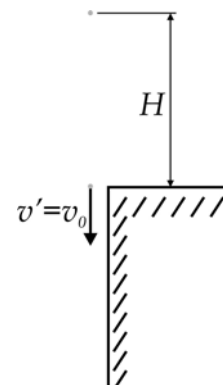
A pošto je

$$v = v_0 - gt \quad \Rightarrow \quad v_0 = gt$$

Ako ovo uvrstimo u izraz za H imamo

$$H = gt^2 - g \frac{t^2}{2} = g \frac{t^2}{2} = \frac{v_0^2}{2g}$$

Iz tog položaja lopta počinje padati, a brzina joj iznosi



$$v = v_0 + gt \quad \text{dok je } v_0 = 0$$

Trebamo brzinu izraziti preko visine tj. preko dužine puta kojeg prelazi. Dužina puta kojeg prevari lopta padajući je

$$s = g \frac{t^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2s}{g}}$$

Uvrštavajući ovo u izraz za v imamo

$$v = g \sqrt{\frac{2s}{g}} = \sqrt{2gs}$$

Pored ruba zgrade lopta će biti kad prijeđe put $s = H$ tako da je brzina u tom trenutku

$$v' = \sqrt{2gH} = \sqrt{2g \frac{v_0^2}{2g}} = v_0$$

Sad možemo uzeti ovu brzinu kao početnu brzinu i u idućem trenutku će brzina, koju ćemo označiti sa v_1 biti zbroj te brzine i brzine koju lopta dobije ubrzavanjem u vremenu t .

$$v_1 = v' + gt_1 \quad \text{dakle} \quad v = 30 \frac{\text{m}}{\text{s}} + 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 1 \text{ s} = 39,81 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

9. Tijelo je bačeno horizontalno brzinom 20 ms^{-1} . Odrediti radijus putanje tijela 2 s nakon što se počelo kretati. Otpor zraka zanemariti.

Rješenje

Tijelo će se nakon 2 s kretati nekom brzinom \vec{v} pod kutom α u odnosu prema početnoj brzini \vec{v}_0 . U tom trenutku ubrzanje \vec{g} možemo rastaviti na tangencijalnu komponentu u pravcu kretanja tijela \vec{a}_t , te na radijalnu komponentu \vec{a}_r .

Radijalna komponenta ubrzanja iznosi

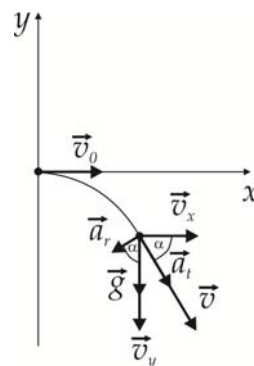
$$a_r = \frac{v^2}{R} = g \cos \alpha \quad (1)$$

gdje je

$$\cos \alpha = \frac{v_x}{v} = \frac{v_0}{v} \quad (2)$$

Brzina iznosi

$$v = \sqrt{v_0^2 + g^2 t^2} \quad (3)$$

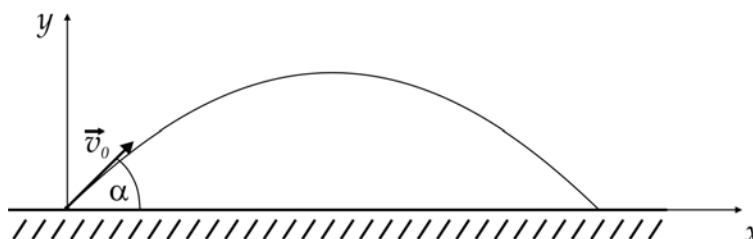


Iz (1), (2) i (3) dobijemo radijus zakrivljenosti

$$R = \frac{(v_0^2 + g^2 t^2)^{\frac{3}{2}}}{g v_0} = 112,088 \text{ m}$$

10. Tijelo je bačeno pod kutom α prema horizontu početnom brzinom v_0 . Vrijeme kretanja tijela iznosi 2,4 s. Odrediti najveću visinu na kojoj će se tijelo naći pri tom kretanju. Otpor zraka zanemariti.

Rješenje



y - komponenta brzine u ovisnosti o vremenu iznosi:

$$v_y = v_{0y} - gt \quad (1)$$

U maksimalnom položaju brzina tijela $v_y = 0$, tako da je

$$v_{0y} = gt \quad (2)$$

Isto tako visina u ovisnosti o vremenu je

$$y = v_{0y}t - \frac{gt^2}{2} \quad (3)$$

Uvrstivši (2) u (3) dobivamo za maksimalni položaj

$$y_{\max} = gt^2 - \frac{gt^2}{2} = \frac{gt^2}{2} \quad (4)$$

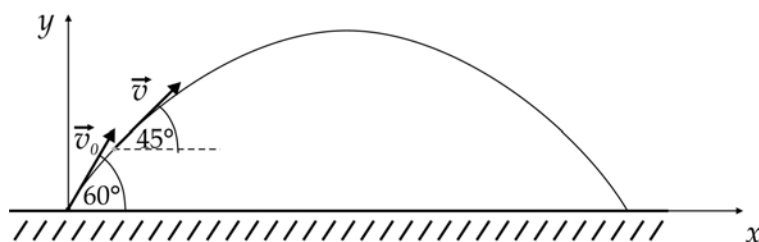
U tekstu zadatka nam je zadano vrijeme ($t_D = 2,4$ s) kretanja tijela od bacanja do padanja, tako da će tijelo biti u maksimalnom položaju za pola ovog vremena.

$$y_{\max} = \frac{g(t_D/2)^2}{2} = \frac{gt_D^2}{8} = 7,063 \text{ m}$$

11. Pod kutom od 60° , prema horizontu, bačeno je tijelo početnom brzinom od 25 m/s. Kroz koliko sekundi će njegova brzina zaklapati sa horizontom kut od 45° ?

Rješenje

Tangens kuta je



$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{v_y}{v_x}$$

$$\operatorname{tg} 45^\circ = \frac{v_y}{v_x} = \frac{v_0 \sin 60^\circ - gt}{v_0 \cos 60^\circ}$$

Oдавде slijedi

$$t = \frac{v_0 \sin 60^\circ - \operatorname{tg} 45^\circ \cdot v_0 \cos 60^\circ}{g} = 0,933 \text{ s}$$

12. Igrač udari loptu pod kutom od 40° prema horizontu dajući joj početnu brzinu od 20 m/s. Drugi igrač, udaljen od prvog 30 m, počinje da trči prema lopti u momentu kad je ona udarena. Koliku najmanju srednju brzinu mora imati drugi igrač da bi udario loptu u trenutku pada na zemlju?

Rješenje

Domet do kojeg lopta dođe je

$$x_D = v_x t_D \quad (1)$$

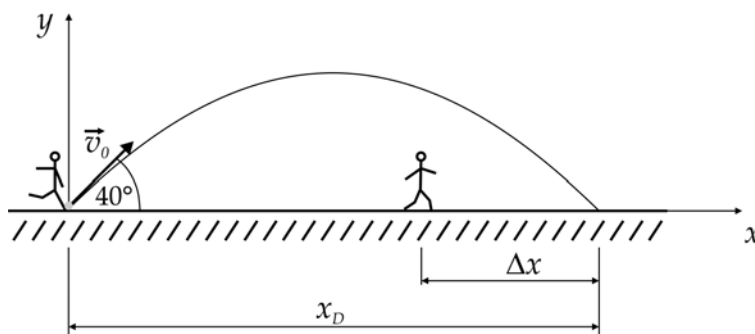
gdje je t_D – vrijeme leta lopte, možemo ga dobiti iz vremena koje je potrebno lopti da se popne do maksimalne visine.

U točki maksimalne visine komponenta brzine u y smjeru je nula.

$$v_{0y} = gt_{\max} \quad (2)$$

$$t_{\max} = \frac{v_{0y}}{g} = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$$

gdje t_{\max} – vrijeme potrebno lopti da se popne do maksimalne visine i ono iznosi pola vremena leta lopte t_D .



$$t_D = 2t_{\max} = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g} = 2,62 \text{ s} \quad (3)$$

Ako ovo uvrstimo u x_D dobijemo domet do kojeg lopta putuje

$$x_D = v_0 \cos \alpha \cdot \frac{2v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g} = 40,16 \text{ m}$$

Put koji igrač treba preći do lopte je

$$\Delta x = x_D - x_2 = 10,16 \text{ m}$$

Znači treba se kretati ovom prosječnom brzinom

$$v_i = \frac{\Delta x}{t_D} = 3,87 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

13. Dva tijela bačena su istovremeno iz jedne točke na zemlji, i to jedno vertikalno uvis, drugo pod kutom od 45° prema horizontu. Njihove početne brzine su jednake i iznose 30 m/s . Kolika je udaljenost između tijela poslije vremena od 2 s od trenutka kad su bačena?

