

ISPIT IZ FIZIKE 1

Julski ispitni rok

ETF, Beograd, 06.07.2021.

1. Kamen malih dimenzija, izbačen sa horizontalne ravni Zemlje pod uglom od 45° , pogađa vertikalni zid na visini od $h = 10\text{ m}$. Ako je zid na horizontalnom rastojanju od $D = 20\text{ m}$ od početne tačke odakle je kamen izbačen, naći ($g = 10\text{ m/s}^2$)

- (a) [30] početnu brzinu kamena, v_0 ,
- (b) [30] vreme do udara kamena o zid,
- (c) [40] intenzitet brzine i ugao pod kojim kamen pogađa vertikalni zid.

2. [100] Električni motor elektro-trotineta generiše konstantnu mehaničku snagu tokom kretanja. Ukupna masa trotineta i vozača je $m = 100\text{ kg}$. Ako se brzina vozila povećala od $v_1 = 2\text{ m/s}$ do $v_2 = 5\text{ m/s}$ na pređenom putu od $s = 15.6\text{ m}$, izračunati mehaničku snagu elektromotora.

3. (a) (*Teorijsko pitanje*) [60] Formulirati i izvesti teoremu o promeni količine kretanja sistema materijalnih tačaka.-

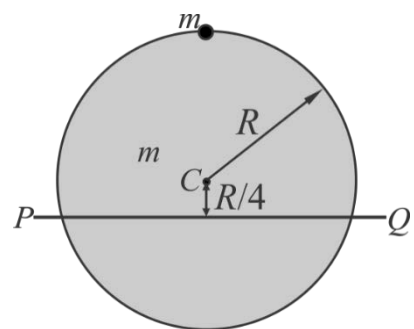
(b) (*Zadatak*) [40] U laboratoriji se izvodi eksperiment sudara dve čestice masa $m_1 = 1\text{ kg}$ i $m_2 = 2\text{ kg}$, koje se pre sudara kreću brzinama $v_1 = 3\text{ m/s}$ i $v_2 = 2\text{ m/s}$ (u odnosu na laboratoriju), respektivno. Pre sudara, pravci brzina ove dve čestice su međusobno normalni, dok se posle sudara čestice kreću zajedno, kao jedno telo.

Izračunati koliko se mehaničke energije učesnika sudara transformiše u toplotu.

4. (a) (*Teorijsko pitanje*) [30] Formulirati i dokazati teoremu o normalnim osama.

(b) (*Zadatak*) [70] Mehanički sistem se sastoji od homogenog tankog diska poluprečnika R i mase m i malog tela mase takođe m , koje je čvrsto zakačeno za obod diska. U položaju labilne ravnoteže sistema prikazanom na slici, disk je postavljen vertikalno, malo telo je na najvećoj visini iznad površi Zemlje, vertikalno iznad centra diska C , a sistem miruje. Sistem može da rotira oko nepokretne horizontalne ose PQ , koja je u ravni diska, na rastojanju $R/4$ od tačke C .

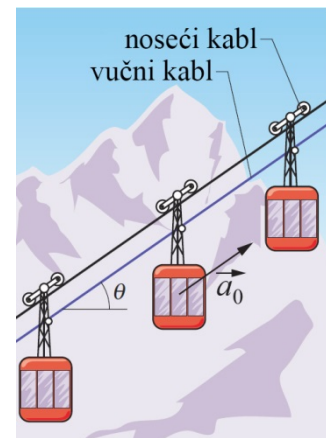
Ako se sistem izvede iz položaja labilne ravnoteže, izračunati periferijsku brzinu malog tela pri prolasku kroz tačku na najmanjoj visini iznad Zemljine površi.



Slika uz zadatak 4.

5. [100] U korpi žičare nalazi se matematičko klatno čiji je period oscilovanja u gravitacionom polju Zemlje kada korpa miruje T_0 . Kada žičara počne da se kreće ubrzano uzbrdo ubrzanjem intenziteta a_0 , period oscilacija se smanji za 10%. Nagib kablova žičare prema horizontalnoj ravni je $\theta = 30^\circ$. Pretpostaviti da pri kretanju korpa uvek „stoji vertikalno“ (kao kada se žičara ne kreće).

