ŽUPANIJSKO NATJECANJE IZ FIZIKE 2015/2016

Srednje škole – 1. grupa

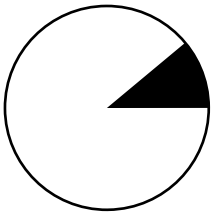
Zadatak 1 (9 bodova)

Zec i kornjača utrkuju se na 100 m. Kornjača se giba stalnom brzinom 5 cm/s. Zec daje prednost kornjači te kreće sa starta 33 min nakon kornjače. Zec jednoliko ubrzava 5 s, postiže brzinu od 10 m/s te se nastavlja gibati jednoliko tom brzinom.

a) Tko će prvi stići na cilj, zec ili kornjača?
b) Kolika je udaljenost između zeca i kornjače u trenutku kada pobjednik utrke prolazi ciljem?

Zadatak 2 (9 bodova)

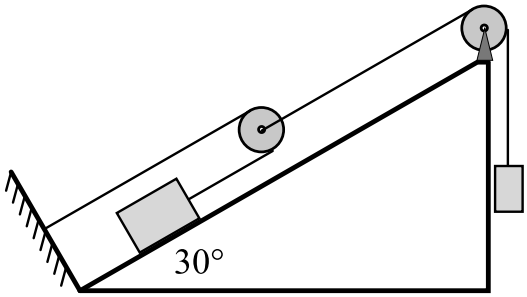
Bijeli krug s crnim kružnim isječkom središnjeg kuta 40° rotira oko osi koja prolazi njegovim središtem stalnom kutnom brzinom 1500 okreta u minuti. Radi tromosti oka čovjek raspoznaje točno 20 slika u sekundi, a promjene koje su brže od toga stapaju se u jednu sliku.



a) Kakvu sliku vidimo, ako je krug obasjan kontinuiranim svjetlom?
b) Kakvu sliku vidimo, ako se krug nalazi u mračnoj prostoriji i obasjava se bljeskalicom koja krug obasjava svjetlosnim bljeskovima 100 puta u sekundi pri čemu jedan bljesak traje 0.003 s?

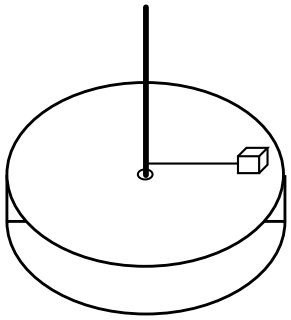
Zadatak 3 (11 bodova)

Sustav prikazan na slici pušten je iz mirovanja da se giba. Masa tijela na kosini iznosi 400 g, a tijela, koje visi obješeno preko koloture, 200 g. Koeficijent trenja između tijela na kosini i kosine iznosi 0.15. Niti su nerastezljive i zanemarive mase, kao i koloture. Kosina je nepomična, a trenje između užeta i kolotura je zanemarivo. Odredite iznos i smjer ubrzanja pojedinog tijela.



Zadatak 4 (10 bodova)

Kružna ploča rotira stalnom kutnom brzinom ω. Malo tijelo mase 2 kg nalazi se na udaljenosti 20 cm od središta kružne ploče te je pričvršćeno pomoću nerastezljivog užeta zanemarive mase za osovinu kao što je prikazano na slici. Koeficijent trenja između tijela i kružne ploče iznosi 0.1.



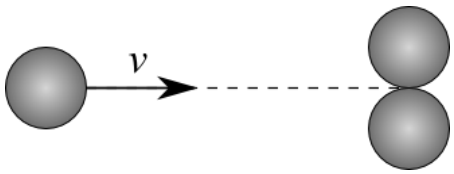
a) Nacrtajte sve sile koje djeluju na malo tijelo iz sustava promatrača koji miruje pored kružne ploče.
b) Izračunajte najveću moguću kutnu brzinu rotacije ploče, ako maksimalna napetost, koju može izdržati uže, iznosi 60 N.