Rješenje

Vektor položaja prvog tijela u ovisnosti o vremenu je:

$$\vec{r}_1 = y_1 \vec{j} = \left(v_0 t - \frac{1}{2} g t^2 \right) \vec{j}$$

Vektor položaja drugog tijela u ovisnosti o vremenu je:

$$\vec{r}_2 = x_2 \vec{i} + y_2 \vec{j} = v_0 t \cos \theta \vec{i} + \left(v_0 t \sin \theta - \frac{1}{2} g t^2 \right) \vec{j}$$

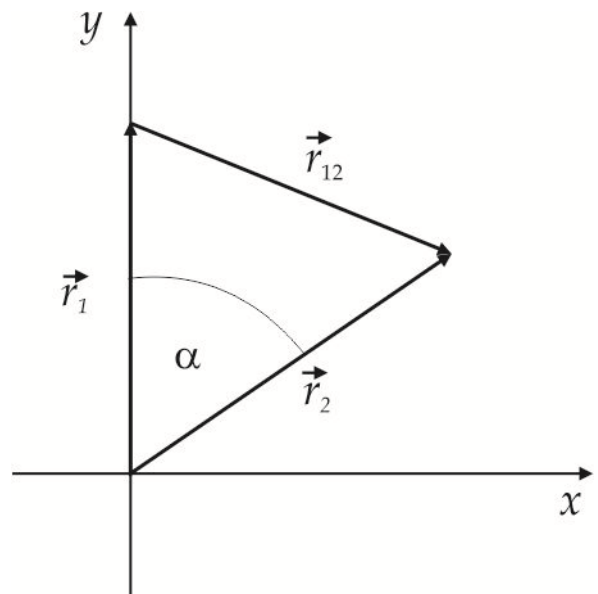
Razlika ova dva vektora je

$$\vec{r}_{12} = \vec{r}_1 - \vec{r}_2 = -x_2 \vec{i} + (y_1 - y_2) \vec{j} = -v_0 t \cos \theta \vec{i} + v_0 t (1 - \sin \theta) \vec{j}$$

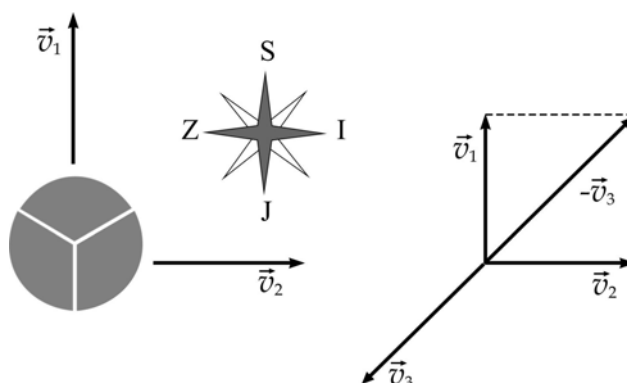
A iznos ovog vektora predstavlja udaljenost dvaju tijela u ovisnosti o vremenu

$$r_{12} = |\vec{r}_1 - \vec{r}_2|$$

$$r_{12} = \sqrt{v_0^2 t^2 \cos^2 \theta + v_0^2 t^2 (1 - \sin \theta)^2} = v_0 t \sqrt{2(1 - \sin \theta)} = 46 \text{ m}$$



14. Tijelo mase 15 kg koje miruje raspadne se, uslijed eksplozije, na tri jednaka dijela. Jedan dio ode prema sjeveru, drugi prema istoku, oba brzinom 20 ms^{-1} . Kolikom brzinom i u kojem smjeru je odletio treći dio?

Rješenje

Primjenom zakona očuvanja količine gibanja imamo

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 + m_3 \vec{v}_3 = 0$$

$$m_1 = m_2 = m_3 = m; \quad \vec{v}_1 = v_1 \vec{j}; \quad \vec{v}_2 = v_2 \vec{i} \Rightarrow$$

$$v_1 \vec{j} + v_2 \vec{i} + \vec{v}_3 = 0$$

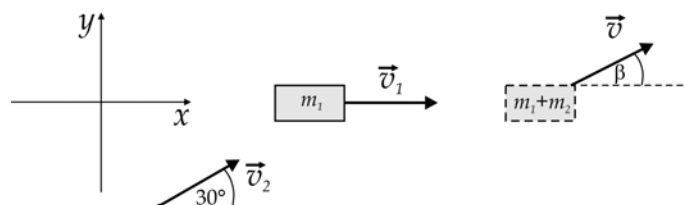
$$\vec{v}_3 = -(v_1 \vec{j} + v_2 \vec{i})$$

Iznos ove brzine je

$$v_3 = \sqrt{v_1^2 + v_2^2} = 28,28 \text{ ms}^{-1}$$

Treći dio je odletio prema jugozapadu brzinom $28,28 \text{ ms}^{-1}$.

15. Saonice sa vrećom pijeska, ukupne mase 500 kg kreću se po zamrznutom jezeru brzinom $0,5 \text{ m/s}$. Metak mase 10 g i brzine 400 m/s pogodi sa strane vreću pijeska pod kutom 30° u odnosu na pravac gibanja i zabije se u nju. Kolika je promjena brzine saonice i u kojem smjeru će saonice nastaviti gibanje?

Rješenje

Na osnovi zakona očuvanja količine gibanja imamo

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = (m_1 + m_2) \cdot \vec{v}$$

Količine gibanja rastavimo na x i y komponente:

$$m_1 v_1 + m_2 v_{2x} = (m_1 + m_2) \cdot v_x$$

$$m_2 v_{2y} = (m_1 + m_2) v_y$$

$$v_{2x} = v_2 \cdot \cos \alpha = 346,4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$v_{2y} = v_2 \cdot \sin \alpha = 200 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Iz gornjih izraza slijedi

$$v_x = 0,5069 \frac{\text{m}}{\text{s}} \text{ i } v_y = 0,00399 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Brzina saonica je

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = 0,5069 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

dakle promjena brzine saonica je

$$\Delta v = v - v_1 = 0,0069 \frac{\text{m}}{\text{s}} \approx 7 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Smjer gibanja je određen kutom

$$\beta = \arctg \frac{v_y}{v_x} = 0,450985^\circ = 27'8''$$

16. Tijelo mase m_1 udari u tijelo mase m_2 koje miruje. Odrediti koliki treba biti odnos masa ovih tijela (m_1/m_2) da bi se pri centralnom elastičnom sudaru brzina prvog tijela smanjila tri puta. Izračunati kinetičku energiju drugog tijela poslije sudara ako je početna kinetička energija prvog tijela 1500 J.

Rješenje

Količina gibanja je očuvana

$$m_1 v_1 = m_1 v'_1 + m_2 v'_2 \quad (1)$$

gdje su: v_1 - brzina tijela mase m_1 prije sudara, v'_1 - brzina tijela mase m_1 poslije sudara, v'_2 - brzina tijela mase m_2 poslije sudara.

Ako u (1) uvrstimo da je $v'_1 = \frac{v_1}{3}$ dobijemo

$$v_2' = \frac{2m_1}{3m_2} v_1 \quad (2)$$

Isto tako, ukupna energija je očuvana

$$E_1 = E_1' + E_2' \quad (3)$$

$$\frac{m_1 v_1^2}{2} = \frac{m_1 v_1'^2}{2} + \frac{m_2 v_2'^2}{2}$$

uvrstivši izraze za v_1' i v_2' dobijemo odnos masa

$$\frac{m_1}{m_2} = 2$$

Uvrštavanjem ovog odnosa u (2) i (3) dobijemo E_{k2}'

$$E_{k2}' = 1,333 \text{ kJ}$$

17. Koliko se dugo spušta tijelo niz kosinu visine $h = 2 \text{ m}$ i nagiba $\alpha = 45^\circ$ ako je maksimalni kut pri kojem tijelo može mirovati na kosini $\beta = 30^\circ$?

Rješenje

Ako tijelo miruje na kosini od 30° sila trenja uravnotežuje komponentu sile teže paralelnu podlozi.

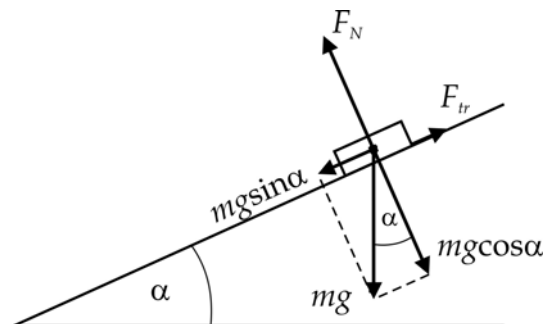
$$mg \sin \beta = \mu \cdot mg \cos \beta \Rightarrow \mu = \frac{\sin \beta}{\cos \beta} = \tan \beta = 0,577$$

Na kosini od 45° tijelo dobije ubrzanje a

$$ma = mg \sin \alpha - \mu \cdot mg \cos \alpha \Rightarrow a = 2,93 \text{ ms}^{-1}$$

Vrijeme za koje se tijelo spusti niz kosinu možemo dobiti iz relacije za pređeni put

$$s = \frac{h}{\sin \alpha} = \frac{at^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2h}{a \sin \alpha}} = 1,39 \text{ s}$$



18. Dva tijela različitih masa vezana su užetom, kao na crtežu i kreću se po različitim podlogama. Koeficijenti trenja između tijela i odgovarajućih podloga su: μ_1 i μ_2 . Kakav mora biti odnos masa da bi sustav mirovao? Masa koloture se zanemaruje.

Rješenje

Jednadžba gibanja za tijelo mase m_1 je

$$m_1 a = F_z - F_{tr1}$$

Jednadžba gibanja za tijelo mase m_2 je

$$m_2 a = m_2 g \sin \alpha - F_z - F_{tr2}$$

Imamo dvije jednadžbe s dvije nepoznate. Pošto je $a = 0$ iz ove dvije jednadžbe dobivamo

$$0 = m_2 g \sin \alpha - \mu_1 m_1 g - \mu_2 m_2 g \cos \alpha$$

Tako da je traženi odnos masa

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{(\sin \alpha - \mu_2 \cos \alpha)}{\mu_1}$$

19. Automobil mase $2,5 \cdot 10^3$ kg spušta se cestom nagiba 25° . U momentu kada brzina iznosi 30 m/s vozač počinje kočiti. Koliku silu kočenja treba primijeniti da bi se automobil zaustavio na putu od 150 m. (Stalna sila kočenja je paralelna nagibu.)