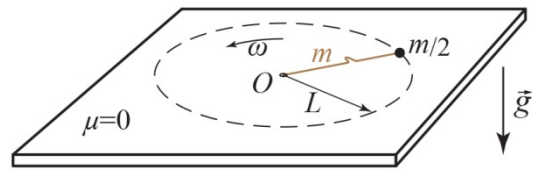
Naći intenzitet ubrzanja žičare a_0 . (poznato je gravitaciono ubrzanje na površini Zemlje g)



Slika uz zadatak 5.

6. (a) (**Teorijsko pitanje**) [30] Izvesti izraz za faznu brzinu transverzalnog talasa koji se prostire po žici podužne mase μ zategnute silom intenziteta F .

(**Zadatak**) [70] Na glatkom horizontalnom stolu nalazi se homogeno uže mase m i dužine L . Sa jedne strane uže je pričvršćeno za nepokretan oslonac O oko kojeg može da rotira, dok je za drugi kraj užeta pričvršćena mala kuglica mase $m/2$. Sistem rotira konstantnom ugaonom brzinom intenziteta ω . U blizini oslonca O , na užetu se pobudi transverzalni talas male amplitude u vidu kratkog impulsa.



Slika uz zadatak 6.

Odrediti vreme τ za koje impuls stigne na drugi kraj užeta (do kuglice).

Napomene: Uočiti da sila zatezanja zavisi od rastojanja od ose rotacije. Smatrati da uže ostaje homogeno pri rotaciji (da mu se podužna masa ne menja sa promenom sile zatezanja). Širina impulsa je mnogo manja od dužine užeta. Kuglicu posmatrati kao materijalnu tačku.

$$\int \frac{dx}{\sqrt{a^2 - x^2}} = \arcsin \frac{x}{a} + \text{const}$$

Opšte napomene:

1) Na vrhu naslovne strane vežbanke napisati **oznaku grupe i ime predmetnog nastavnika** kod koga ste zvanično raspoređeni da slušate predavanja:

J. Cvetić (P1), V. Arsoski (P2) i M. Tadić (P3).

2) **Studenti trebaju da u gornjem levom uglu vežbanke zabeleže šta rade. Ukoliko rade samo prvi kolokvijum u gornjem levom uglu na koricama vežbanke treba da napišu K1 i za njih ispit traje 2 sata. Dežurni nastavnik će obavestiti studente da predaju vežbanke nakon predviđenog vremena. Ukoliko student ne preda vežbanku, pri pregledanju će mu se računati kao da je radio integralni ispit.**

3) **Studenti koji rade samo drugi kolokvijum u gornjem levom uglu na koricama vežbanke treba da napišu K2 i rade ZADATKE 3-6 za vreme 3 h. Student koji je radio K1 treba na koricama vežbanke u kućice ispod brojeva zadataka 1 i 2 da upiše K1 (kako bi im se računali poeni sa prvog kolokvijuma).**

4) **Studenti koji polažu integralni ispit rade SVE ZADATKE (1-6) za vreme 3 h. Studentima koji nisu ništa napisali u gornjem levom uglu na koricama vežbanke ispit se pregleda kao integralni. Ukoliko je student radio integralni ispit, ne priznaje mu se parcijalno prvi ili drugi deo!**

5) **Zadatak koji nije rađen ili čije rešenje ne treba bodovati jasno označiti na koricama sveske (u odgovarajućoj rubrici) oznakom X.**

6) Na koricama vežbanke (u gornjem desnom uglu) treba napisati broj poena sa prijemnog ispita iz fizike (ako je rađen 2020. godine), u formi PR-ISP = ... poena. Ako nije rađen, napisati PR-ISP = NE. Ako znate da ste imali poene iz fizike na prijemnom, ali niste sigurni tačno koliko, napisati PR-ISP = ? Ukoliko student ne stavi nikakvu oznaku za prijemni ispit, poeni sa prijemnog ispita mu se neće uzeti u obzir.