Zadatak 5 (11 bodova)

Dvije kuglice miruju na horizontalnoj podlozi. Na njih nalijeće treća kuglica brzinom 2 cm/s. Sudar kuglica je savršeno elastičan. Sve kuglice su jednake mase i polumjera 1 cm.

a) Izračunajte iznos i smjer brzine pojedine kuglice nakon sudara.

b) Izračunajte udaljenost središta dviju kuglica, koje su mirovale prije sudara, 10 s nakon sudara.



ŽUPANIJSKO NATJECANJE IZ FIZIKE 2015/2016

Srednje škole – 1. grupa

Rješenja i smjernice za bodovanje

Zadatak 1 (9 bodova)

Neka je početni trenutak $t = 0$ trenutak u kojem kornjača kreće sa starta. Da prijeđe 100 m danom brzinom, kornjači treba vremena:

$$t_{kornjaca} = \frac{s}{v_{kornjaca}} = \frac{100\,\text{m}}{0.05\,\text{m/s}} = 2000\,\text{s}$$ **(2 boda)**

Zec ubzava ubrzanjem:

$$a_{zec} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{10\,\text{m/s}}{5\,\text{s}} = 2\,\text{m/s}^2$$ **(1 bod)**

i pritom prijeđe put:

$$s_1 = \frac{1}{2} a_{zec} (\Delta t)^2 = \frac{1}{2}\left(2\,\text{m/s}^2\right)\left(5\,\text{s}\right)^2 = 25\,\text{m}$$ **(1 bod)**

Za preostalih 100 m – 25 m = 75 m zecu je potrebno:

$$t_2 = \frac{s_2}{v_{zec}} = \frac{75\,\text{m}}{10\,\text{m/s}} = 7.5\,\text{s}$$ **(2 boda)**

Prema tome, ukupno vrijeme od početnog trenutka do dolaska na cilj za zeca jednako je:

$$t_{zec} = 33 \cdot 60\,\text{s} + 5\,\text{s} + 7.5\,\text{s} = 1992.5\,\text{s}$$ **(1 bod)**

Zec će doći prije na cilj. **(1 bod)**

Udaljenost između zeca i kornjače u trenutku dolaska zeca na cilj iznosi:

$$\Delta s = 100\,\text{m} - \left(0.05\,\text{m/s}\right)\left(1992.5\,\text{s}\right) = 37.5\,\text{cm}$$ **(1 bod)**

Zadatak 2 (9 bodova)

a) Frekvencija kružnog gibanja kruga iznosi 1500 min^{-1} = 1500/60 s^{-1} = 25 s^{-1}. Prema tome, radi tromosti oka na kontinuiranom svjetlu vidjet ćemo u potpunosti crni krug. **(2 boda)**

b) Za vrijeme trajanja jednog bljeska kružni isječak zakrene se za kut:

$$\Delta\Phi = \omega t = 2\pi f t = 2\pi\left(25\,\text{s}^{-1}\right)\left(0.003\,\text{s}\right) = 0.15\pi\,\text{rad} = 27°$$ **(2 boda)**

Zbog tromosti oka vidjet ćemo crni kružni isječak središnjeg kuta 40° + 27° = 67°. **(1 bod)**

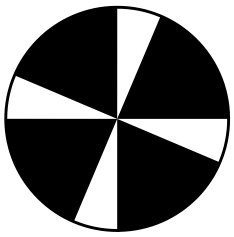
Period bljeskalice iznosi:

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{100\ \text{s}^{-1}} = 0.01\,\text{s}$$ **(1 bod)**

U tom vremenu kružni isječak se zakrene za kut:

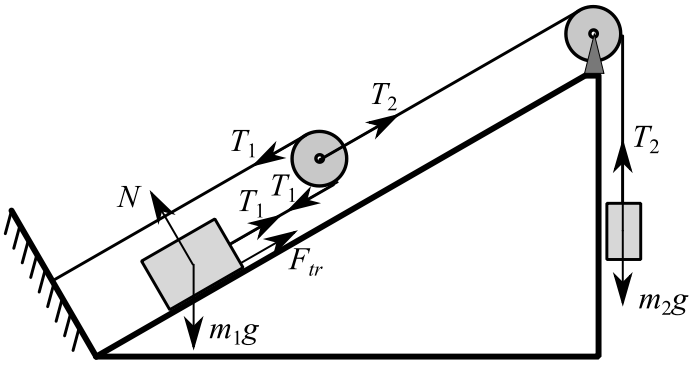
$$\Delta\Theta = \omega T = 2\pi f t = 2\pi\left(25\,\text{s}^{-1}\right)\left(0.01\,\text{s}\right) = 0.5\pi\,\text{rad} = 90°$$ **(1 bod)**