Rješenje

Na pravcu paralelnom nagibu vrijedi

$$ma = mg \sin \alpha - F_K$$

Kod jednolikog ubrzanog gibanja brzina i prijeđeni put su

$$v = v_0 + at$$

$$s = v_0 t + \frac{at^2}{2}$$

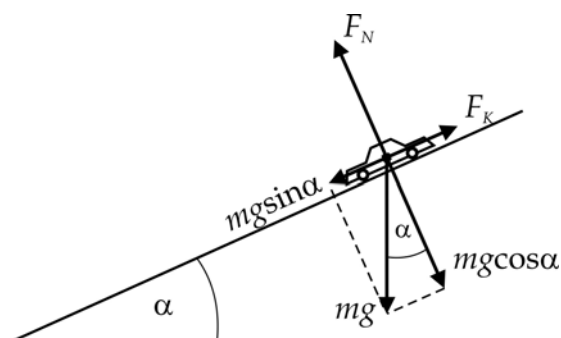
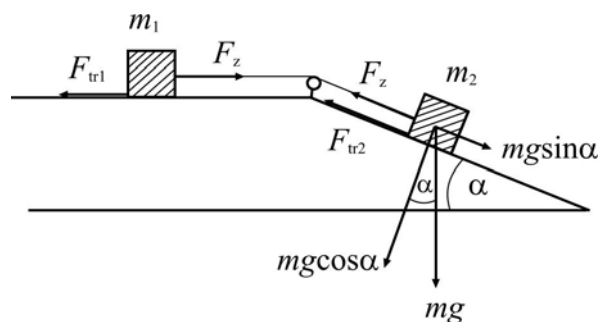
Iz ove dvije relacije dobivamo

$$v^2 = v_0^2 + 2as \quad \Rightarrow \quad a = \frac{v^2 - v_0^2}{2s}$$

Kako je na kraju puta $v = 0$ imamo

$$a = \frac{-v_0^2}{2s} = -3 \text{ ms}^{-2}$$

Tako je sila kočenja



$$F_K = F_g - ma = 17,025 \cdot 10^3 \text{ N}$$

20. Dva tijela, mase m_1 i m_2 , vezana su užetom i postavljena na podlogu. Koeficijent trenja između tijela i podloge je μ . Kolika je sila zatezanja užeta, a koliko ubrzanje sustava?

Rješenje

Jednadžba gibanja za tijelo mase m_2 je

$$m_2 a = m_2 g \sin \alpha - F_{tr2} - F_Z$$

Jednadžba gibanja za tijelo mase m_1 je

$$m_1 a = F_Z - F_{tr1}$$

Imamo dvije jednadžbe s dvije nepoznate. Iz druge izrazimo F_Z i uvrstimo u prvu

$$m_2 a = m_2 g \sin \alpha - F_{tr2} - m_1 a - F_{tr1}$$

Ubrzanje sustava je

$$a = g \frac{m_2 (\sin \alpha - \mu \cos \alpha) - \mu m_1}{m_1 + m_2}$$

Sila zatezanja užeta je

$$F_Z = \frac{m_1 g}{m_1 + m_2} [m_2 (\sin \alpha - \mu \cos \alpha) - \mu m_1] + \mu m_1 g$$

21. Na kosini, čiji kut je $\alpha = 30^\circ$ nalazi se tijelo mase $m = 500 \text{ kg}$. Koeficijent trenja između tijela i podloge je $\mu = 0,1$. Tijelo se gurne niz kosinu brzinom $v_0 = 2 \text{ m/s}$. Kolikom silom treba djelovati na tijelo da se ono zaustavi poslije vremena $t = 5 \text{ s}$?

Rješenje

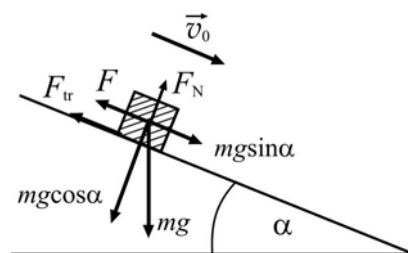
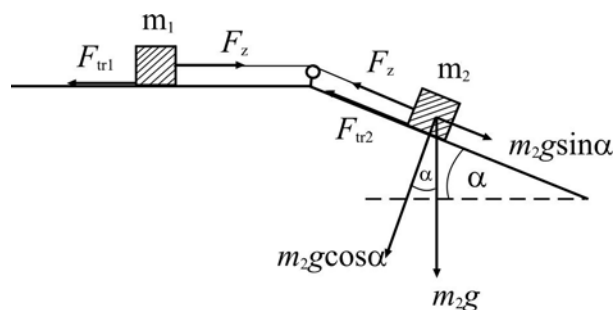
Brzina kod jednoliko usporenog kretanja je

$$v = v_0 - at$$

Pri zaustavljanju tijela $v = 0$ pa je

$$a = \frac{v_0}{t}$$

Jednadžba gibanja tijela je



$$-ma = mg \sin \alpha - F_{tr} - F$$

Tražena sila je

$$F = m \frac{v_0}{t} + mg \sin \alpha - F_{tr} = m \left(\frac{v_0}{t} + g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha \right) = 2227,5 \text{ N}$$

22. Kuglicu mase $m = 1 \text{ kg}$, obješenu o nit, otklonimo iz ravnotežnog položaja za kut $\alpha = 30^\circ$ i pustimo. Izračunati silu zatezanja niti u trenutku prolaska kuglice kroz ravnotežni položaj.

Rješenje

Kuglica u mirovanju opterećuje nit silom mg . Kuglica otklonjena za 30° posjeduje potencijalnu energiju koja iznosi

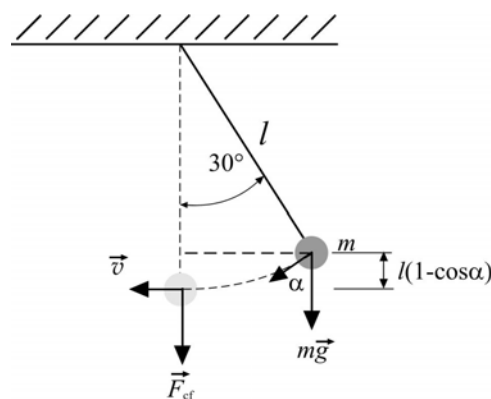
$$E_p = mgl(1 - \cos \alpha)$$

Ta potencijalna energija se pretvara u kinetičku energiju

$$\frac{mv^2}{2} = mgl(1 - \cos \alpha)$$

U trenutku prolaska kuglice kroz ravnotežni položaj njena brzina

$$v = \sqrt{2gl(1 - \cos \alpha)}$$



23. Na platformi kamiona bez bočnih strana nalazi se sanduk mase $m = 1200 \text{ kg}$. Kolikim najvećim ubrzanjem kamion može krenuti bez opasnosti da sanduk padne s platforme? Koeficijent trenja između sanduka i platforme je $\mu = 0,3$.

Rješenje

Na sanduk djeluje inercijalna sila ma koja mora biti manja od sile trenja

$$ma \leq F_{tr}$$

$$a \leq \frac{F_{tr}}{m}$$

Maksimalno ubrzanje kamiona je

$$a = \frac{\mu mg}{m} = \mu g = 2,943 \text{ ms}^{-2}$$

24. Na kosini nagiba $\alpha = 30^\circ$ nalaze se dva tijela, čije su mase $m_1 = 1 \text{ kg}$ i $m_2 = 2 \text{ kg}$. Koeficijent trenja između tijela mase m_1 i podloge je $\mu_1 = 0,25$, a koeficijent trenja između tijela mase m_2 i podloge je $\mu_2 = 0,1$. Odrediti:

a. silu međudjelovanja dvaju tijela i

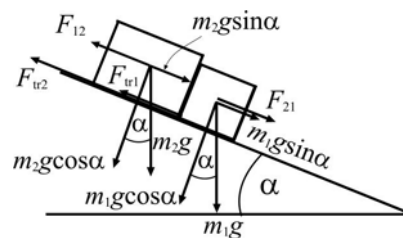
b. minimalnu vrijednost kuta pri kojem će se tijela početi gibati.

Rješenje

a) Jednadžbe gibanja za prvo i drugo tijelo su:

$$m_1 g \sin \alpha + F_{21} - F_{tr1} = m_1 a$$

$$m_2 g \sin \alpha - F_{12} - F_{tr2} = m_2 a$$



gdje je F_{12} - sila međudjelovanja između tijela mase m_1 i tijela mase m_2 , zbog koje ova dva tijela čine jedan sustav.

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$

Tijelo 2 silom F_{21} gura tijelo 1, a tijelo 1 silom F_{12} koči tijelo 2.