7) **Dozvoljena je upotreba neprogramibilnih kalkulatora i grafitne olovke.**

8) **List sa tekstom zadataka poneti sa sobom, ne ostavljati list u vežbanci.**

9) Ispit se može napustiti po isteku **najmanje jednog sata** od početka ispita.

Rešenja zadataka, Fizika 1, ETF, Beograd
Julski ispitni rok 2021.

1. (a) Kretanje kamena (tačka) opisano je jednačinama

$$x(t) = v_0 t / \sqrt{2}, \quad y(t) = v_0 t / \sqrt{2} - gt^2 / 2. \quad (1)$$

Vreme do udara dobija se zamenom podataka i rešavanjem (1) po početnoj brzini i vremenu

a) $v_0 = 20 \text{ m/s}.$

b) $t = \sqrt{2} \text{ s}.$

c) U tački udara u vertikalni zid horizontalna komponenta brzine je ista ko i u početnoj tački

$v_x = v_0 / \sqrt{2} = 10\sqrt{2} \text{ m/s}$ dok je vertikalna brzina $v_y = v_0 / \sqrt{2} - gt = 0$. Kamen udara brzinom $10\sqrt{2} \text{ m/s}$ pod pravim uglom u vertikalni zid.

2. Mehanička snaga koja pokreće elektro-trotinet i vozača je

$$P = Fv = mav \rightarrow a = P / (mv). \quad (1)$$

Kako je $a = v dv / dx$, zamenom u (1) sledi dif. jednačina

$$P = Fv = mav \rightarrow v^2 dv = P / m dx. \quad (2)$$

Integracijom (2) u granicama koje su date u zadatku dobija se

$$P = m(v_2^3 - v_1^3) / (3s) = 250 \text{ W}.$$

3. (a) Videti predavanja i skripta.

(b) Na osnovu zakona o održanju količine kretanja, prema pravouglom trouglu koji formiraju vektori količine kretanja materijalnih tačaka pre i posle sudara, lako se izvede:

$$v = \frac{5}{3} \text{ m/s}.$$

Kinetička energija transformisana u toplotu je:

$$\Delta E_k = \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} - \frac{(m_1 + m_2) v^2}{2} = 4,33 \text{ J}.$$

4. (a) Videti predavanja i skripta.

(b) U stanju labilne ravnoteže centar mase je $\frac{3R}{4}$ iznad nivoa PQ ose, a u najnižoj tački centar mase je $\frac{3R}{4}$ ispod ose PQ. Moment inercije sistema jednak je zbiru momenata inercije malog tela i diska. Moment inercije tela u odnosu na osu PQ je:

$$I_{telo} = m \left(\frac{5R}{4} \right)^2 = \frac{25}{16} mR^2.$$

Moment inercije diska u odnosu na osu PQ je:

$$I_{disk} = \frac{mR^2}{4} + m \left(\frac{R}{4} \right)^2 = \frac{5}{16} mR^2.$$

Prema tome, moment inercije sistema je:

$$I = \frac{15}{8} mR^2.$$

Na osnovu zakona o održanju mehaničke energije sistema je:

$$\frac{mg3R}{2} + 0 = -\frac{mg3R}{2} + \frac{I\omega^2}{2}.$$

Ugaona brzina sistema (i malog tela) u najnižoj tački je:

$$\omega = \sqrt{\frac{16g}{5R}}.$$

Periferijska brzina tela u najnižoj tački je:

$$v = \frac{5R}{4} \omega = \sqrt{5gR}.$$

5. Kada korpa miruje period je:

$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

Kada se sistem kreće ubrzanjem \vec{a}_0 u gravitacionom polju Zemlje, efektivna vrednost ubrzanja je:

$$\vec{g}_{eff} = \vec{g} - \vec{a}_0,$$

a novi period oscilacija je:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g_{eff}}} = 0,9T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{0,81 \cdot l}{g}},$$

odakle je $g_{eff} = g/0,81$. Koristeći se kosinusnom teoremom:

$$g_{eff} = \sqrt{g^2 + a_0^2 + 2ga_0 \cos(90^\circ - \theta)},$$

dobija se kvadratna jednačina:

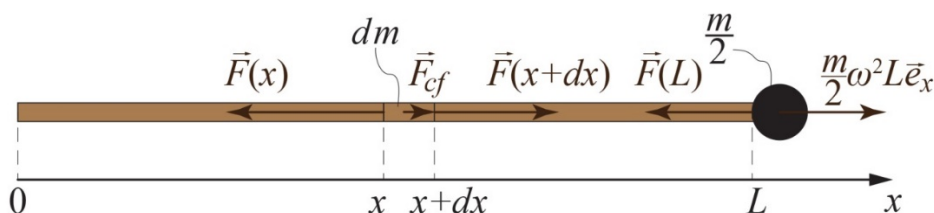
$$a_0^2 + ga_0 + g^2 \left(1 - \frac{1}{0,81^2}\right) = 0,$$

čijim se rešavanjem dobija $a_0 = 0,38 \cdot g$. Drugo rešenje se odbacuje jer se dobija $a_0 < 0$.

6. (a) Videti predavanja i skripta.

(b) Kako je sto gladak, sila zatezanja u užetu postoji samo u radijalnom pravcu i menja se u zavisnosti od rastojanja od ose rotacije. Za koordinatnu osu vezanu za pravac užeta (videti sliku), iz uslova ravnoteže na elementarni deo užeta mase dm na rastojanju x od ose rotacije, sledi:

$$0 = F(x + dx) + dm\omega^2 x - F(x). \quad (1)$$



Ovde je $dm = \mu dx$, gde je $\mu = m/L$ podužna masa, a F sila zatezanja elementarnog dela užeta, pa je:

$$dF = F(x + dx) - F(x) = -\mu\omega^2 x dx. \quad (2)$$

Iz uslova ravnoteže na kraju za koji je pričvršćen teg sledi:

$$0 = -F(L) + \frac{m}{2}\omega^2 L, \quad (3)$$

odakle je

$$F(L) = \frac{\mu}{2}\omega^2 L^2. \quad (4)$$

Integracijom jednačine (2) uz korišćenje uslova (4) sledi:

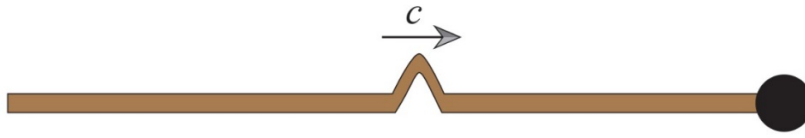
$$\int_{F(x)}^{F(L)} dF = -\mu\omega^2 \int_x^L x dx \quad (5)$$

dobija se

$$F(x) = \frac{\mu\omega^2}{2}(2L^2 - x^2). \quad (6)$$

odakle je fazna brzina talasa (brzina prostiranja impulsa):

$$c = v_f = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \frac{\omega}{\sqrt{2}} \sqrt{2L^2 - x^2} = \frac{dx}{dt}. \quad (7)$$



Za impuls pobuđen u blizini oslonca, integracijom prethodne jednačine se dobija:

$$\int_0^L \frac{dx}{\sqrt{2L^2 - x^2}} = \frac{\omega}{\sqrt{2}} \int_0^\tau dt \Rightarrow \arcsin \frac{x}{\sqrt{2}L} \Big|_0^L = \arcsin \frac{\sqrt{2}}{2} - \arcsin 0 = \frac{\pi}{4} = \frac{\omega}{\sqrt{2}} \tau, \quad (8)$$

odakle je vreme za koje impuls stigne na drugi kraj:

$$\tau = \frac{\sqrt{2}\pi}{4\omega}. \quad (9)$$

Predmetni nastavnici