U jednom periodu okretanja kruga bljeskalica će se uključiti četiri puta, svaki put čovjek će vidjeti kružni isječak središnjeg kuta 67° koji su međusobno zakrenuti za 90°. Zbog tromosti oka čovjek će vidjeti četiri stacionarna kružna isječka kao što je prikazano na slici. **(2 boda)**



Zadatak 3 (11 bodova)

Pretpostavimo da se tijelo na kosini giba niz kosinu. U tom slučaju se tijelo, koje visi preko koloture, giba prema gore. Tada na sustav djeluju sile prikazane na slici:



Jednadžbe gibanja za tijelo na kosini:

$m_1a_1 = \frac{1}{2}m_1g - T_1 - F_{tr}$, $0 = N - \frac{\sqrt{3}}{2}m_1g$ **(3 boda)**

Sila trenja jednaka je:

$F_{tr} = \mu N = \mu\frac{\sqrt{3}}{2}m_1g$ **(1 bod)**

Jednadžba gibanja za tijelo koje visi preko koloture:

$m_2a_2 = T_2 - m_2g$ **(1 bod)**

Također vrijedi:

$T_2 = 2T_1$ **(1 bod)**

Ako se tijelo, koje visi preko koloture, pomakne za *s*, u istom vremenskom intervalu tijelo na kosini će se pomaknuti za 2*s*. Prema tome, za njihova ubrzanja vrijedi:

$a_1 = 2a_2$ **(1 bod)**

Uvrštavanjem dobije se sustav:

$$2m_1a_2 = \frac{1}{2}m_1g - T_1 - \mu\frac{\sqrt{3}}{2}m_1g$$

$$m_2a_2 = 2T_1 - m_2g$$

Rješavnjem se dobije:

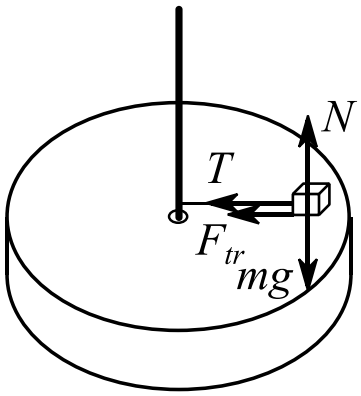
$$(4m_1 + m_2)a_2 = (m_1 - m_2 - \mu\sqrt{3}m_1)g$$

$a_2 = g\frac{m_1 - m_2 - \mu\sqrt{3}m_1}{4m_1 + m_2}g = 0.524\,\text{m/s}^2$, prema gore ($a_2$ = 0.534 m/s^2 uz g = 10 m/s^2) **(3 boda – 2 boda za rješavanje sustava jednadžbi + 1 bod za točno rješenje)**

$a_1 = 2a_2 = 1.048\,\text{m/s}^2$, niz kosinu ($a_2$ = 1.068 m/s^2 uz g = 10 m/s^2) **(1 bod)**

Napomena: Ako učenik/ca pretpostavi da se tijelo na kosini giba uz kosinu, a time i da se tijelo, koje visi preko koloture, giba prema dolje, uz točno postavljene jednadžbe gibanja i točne omjere napetosti užeta $T_2 = 2T_1$ i točne omjere ubrzanja $a_1 = 2a_2$, dobit će za ubrzanja pojedinih tijela: a_1 = -3.313 m/s^2 i a_2 = -1.656 m/s^2. Ako nakon toga slijedi odgovor da su iznosi ubrzanja jednaki apsolutnim vrijednostima dobivenih brojeva, a smjer suprotan od pretpostavljenog, to je pogrešno (treba ponovo napisati jednadžbe gibanja jer smjer sile trenja ovisi o smjeru gibanja, dok kod ostalih sila to nije slučaj). U tom slučaju dodileliti 7 bodova za zadatak: 5 bodova, ako su jednadžbe gibanja točno napisane (u skladu s pretpostavkom o smjeru gibanja), 1 bod za omjer sila nepetosti užeta $T_2 = 2T_1$ i 1 bod za omjer ubrzanja $a_1 = 2a_2$.