Iz jednadžbi izrazimo ubrzanje a i uvrstimo u izraz za silu F_{12} .

$$a = g \sin \alpha - g \cos \alpha \frac{(\mu_1 m_1 + \mu_2 m_2)}{m_1 + m_2}$$

$$F_{12} = \frac{m_1 m_2 g \cos \alpha (\mu_1 - \mu_2)}{m_1 + m_2} = 0,85 \text{ N}$$

b) Tijela će se početi gibati kad su sile u ravnoteži. Tada je ubrzanje jednako nuli.

$$a = 0$$

$$g \sin \alpha = g \cos \alpha \frac{(\mu_1 m_1 + \mu_2 m_2)}{m_1 + m_2}$$

$$\text{tg } \alpha = \frac{(\mu_1 m_1 + \mu_2 m_2)}{m_1 + m_2} = 0,15$$

Traženi kut je

$$\alpha = \arctg 0,15 = 8,53^\circ = 8^\circ 31' 4''$$

25. Sila stalnog intenziteta $F = 1 \text{ N}$ daje tijelu ubrzanje $a = 10 \text{ cm/s}^2$. Ako je prije djelovanja sile tijelo mirovalo izračunati njegovu kinetičku energiju poslije vremena $t = 5 \text{ s}$ od početka kretanja.

Rješenje

Rad vanjske sile jednak je promjeni energije tijela, u ovom slučaju samo kinetičke energije

$$W' = \Delta E = \Delta E_p + \Delta E_k$$

$$\Delta E_p = 0$$

$$\Delta E_k = E_{k2} - 0$$

Rad vanjske sile je

$$W' = Fs$$

Put s možemo odrediti kinematičkom jednačom

$$s = \frac{at^2}{2} = 1,25 \text{ m}$$

Na osnovi gornjih izraza dobivamo da je kinetička energija

$$E_k = Fs = 1,25 \text{ J}$$

26. Tijelo, mase $m_1 = 15 \text{ kg}$, počne da klizi sa vrha kosine, nagibnog kuta $\alpha = 60^\circ$. Na kraju kosine, tijelo se zabije u kolica napunjena pijeskom, mase $m_2 = 90 \text{ kg}$ koja miruju na horizontalnoj podlozi. Ako je visinska razlika tijela i kolica u početnom položaju $h = 10 \text{ m}$, odrediti brzinu kojom će se kretati kolica zajedno sa tijelom. Trenje zanemariti.

Rješenje

Ukupna mehanička energija nekog sustava je očuvana. Ukupna energija u ovom primjeru jednaka je potencijalnoj energiji tijela na vrhu kosine. Ona se pretvara u kinetičku energiju gibanja tijela.

$$m_1 gh = \frac{m_1 v_1^2}{2}$$

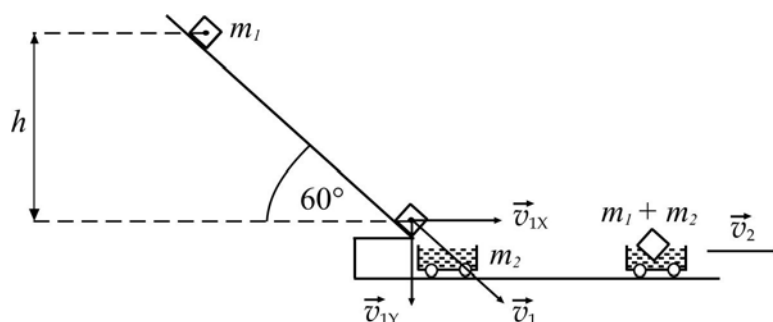
Na dnu kosine brzina tijela će biti

$$v_1 = \sqrt{2gh} = 14 \text{ ms}^{-1}$$

Dakle, količina gibanja tijela na dnu kosine je $m_1 v_1$. Ovu količinu gibanja možemo rastaviti na dvije komponente, komponentu u pravcu gibanja kolica $m_1 v_{1x}$ i komponentu okomitu na pravac gibanja kolica $m_1 v_{1y}$.

Komponenta $m_1 v_{1y}$ nije očuvana.

Primjenom zakona očuvanja količine gibanja, za komponentu $m_1 v_{1x}$ možemo pisati



$$m_1 v_{1X} = (m_1 + m_2) v_2$$

Tako je brzina kolica zajedno s tijelom

$$v_2 = v_1 \cos \alpha \frac{m_1}{m_1 + m_2} = 1 \text{ ms}^{-1}$$

27. Na jezeru se nalazi čamac, duljine 10 m i mase 140 kg, postavljen pramcem (prednji dio čamca) okomito na obalu. Udaljenost između obale i pramca je 3,75 m. Da li će čamac dodirnuti obalu u toku kretanja čovjeka, mase 60 kg, od pramca čamca do krme (zadnji dio čamca)? Trenje čamca i vode zanemariti.

Rješenje

Količina gibanja ovog sustava prije početka kretanja čovjeka jednaka je nuli. Pošto se radi o zatvorenom sustavu ukupna količina gibanja nakon početka kretanja čovjeka treba biti jednaka nuli.

Čovjek se u odnosu na čamac giba brzinom v_1 , a čamac se u odnosu na obalu giba brzinom v_2 . Možemo onda pisati

$$m_2 (v_1 - v_2) - m_1 v_2 = 0$$

Brzina čovjeka u odnosu na čamac je

$$v_1 = \frac{l}{t}$$

Brzina čamca u odnosu na obalu je

$$v_2 = \frac{s}{t}$$

Iz gornjih izraza možemo izvući

$$s = l \frac{m_2}{m_1 + m_2} = 3 \text{ m}$$

Dakle, čamac neće dodirnuti obalu.

28. Da bi mogao uzletjeti, zrakoplov, mase 4 t, na kraju piste treba da ima brzinu 144 km/h. Duljina piste je 100 m. Kolika je potrebna snaga motora za uzlijetanje zrakoplova ako je njegovo kretanje jednoliko ubrzano? Koeficijent trenja između kotača i piste iznosi $\mu = 0,2$.

Rješenje

Pišemo jednadžbu gibanja za zrakoplov

$$F_m - F_{tr} = ma$$

Tako je vučna sila motora

$$F_m = ma + F_{tr}$$

Brzinu možemo odrediti iz kinematičke jednadžbe

$$v^2 = 2as$$

Pa je

$$F_m = \frac{mv^2}{2s} + \mu mg$$

Tako je potrebna snaga motora

$$P = F_m v = \left(\frac{v^2}{2s} + \mu g \right) mv = 1,59 \cdot 10^6 \text{ W} = 1,59 \text{ MW}$$

Drugi način

Ukupna energija koju motor potroši na putu s je

$$W' + W_{tr} = \Delta E = \Delta E_p + \Delta E_k$$

$$W' = F_m s$$

$$W_{tr} = -\mu mgs$$

$$\Delta E_p = 0; \quad \Delta E_k = \frac{mv^2}{2}$$

Iz gornjih izraza dobivamo

$$F_m = \frac{mv^2}{2s} + \mu mg$$

Tako je potrebna snaga motora

$$P = F_m v = \left(\frac{v^2}{2s} + \mu g \right) mv = 1,59 \cdot 10^6 \text{ W} = 1,59 \text{ MW}$$

29. Kugla mase 1 kg bačena je vertikalno uvis, početnom brzinom 10 m/s. Na koju visinu će kugla odskočiti ako pri udaru u podlogu gubi količinu topline 10 J?

Rješenje

Ukupna energija koju lopta ima u početnom trenutku jednaka je kinetičkoj energiji.

$$E = E_{K1}$$

Promjena energije kugle jednaka je gubitku energije na toplinu.

$$\Delta E = \Delta E_p + \Delta E_K = -Q$$

Tako je

$$E_{P2} = E_{K1} - Q$$

$$mgh_2 = \frac{mv_1^2}{2} - Q$$

Visina na koju kugla odskoči je

$$h_2 = \frac{mv_1^2 - 2Q}{2mg} = 4,077 \text{ m}$$

30. Zamašnjak, polumjera $R = 0,8 \text{ m}$, okreće se stalnom brzinom $\omega_0 = 7,5 \text{ rad/s}$. Pokretački stroj zamašnjaka u jednom trenutku prestane djelovati, ali se on nastavi okretati s usporavanjem još tijekom vremena $t = 24 \text{ s}$. Koliko je kutno ubrzanje zamašnjaka, kao i tangencijalno ubrzanje točke na obodu zamašnjaka tijekom zaustavljanja?

Rješenje

Kutna brzina u ovisnosti o vremenu je

$$\omega = \omega_0 + \alpha t$$

Kad se zamašnjak zaustavi $\omega = 0$ pa imamo

$$0 = \omega_0 + \alpha t$$

$$\omega_0 = -\alpha t$$

Tako da je kutno ubrzanje

$$\alpha = -\frac{\omega_0}{t} = -0,313 \text{ rad/s}^2$$

Tangencijalno ubrzanje

$$a_t = \alpha R = -0,25 \text{ m/s}^2$$

31. Puni homogeni valjak radijusa 7 cm pusti se kotrljanjem, bez klizanja, niz kosinu duljine 2 m i nagibnog kuta 37° . Odrediti kutnu brzinu valjka u podnožju kosine.

Rješenje

Ukupna mehanička energija valjka na kosini, pošto nema djelovanja vanjskih sila, je očuvana

$$\Delta E = \Delta E_p + \Delta E_k = 0$$

$$E_{p2} - E_{p1} + E_{k2} - E_{k1} = 0$$

$$E_{p1} = E_{k2} = E_{\text{kotrljanja}} + E_{\text{translacije}}$$

$$mgh = \frac{I\omega^2}{2} + \frac{mv^2}{2}$$

Moment tromosti valjka je $\frac{mR^2}{2}$, a brzina $v = \omega \cdot R$.

$$mgh = \frac{mR^2\omega^2}{4} + \frac{mR^2\omega^2}{2} = \frac{3mR^2\omega^2}{4}$$

Tako je kutna brzina na kraju kosine

$$\omega = \frac{2}{R} \sqrt{\frac{gh}{3}} = 56,60 \text{ s}^{-1}$$

32. Preko dva homogena valjka prebačena je nit na kojoj vise dva utega. Mase utega su $m_1 = 2 \text{ kg}$ i $m_2 = 1 \text{ kg}$, a mase valjaka $M_1 = 1 \text{ kg}$ i $M_2 = 5 \text{ kg}$. Odrediti ubrzanje sustava pod pretpostavkom da nema klizanja.

Rješenje

Za svako tijelo pišemo jednadžbu gibanja.

Za uteg mase m_1

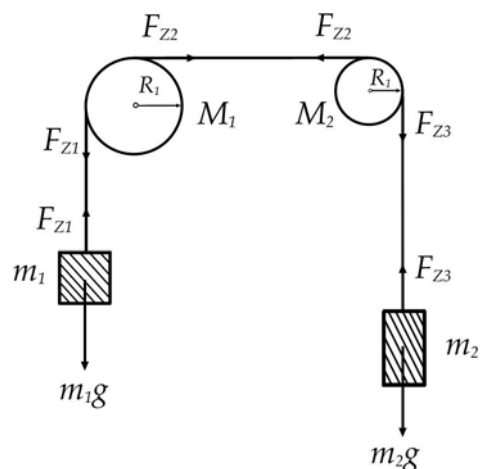
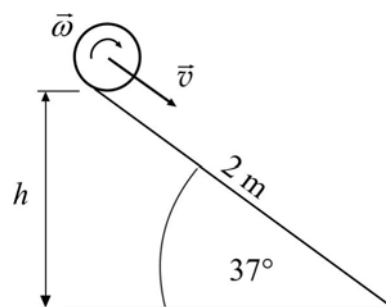
$$m_1g - F_{z1} = m_1a \quad (1)$$

Za valjak mase M_1 izražavamo jednadžbu za moment sile

$$\mathcal{M}_1 = (F_{z1} - F_{z2})R_1$$

\mathcal{M}_1 je moment sile koji djeluje na valjak je

$$\mathcal{M}_1 = I_1 \cdot \alpha_1; \quad I_1 = \frac{M_1 R_1^2}{2}; \quad \alpha_1 = \frac{a}{R_1}$$



$$F_{Z1} - F_{Z2} = \frac{M_1 a}{2} \quad (2)$$

Za valjak mase M_2 moment sile je

$$\mathcal{M}_2 = (F_{Z2} - F_{Z3}) R_2$$

$$F_{Z2} - F_{Z3} = \frac{M_2 a}{2} \quad (3)$$

Jednadžba gibanja za uteg mase m_2 je

$$F_{Z3} - m_2 g = m_2 a \quad (4)$$

Iz jednadžbi (1), (2), (3) i (4) slijedi

$$a = \frac{2(m_1 - m_2)g}{2(m_1 + m_2) + M_1 + M_2} = 1,635 \text{ ms}^{-2}$$

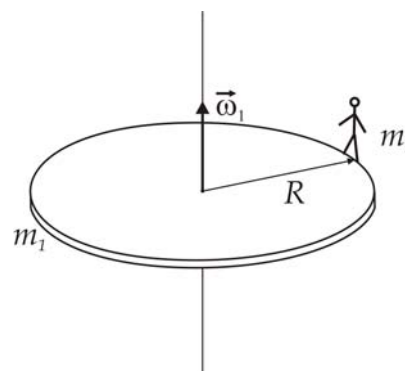
33. Platforma oblika diska mase 90 kg rotira frekvencijom $0,5 \text{ s}^{-1}$ oko okomite osi koja prolazi kroz centar mase. Na rubu platforme stoji dječak mase 30 kg. Kolikom će frekvencijom rotirati platforma ako se dječak pomjeri u sredinu platforme. (Aproksimirati dječaka materijalnom točkom.)

Rješenje

Ako nemamo djelovanje momenta sile ukupna kutna količina gibanja je očuvana.

$$\sum_i I_i \omega_i = \text{const.}$$

$$I_1 \omega_1 = I_2 \omega_2$$



Ukupni moment tromosti diska i čovjeka na rubu je

$$I_1 = m_1 \frac{R^2}{2} + m_2 R^2$$

Ukupni moment tromosti diska i čovjeka u sredini diska je

$$I_2 = m_1 \frac{R^2}{2}$$

$$\omega_1 = 2\pi\nu_1 \quad \omega_2 = 2\pi\nu_2$$

Uvrstivši izraze za momente i kutne brzine u gornju jednakost imamo

$$v_2 = \frac{2m_1 + 4m_2}{m_1} v_1 = 0,833 \text{ s}^{-1}$$

34. Dva tijela, jednakih masa m , povezana su užetom kroz otvor na horizontalnoj podlozi. Jedno tijelo se nalazi na podlozi i po njoj rotira, dok drugo visi u zraku. Koliku kutnu brzinu treba imati tijelo koje rotira da bi tijelo koje visi ostalo na istom nivou? Polumjer putanje tijela na podlozi je R . Sva trenja zanemariti.

Rješenje

Jednadžbe gibanja za obje kugle su

$$mg - F_z = ma$$

$$F_z - F_{cf} = ma$$

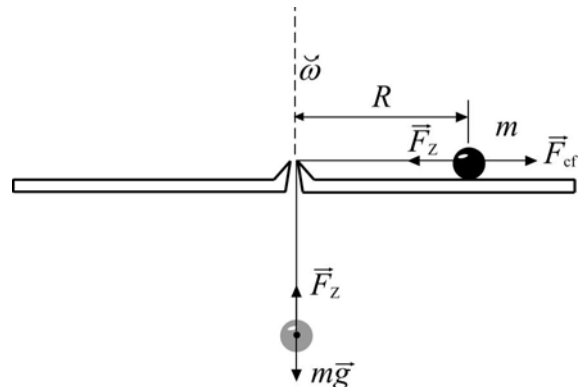
Uvjet je da $a = 0$, pa je

$$F_{cf} = mg$$

$$m\omega^2 r = mg$$

Kutna brzina je

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{r}}$$



35. Vlak se giba $v = 50 \text{ km/h}$ po zakrivljenom dijelu staze brzinom. Kuglica obješena o nit u vagonu otklanja se pri tome za kut $\alpha = 5^\circ$. Odrediti radijus zakrivljenosti putanje.

Rješenje

Vlak koji se giba po zakrivljenoj stazi predstavlja neinercijalni sustav. Stoga na kuglicu obješenu u vagonu djeluje inercijalna centrifugalna sila

$$F_{cf} = m\omega^2 r = \frac{mv^2}{r}$$

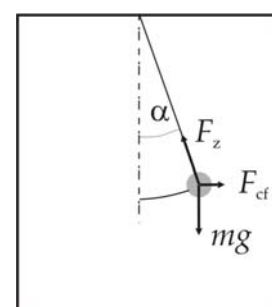
Pored inercijalne sile na kuglicu djeluje sila teža, te sila zatezanja niti.

Iznos vektorskog zbroja inercijalne sile i sile teže jednak je iznosu sile zatezanja.

Tako možemo pisati

$$mg = F_z \cos \alpha$$

$$F_{cf} = F_z \sin \alpha$$



Iz gornjih izraza dobivamo

$$r = \frac{v^2}{g \tan \alpha} = 226,98 \text{ m} \approx 227 \text{ m}$$

36. Tijelo mase 2 kg vezano je koncem i rotira oko jedne točke u vertikalnoj ravnini u polju Zemljine teže. Izračunati razliku među silama zatezanja konca kada se tijelo nalazi u najvišoj i najnižoj točki putanje.

Rješenje

Sila zatezanja konca u točki A je

$$F_A = F_{cfA} - mg = \frac{mv_A^2}{R} - mg$$

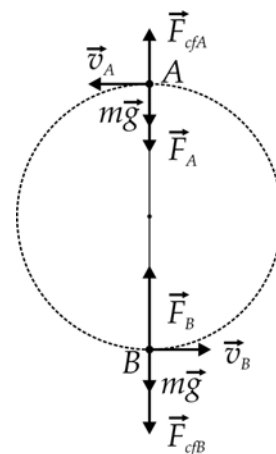
F_{cfA} - centrifugalna sila u točki A,

Sila zatezanja u točki B je

$$F_B = F_{cfB} + mg$$

Razlika sila zatezanja je

$$\Delta F = F_B - F_A = \frac{m}{R}(v_B^2 - v_A^2) + 2mg$$



Razlika $v_B^2 - v_A^2$ se dobije iz zakona o očuvanju energije, iznos potencijalne energije tijela u točki A se pretvara u kinetičku energiju u točki B.

$$\frac{mv_B^2}{2} = \frac{mv_A^2}{2} + 2Rmg \quad \Rightarrow \quad v_B^2 - v_A^2 = 4Rg$$

Tako je razlika sila zatezanja

$$\Delta F = 6mg = 117,72 \text{ N}$$

37. Luster mase 6 kg visi na plafonu koji se može opteretiti silom od 93,34 N. Luster se otkloni za kut α i pusti. Koliki može biti maksimalni kut otklona da luster ne bi pao?

Rješenje

Luster u mirovanju opterećuje plafon svojom težinom mg . Luster otklonjen za kut α , pošto se nalazi na visini $l(1 - \cos \alpha)$, ima potencijalnu energiju.

$$E_{p1} = mg \cdot l(1 - \cos \alpha)$$

Pošto nema djelovanja vanjske sile ukupna energija je očuvana.