Zadatak 4 (10 bodova)



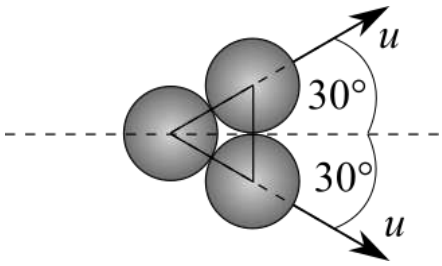
U sustavu mirnog promatrača, koji se nalazi pored kružne ploče, na malo tijelo djeluju sile prikazane na slici: težina *mg*, reakcija podloge *N*, napetost niti *T* i sila trenja F_{tr}. **(3 boda)**
Napomene: ako je na skici nacrtana još neka sila osim ove četiri npr. centripetalna ili centrifugalna sila, broj bodova za ovaj dio zadatka je 0. Ako su nacrtane samo *T* i F_{tr}, a nedostaju *mg* i *N*, dodijeliti 1 bod. Svi drugi slučajevi se ne boduju, odnosno broj bodova je 0.
Ukupna sila na tijelo jednaka je centripetalnoj sili:
$F_{cp} = T + F_{tr}$ **(2 boda)**
Sila trenja jednaka je:
$F_{tr} = \mu N = \mu mg$ **(1 bod)**

Maksimalna brzina rotacije ploče odgovara maksimalnoj napetosti niti:

$$\frac{mv^2}{r} = m\omega^2 r = T + \mu mg \quad \textbf{(2 boda)}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{T + \mu mg}{mr}} = 12.45\,\mathrm{s}^{-1} \quad \textbf{(2 boda)}$$

Zadatak 5 (11 bodova)



Radi simetrije problema dvije mirujuće kuglice nakon sudara imaju jednaku brzinu (po iznosu), a smjer brzine je u smjeru spojnice središta pojedine kuglice sa središtem kuglice koja nalijeće, odnosno smjer brzine obje kuglice zatvara kut od 30° sa smjerom početne brzine kuglice (vidi sliku). **(1 bod)**
Zakon očuvanja količine gibanja za ovaj sudar glasi (komponenta u smjeru početne brzinu kuglice):

$$mv = mv' + mu_x + mu_x \quad \textbf{(1 bod)}$$

$$v = v' + 2u_x$$

Također vrijedi:

$$u_x = \frac{\sqrt{3}}{2}u \quad \textbf{(1 bod)}$$

Zakon očuvnja energije glasi:

$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mv'^2 + \frac{1}{2}mu^2 + \frac{1}{2}mu^2 \quad \textbf{(1 bod)}$$

$$v^2 = v'^2 + 2u^2$$

Iz zakona očuvanja količine gibanja slijedi:

$$v = v' + \sqrt{3}u \;\Rightarrow\; v' = v - \sqrt{3}u$$

Uvrštavanjem u zakon očuvanja energije:

$$v^2 = v^2 - 2\sqrt{3}vu + 3u^2 + 2u^2$$

$$0 = u\left(5u - 2\sqrt{3}v\right)$$

Rješavanje sustava jednadžbi: **(2 boda)**

$u = \frac{2\sqrt{3}}{5} v = 1.39\,\text{cm/s}$ **(1 bod)**

$v' = v - \sqrt{3}\frac{2\sqrt{3}}{5} v = -\frac{1}{5} v = -0.4\,\text{cm/s}$, predznak minus znači da se kuglica giba u suprotnom smjeru od početnog. **(2 boda)**

Kuglice nakon sudara u okomitom smjeru prijeđu put:

$y = u_y t = \frac{1}{2} ut = \frac{\sqrt{3}}{5} vt = 6.93\,\text{cm}$ **(1 bod)**

Dakle, njihova udaljenost iznosi:

$2 \cdot 6.93\,\text{cm} + 2\,\text{cm} = 15.86\,\text{cm}$ **(1 bod)**