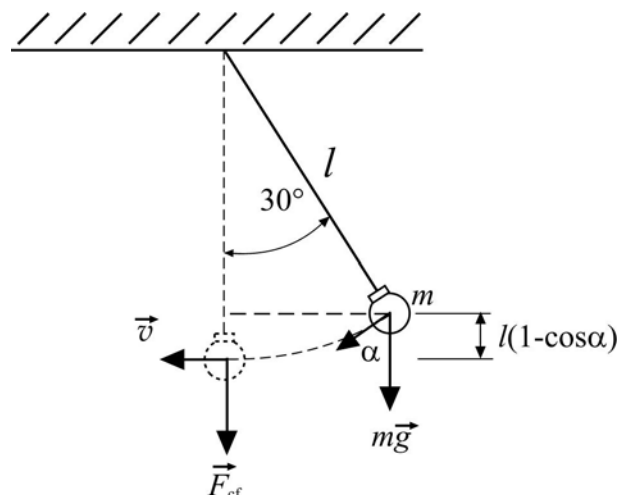
$$\Delta E = \Delta E_p + \Delta E_k = 0$$

$$E_{p2} - E_{p1} + E_{k2} - E_{k1} = 0$$

$$E_{p1} = E_{k2}$$

$$mgl(1 - \cos \alpha) = \frac{mv^2}{2}$$

$$v^2 = 2gl(1 - \cos \alpha)$$



Ovo kretanje djeluje na plafon dodatnom centrifugalnom silom koja se pridodaje težini lustera, tako da imamo

$$F_Z = mg + F_{cf} = mg + \frac{mv^2}{l} = 93,34 \text{ N}$$

Iz prethodna dva izraza dobivamo

$$\cos \alpha = 1 - \frac{F_Z - mg}{2mg} = 0,707$$

Tako je maksimalni kut otklona

$$\alpha = \arccos 0,707 = 45^\circ$$

38. Tijelo, mase $m = 1 \text{ kg}$, vezano je na kraju niti duljine $l = 0,5 \text{ m}$. Nit s tijelom rotira u vertikalnoj ravnini stalnom kutnom brzinom $\omega = 10 \text{ rads}^{-1}$. Kolika je zatezna sila niti kad je tijelo u točkama A, B, C i D?

Rješenje

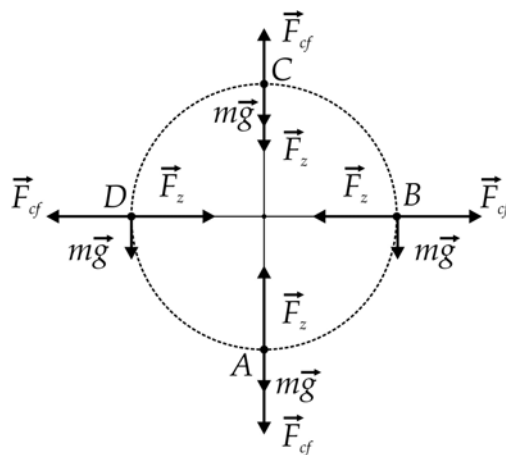
Sile zatezanja u traženim točkama su:

$$A: F_Z = F_{cf} + mg = 50 \text{ N} + 9,81 \text{ N} = 59,81 \text{ N}$$

$$B: F_Z = F_{cf} = 50 \text{ N}$$

$$C: F_Z = F_{cf} - mg = 50 \text{ N} - 9,81 \text{ N} = 40,19 \text{ N}$$

$$D: F_Z = F_{cf} = 50 \text{ N}$$



39. Leteći brzinom $v = 600 \text{ kmh}^{-1}$ avion napravi “petlju” u vertikalnoj ravnini polumjera $R = 600 \text{ m}$. Kolikom silom djeluje pilot, mase $m = 80 \text{ kg}$, na svoje sjedište u trenutku kad se avion nalazi u najvišoj točki, a kolikom kad se nalazi u najnižoj točki putanje?

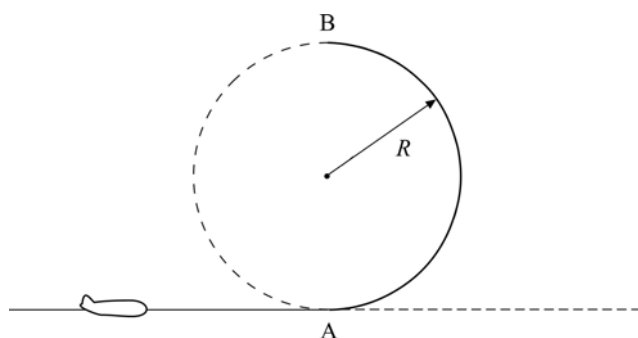
Rješenje

U najnižoj točki na pilota djeluje centrifugalna sila tako da na sjedište djeluje težina pilota i centrifugalna sila.

$$F_A = mg + F_{cf} = mg + m \frac{v^2}{R} = 4,485 \text{ kN}$$

U najvišoj točki na sjedište djeluje centrifugalna sila umanjena za težinu pilota.

$$F_B = F_{cf} - mg = m \frac{v^2}{R} - mg = 2,918 \text{ kN}$$



40. Odrediti vrijeme obilaska Mjeseca oko Zemlje, ako je poznato da je:

- ubrzanje slobodnog pada na Zemlji (Zemljinom polu) $g_0 = 9,83 \text{ m/s}^2$,
- polumjer Zemlje $R_Z = 6400 \text{ km}$,
- udaljenost od centra Zemlje do centra Mjeseca $d = 3,84 \cdot 10^5 \text{ km}$

Rješenje

Centripetalna sila rotacije Mjeseca oko Zemlje je gravitacijska sila između Zemlje i Mjeseca.

$$\frac{M_m v^2}{R} = G \frac{M_m M_Z}{R^2}$$

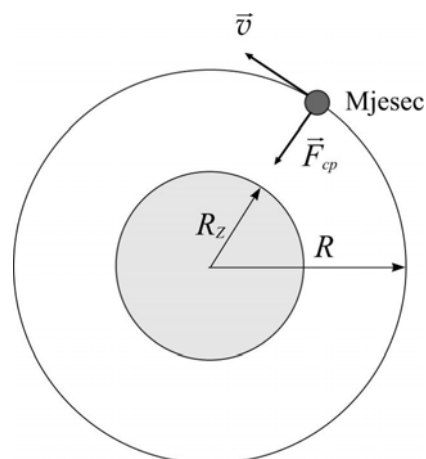
Ako zamijenimo obodnu brzinu Mjeseca s kutnom brzinom možemo izračunati period obilaska Mjeseca oko Zemlje.

$$v = \omega R \quad g_0 = G \frac{M_Z}{R_Z^2}$$

$$\omega^2 = g_0 \frac{R_Z^2}{R^3}$$

$$\left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 = g_0 \frac{R_Z^2}{R^3}$$

$$T = \sqrt{\frac{4\pi^2 R^3}{g_0 R_Z^2}} = \frac{2\pi R}{R_Z} \sqrt{\frac{R}{g_0}} = 2,355 \cdot 10^6 \text{ s} \approx 27 \text{ dana}$$



41. Koliku brzinu treba imati umjetni Zemljin satelit koji se kreće po kružnoj putanji na visini H ? Koliki je period kretanja ovog satelita?

Rješenje:

Centripetalna sila rotacije satelita oko Zemlje je gravitacijska sila između Zemlje i satelita.

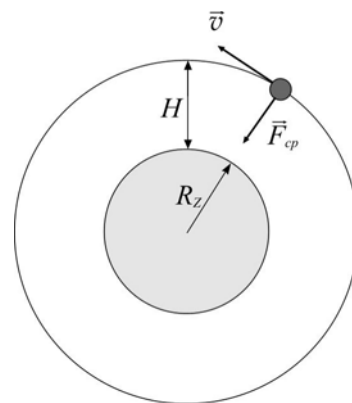
$$\frac{m_s v^2}{R_Z + H} = G \frac{m_s M_Z}{(R_Z + H)^2}$$

Odavde nalazimo da je tražena brzina

$$v = \sqrt{G \frac{M_Z}{R_Z + H}}$$

Period kretanja satelita je

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi(R_Z + H)}{v} = 2\pi(R_Z + H) \sqrt{\frac{R_Z + H}{GM_Z}}$$



1. Brzina gibanja automobila na prvoj polovici puta je 36 km/h, a na drugoj 54 km/h. Kolika je srednja brzina gibanja automobila na putu?

(Rješenje: $\bar{v} = 43,2$ km/h)

2. Na prvoj trećini puta automobil se kreće brzinom v_1 , a na ostalom dijelu puta brzinom $v_2 = 54$ km/h. Srednja brzina automobila na cijelom putu je $\bar{v} = 36$ km/h. Kolika je brzina v_1 ?

(Rješenje: $v_1 = 21,6$ km/h)

3. Tijelo se kreće po ravnoj putanji tako što u jednakim sukcesivnim vremenskim intervalima, koji traju Δt , ima stalne brzine $v_1, v_2, v_3, \dots, v_n$. Kolika je srednja brzina tijela?

(Rješenje: $\bar{v} = \frac{\sum_{i=1}^n v_i}{n}$)

4. Lokomotiva se kreće brzinom $v_1 = 54$ km/h. Nasuprot njoj naiđe vlak, duljine $l = 150$ m, koji se kreće brzinom $v_2 = 36$ km/h. Koliko će vremena kompozicija vlaka prolaziti pored strojovođe lokomotive?

(Rješenje: $t = 6$ s)

5. Ako ubrzanje autobusa pri polasku i kočenju ne smije biti veće od $1,2 \text{ m/s}^2$, a njegova najveća brzina je 40 km/h, naći najkraće vrijeme za koje će autobus prijeći put između dvije susjedne stanice koje se nalaze na udaljenosti od 2 km.

(Rješenje: $t_{\min} = 190$ s)

6. Od trenutka zapažanja signala „stop“ pa do primjene kočnice vozaču je potrebno vrijeme od 0,7 s. Ako kočnice automobila mogu ostvariti usporenje od 5 m/s^2 , izračunati duljinu puta koju će automobil prijeći od trenutka zapažanja signala pa do zaustavljanja. Brzina automobila prije početka kočenja iznosila je 100 km/h.

(Rješenje: $s = 96,6$ m)

7. Tijelo se gurne uz kosinu početnom brzinom 48 m/s. Ako je nagib kosine 30° , odrediti koliki će put tijelo prijeći po njoj do zaustavljanja, pod uvjetom da je trenje zanemarivo.

(Rješenje: $s = 235$ m)

8. Automobil, čiji kotači imaju promjer 0,60 m, giba se po ravnom putu brzinom 60 km/h. Pri kočenju se automobil zaustavi poslije prijeđenog puta od 20 m. Pod pretpostavkom da je usporenje automobila jednoliko, izračunati kutno ubrzanje njegovih kotača tijekom kočenja.

(Rješenje: $\alpha = -23,2 \text{ rad/s}^2$)

9. Automobil se kreće po horizontalnoj kružnoj putanji polumjera $R = 43$ m, tangencijalnim ubrzanjem $a_t = 2 \text{ ms}^{-2}$. Za koje vrijeme će automobil prijeći prvi krug ako mu je početna brzina $v_0 = 36 \text{ kmh}^{-1}$?

(Rješenje: $t_1 = 12$ s.)

10. Osovina nekog motora okreće se stalnom kutnom brzinom $200\pi \text{ rad/s}$. Kočenjem se kutna brzina osovine smanji na $160\pi \text{ rad/s}$ za vrijeme od 4 s. Koliko je srednje kutno ubrzanje i broj učinjenih okretaja za vrijeme kočenja?

(Rješenje: $\bar{\alpha} = -10\pi \text{ rads}^{-2}$ i $n = \varphi/2\pi = 360$ ok)

11. Tijelo, pri gibanju stalnom kutnom brzinom $\omega_0 = 4 \text{ rad/s}$, dobije kutno ubrzanje $\alpha = -0,5 \text{ rad/s}^2$. Kolika će biti kutna brzina tijela nakon:

- a. vremena $t = 1 \text{ s}$,
- b. kutnog pomaka od $\varphi = (\pi/3) \text{ rad}$,
- c. $n = 2$ okretaja?

(Rješenje: a. $\omega = 3,5 \text{ rad/s}$; b. $\omega = 3,9 \text{ rad/s}$; c. $\omega = 1,85 \text{ rad/s}$)

12. Jedno tijelo slobodno pada s visine $h = 8000 \text{ m}$, a u isto vrijeme je sa zemlje izbačeno drugo tijelo vertikalno uvis brzinom v_0 . Kolika treba biti brzina v_0 da se tijela susretnu na pola puta?

(Rješenje: $v_0 = 280 \text{ m/s}$)

13. Tijelo slobodno pada, i u posljednjoj sekundi kretanja pređe put koji je jednak putu koji je tijelo prešlo za prve 3 s kretanja. Odrediti ukupno vrijeme padanja kao i visinu sa koje je tijelo palo.

(Rješenje: $t = 5 \text{ s}$; $h = 122,625 \text{ m}$)

14. Kamen se pusti da slobodno pada u bunar. Udar u vodu čuje se nakon 2,58 s. Odrediti dubinu bunara. Uzeti da je brzina zvuka $c = 340 \text{ m/s}$.

(Rješenje: $h = 30,4 \text{ m}$)

15. S iste visine i u istom trenutku počnu padati dvije kuglice, i to jedna kuglica bez početne brzine, a druga početnom brzinom $v_0 = 20 \text{ m/s}$. Prva kuglica padne za drugom nakon $\Delta t = 2 \text{ s}$. S koje visine su kuglice pale, te koja su vremena padanja kuglica?

(Rješenje: $h = 14,1 \text{ km}$; $t_1 = 53,6 \text{ s}$ i $t_2 = 51,6 \text{ s}$)

16. Tijelo, koje slobodno pada, prijeđe drugu polovicu puta za vrijeme $\Delta t = 1 \text{ s}$.

a) Koliko je ukupno vrijeme padanja tijela

b) S koje visine je tijelo pušteno?

(Rješenje: a) $t = 3,42 \text{ s}$, b) $h = 57,2 \text{ m}$)

17. S tornja visokog 25 m bačeno je tijelo vertikalno uvis, početnom brzinom 10 m/s. Koliko je vrijeme padanja tijela, a kolika njegova brzina pri padu na tlo?

(Rješenje: $t = 3,5 \text{ s}$; $v = 24,3 \text{ m/s}$)

18. Tijelo se baci u horizontalnom pravcu s visine $h = 6 \text{ m}$ iznad zemlje. Tijelo padne na udaljenosti $l = 10 \text{ m}$ od mjesta bacanja. Pod kojim kutom će tijelo pasti na zemlju?

(Rješenje: $\alpha = 56^\circ 18'$)

19. Iz tri točke na vertikalnoj obali istovremeno su izbačene tri jednake kuglice u horizontalnom pravcu, početnim brzinama $v_{01} = 50 \text{ m/s}$, $v_{02} = 75 \text{ m/s}$ i $v_{03} = 100 \text{ m/s}$. Prva kuglica padne na površinu vode na horizontalnoj udaljenosti 100 m od obale. Ako sve tri kuglice istovremeno padnu na površinu vode izračunati:

a) vrijeme padanja svake kuglice,

b) visine h_1 , h_2 i h_3 s kojih su kuglice izbačene,

c) brzine kuglica v_1 , v_2 i v_3 u trenutku pada u vodu.

(Rješenje: a) $t_1 = t_2 = t_3 = 2 \text{ s}$; b) $h_1 = h_2 = h_3 = 19,6 \text{ m}$; c) $v_1 = 53,7 \text{ m/s}$, $v_2 = 77,4 \text{ m/s}$, $v_3 = 102 \text{ m/s}$)

20. Tijelo je bačeno pod kutom $\alpha = 70^\circ$ prema horizontu. Za vrijeme $t_m = 80$ s ono dostigne najvišu točku. Odrediti početnu brzinu rakete i položaj pada rakete.

(Rješenje: $v_0 = 835$ m/s; $x_D = 45,7$ km)

21. Pri lansiranju rakete, mase $m = 200$ kg, trenutno sagori $1/4$ njene mase i kao produkt sagorijevanja izleti u suprotnom smjeru od smjera kretanja rakete. Ako je brzina produkata sagorijevanja u odnosu na raketu $v_1 = 1800$ m/s, kolika je početna brzina rakete?

Na kojoj će udaljenosti od mjesta lansiranja pasti raketa ako je kut prema horizontu pod kojim je izbačena raketa $\alpha = 30^\circ$?

(Rješenje: $v_0 = 600$ m/s; $x_D = 31,78$ km)

22. Na zaustavljenom željezničkom vagonu, mase $m_1 = 8$ t, nalazi se raketna rampa s koje rakete polijeću brzinom $v_0 = 1000$ m/s. Istovremeno se lansiraju dvije rakete, svaka mase $m_2 = 80$ kg, u horizontalnom pravcu, koji se poklapa s pravcem tračnica. Za koliko se pomjeri vagon pri ovome ako je ukupni koeficijent trenja pri gibanju vagona $\mu = 0,06$?

(Rješenje: $s = 339,8$ m)

23. Metalna kuglica, mase 10 g, slobodno pada s visine od 30 m. Kuglica padne na glatku metalnu ploču, od koje se odbije ne promijenivši iznos brzine. Ako je dodir kuglice s pločom trajao 1 ms, izračunati iznos impulsa sile, kao i veličinu srednje sile kojom kuglica djeluje na ploču.

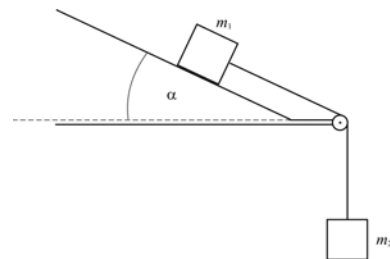
(Rješenje: $I = 0,48$ kgm/s, $\bar{F} = 485,2$ N)

24. U sustavu tijela prikazanom na slici mase tijela su $m_1 = 10$ kg i $m_2 = 5$ kg. Koeficijent trenja između tijela mase m_1 i podloge je $\mu = 0,2$ dok je kut kosine $\alpha = 30^\circ$. Odrediti:

a) ubrzanje sustava tijela i

b) silu zatezanja užeta.

(Rješenje: a. $a = 5,4$ m/s; b. $F_Z = 22$ N)



25. Automobil, mase $m = 4000$ kg, kreće se brzinom $v_0 = 120$ km/h po horizontalnom putu. Ako je sila trenja pri kretanju automobila $F_{tr} = 10$ kN, odrediti duljinu puta koju će automobil prijeći poslije prestanka rada motora.

(Rješenje: $s = 222,2$ m)

26. Na horizontalnom dijelu puta, duljine $s = 3$ km, brzina automobila se poveća s $v_1 = 36$ km/h na $v_2 = 72$ km/h. Ako je masa automobila $m = 1,5$ t, a koeficijent trenja između automobilskih guma i puta iznosi $\mu = 0,02$, odrediti:

a) rad koji izvrši automobil na tom putu

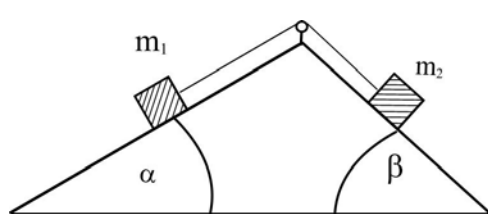
b) srednju snagu koju razvija motor automobila na tom putu.

(Rješenje: a. $W = 1,11 \cdot 10^6$ J = 1,11 MJ; b. $\bar{P} = 5,54$ kW)

27. S vrha kosine, visine 1 m i duljine 10 m klizi tijelo mase 2 kg. Odrediti kinetičku energiju koju tijelo postiže pri dnu kosine ako je faktor trenja klizanja $0,06$.

(Rješenje: $E_k = 7,91$ J)

28. Za sustav tijela prikazan na slici i uz date podatke odrediti ubrzanje sustava i silu zatezanja konopca.

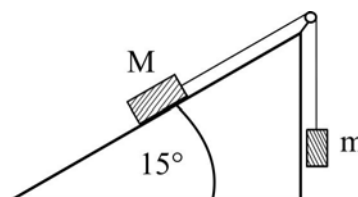


$$\begin{aligned} m_1 &= 250 \text{ g} \\ m_2 &= 500 \text{ g} \\ \alpha &= 30^\circ \\ \beta &= 45^\circ \end{aligned}$$

(Rješenje: $a = 2,989 \text{ ms}^{-2}$; $F_Z = 1,974 \text{ N}$)

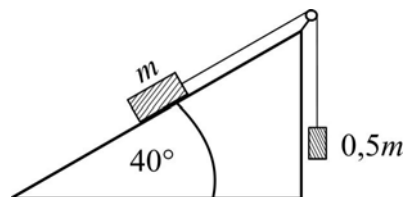
29. Po kosini se giba tijelo mase M . Koeficijent trenja između tijela i podloge je $\mu = 0,01$. S ovim tijelom je preko koloture povezano drugo tijelo mase $m = 2 \text{ kg}$. Treba odrediti masu tijela M ako se ono po kosini giba ubrzanjem 2 m/s^2 .

(Rješenje: $M = 53,17 \text{ kg}$)



30. Tijelo mase m , koje se nalazi na kosini nagiba 40° , vezano je užetom preko koloture s tijelom mase $0,5 m$, kao što je prikazano na slici. Odrediti koliki treba biti koeficijent trenja μ između tijela na kosini i podloge da bi tijela mirovala. Trenje u koloturi zanemariti.

(Rješenje: $\mu = 0,187$)



31. Kameni blok, mase 200 kg , nalazi se na kosini nagiba 15° . Da bi se blok gibao niz kosinu potrebno je na njega djelovati tangencijalnom silom od 490 N .

a) Koliki je koeficijent trenja između bloka i kosine ako je gibanje bloka jednoliko?

b) Kolikom silom bi se mogao vući isti blok uz kosinu?

(Rješenje: $\mu = 0,52$ b) $F = 1493 \text{ N}$)

32. Automobil ukupne mase $2 \cdot 10^3 \text{ kg}$ spušta se cestom nagiba 30° . U trenutku kad brzina automobila iznosi 20 m/s vozač je započeo kočiti. Koliku silu kočenja treba primijeniti da bi se automobil zaustavio na putu od 100 m ? Pretpostavlja se stalna sila kočenja paralelna nagibu.

(Rješenje: $F_K = 13,81 \text{ kN}$)

33. Najveće dozvoljeno ubrzanje lifta, mase 600 kg , iznosi $1,2 \text{ m/s}^2$. Kolika je:

a) najveća sila zatezanja užeta koje nosi lift,

b) ova sila kad bi bilo $a = g$,

c) sila zatezanja užeta kad lift stoji, a kolika kad se kreće jednoliko?

(Rješenje: a) $F_{Z\max} = 6,6 \text{ kN}$; b) $F_{Z\max} = 11,8 \text{ kN}$; c) $F_Z = 5,9 \text{ kN}$)

34. Vlak se kreće po kružnom željezničkom kolosijeku, polumjera $R = 0,5 \text{ km}$ kutnim ubrzanjem $\alpha = 0,0049 \text{ rad/s}^2$. Koliko je ubrzanje vlaka u trenutku kad je njegova brzina $v = 60 \text{ km/h}$? Kolika je tada kutna brzina kotača vagona ako je njihov polumjer $r = 0,5 \text{ m}$?

(Rješenje: $a = 2,5 \text{ m/s}^2$, $\omega = 33,3 \text{ rad/s}$)

35. Disk, polumjera $R = 12$ cm, počne se okretati kutnim ubrzanjem $\alpha = 2$ rad/s². Izračunati ubrzanje točke na obodu diska poslije vremena $t = 2$ s od trenutka početka kretanja?

(Rješenje: $a = 1,935$ m/s²)

36. Kotač, polumjera $R = 20$ cm počne se okretati stalnim kutnim ubrzanjem $\alpha = 6,28$ rad/s². Kolika je brzina i ubrzanje točke na obodu kotača poslije vremena $t = 5$ s od početka kretanja?

(Rješenje: $a = 197,2$ m/s²)

37. Metalna kugla, polumjera $r = 20$ cm i mase $m = 40$ kg, rotira stalnom kutnom brzinom $\omega = 2$ rad/s oko osi:

a) koja prolazi kroz njen centar mase,

b) koja se nalazi na udaljenosti $d = 2r$ od prethodne osi.

Kolika je kinetička energija kugle u oba slučaja?

(Rješenje: a) $E_k = 1,3$ J; b) $E_k = 14,1$ J)

38. Na osovini motora koji stvara moment sile $M = 785$ Nm, nalazi se cilindar, mase $m = 400$ kg i polumjera $R = 20$ cm. Ako motor pođe iz mirovanja za koje vrijeme će napraviti prvi okretaj? Kolika je energija predana cilindru za to vrijeme?

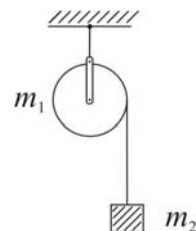
(Rješenje: $t = 0,358$ s; $E_k = 4,94$ kJ)

39. Na homogeni tanki cilindar mase m_1 i polumjera R , namotano je tanko nerastegljivo uže zanemarive mase, na čijem je kraju privezano tijelo mase m_2 . Zanemarujući trenje u osi cilindra odrediti:

a) kutnu brzinu cilindra i

b) kinetičku energiju cijelog sustava u funkciji vremena kretanja.

(Rješenje: a) $\omega = \frac{gt}{R\left(1 + \frac{m_1}{2m_2}\right)}$; b) $E_k = \frac{m_2 g^2 t^2}{2\left(1 + \frac{m_1}{2m_2}\right)}$)



40. Tijelo, mase $m = 200$ g, vezano konopcem duljine $l = 0,5$ m, rotira u vertikalnoj ravnini. Izračunati najveću kutnu brzinu rotiranja tijela pod uvjetom da se konopac ne prekine. Maksimalna sila zatezanja koju konopac može izdržati je $F_{Zmax} = 295$ N.

(Rješenje: $\omega_{max} = 54,1$ rad/s)

41. Udaljenost od Zemlje do Mjeseca iznosi približno $R_{ZM} = 3,85 \cdot 10^8$ m, a period obilaska Mjeseca oko Zemlje je $T_M = 27,3$ dana. Saturnov satelit Diona ima polumjer putanje oko Saturna $R_{SD} = 3,78 \cdot 10^8$ m, a period obilaska oko Saturna $T_D = 2,7$ dana. Na osnovu ovih podataka odrediti odnos masa Zemlje i Saturna.

(Rješenje: $m_Z/m_S = 0,01$)

42. Planet, mase m , kreće se po kružnoj putanji oko Sunca brzinom $v = 34,9$ km/s. Odrediti period obilaska ovog planeta oko Sunca, ako je masa Sunca $m_S = 2 \cdot 10^{30}$ kg.

(Rješenje: $T \approx 225$ dana)

43. Stacionarni Zemljin satelit kreće se oko Zemlje po kružnoj putanji.

a) Koliki je polumjer njegove putanje?

b) Koliki su njegova brzina i ubrzanje?

(Rješenje: a) $r = 4,2 \cdot 10^7$ m; b) $v = 3,02 \cdot 10^3$ m/s, $a = 0,22$ m/s²)

44. Umjetni Zemljin satelit kreće se u ekvatorijalnoj ravnini Zemlje na udaljenosti $R = 2 \cdot 10^7$ m od njenog centra. Smjer kretanja je od zapada prema istoku (isti je kao i smjer rotacije Zemlje). Jednu istu točku na ekvatoru satelit nadlijeće poslije svakih $T_s = 11,6$ h. Kolika je na osnovi ovih podataka masa Zemlje?
(Rješenje: $m_Z = 5,97 \cdot 10^{24}$ kg)