

ISPIT IZ FIZIKE 1

Septembarski ispitni rok

(Ispit traje 3 sata)

ETF, Beograd, 17.9.2023.

1. (a) [20] (*Teorijsko pitanje*) Izvesti izraze za tangencijalno i normalno ubrzanje i poluprečnik krivine trajektorije tačke, ako su poznate njene parametarske jednačine kretanja u Dekartovom koordinatnom sistemu $x(t)$, $y(t)$ i $z(t)$.

(b) [10] (*Teorijsko pitanje*) Izvesti uslove koje treba da ispune tangencijalno i normalno ubrzanje tačke da bi njeno kretanje po krivolinijskoj trajektoriji bilo ubrzano, usporeno i ravnomerno (uniformno).

(c) Tačka se kreće po x -osi usporeno do zaustavljanja ubrzanjem $a_x = -k\sqrt{v_x}$, gde je k pozitivna konstanta, a $v_x \geq 0$ trenutna brzina tačke. Ako je tačka u početnom trenutku bila u koordinatnom početku i imala početnu brzinu v_0 odrediti:

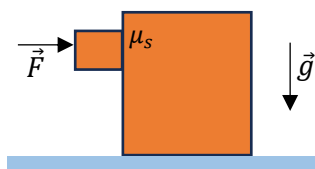
(c1) [30] brzinu kretanja tačke $v_x(t)$;

(c2) [20] vreme potrebno da se tačka zaustavi;

(c3) [20] pređeni put tačke od koordinatnog početka do mesta zaustavljanja.

2. (a) [30] (*Teorijsko pitanje*) Formulirati Njutnove zakone.

(b) [70] Manji blok mase $m = 15$ kg se prisloni na bočnu stranu većeg bloka mase $M = 50$ kg koji miruje na horizontalnoj glatkoj podlozi (videti sliku uz zadatak). Koeficijent statičkog trenja između površina dva bloka je $\mu_s = 0,4$. Kolikom horizontalnom silom duž pravca kretanja sistema je potrebno delovati na manji blok tako da on ne počne da klizi niz veći blok? Uzeti da je $g = 10$ m/s².



Slika uz zadatak 2.

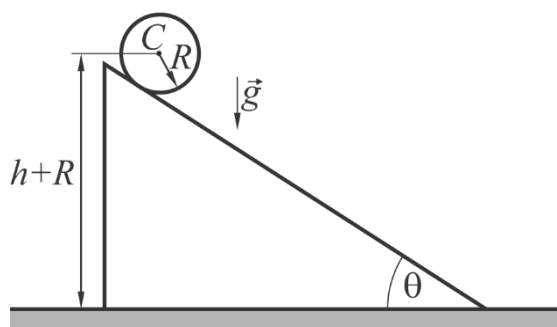
3. (a) [70] (*Teorijsko pitanje*) Elastičan sudar sa raštrkavanjem: Projektil mase m_1 se kreće brzinom intenziteta v_0 i naleće na metu mase m_2 koja miruje. Izvesti izraz za brzinu projektila nakon sudara u funkciji ugla rasejanja projektila θ , odnosa masa mete i projektila $A = m_2/m_1$ i v_0 . Na osnovu navedenog izraza analizirati moguće vrednosti θ u zavisnosti od vrednosti odnosa masa A .

(b) [30] Proton (projektil) se kreće brzinom intenziteta $v_0 = 1500$ m/s i naleće na proton (metu) koji miruje. Ukoliko proton projektil nakon elastičnog sudara promeni pravac kretanja za $\theta = 60^\circ$, kolike su brzine čestica nakon sudara?

4. Homogeni valjak kružne osnove poluprečnika R je iz stanja mirovanja pušten da se kotrlja niz strmu ravan nagibnog ugla θ sa visine $h + R$ od podnožja strme ravni (videti sliku uz zadatak: $h + R$ je visina centra mase valjka, a g je ubrzanje Zemljine teže). Ako nema proklizavanja između valjka i strme ravni, izračunati:

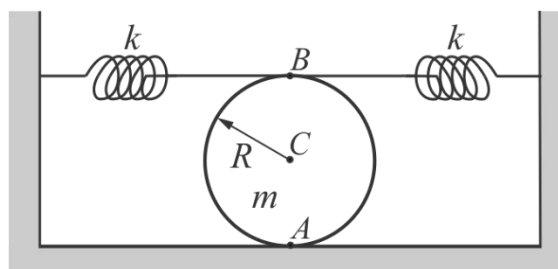
(a) [50] brzinu i ugaonu brzinu valjka kada se on spusti u podnožje strme ravni;

(b) [50] vreme potrebno da se valjak spusti u podnožje strme ravni.



Slika uz zadatak 4.

5. [100] Puna homogena lopta poluprečnika R i mase m postavljena je na horizontalnu podlogu. Za površ lopte su zakačene dve lake horizontalne opruge iste krutosti k (videti sliku uz zadatak). Kontakt lopte i podloge je u tački A , dok su opruge za loptu zakačene u tački B . Opruge su drugim krajevima zakačene za nepokretne zidove i u položaju stabilne ravnoteže, prikazanom na slici, opruge su nenapregnute, a tačka B je vertikalno iznad tačke A i centra mase lopte C .

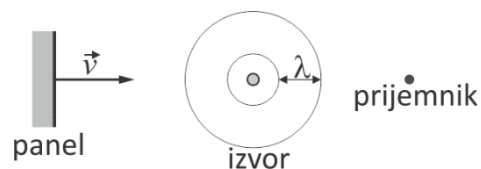


Slika uz zadatak 5.

Lopta se izvede iz ravnotežnog položaja tako što se tačka C pomeri udesno od položaja prikazanog na slici. Kretanje lopte je potom oscilatorno, pri čemu se lopta kotrlja bez proklizavanja, a tačka C i obe opruge su u ravni normalnoj na zidove tokom ovog kretanja. Odrediti period malih oscilacija lopte oko ravnotežnog položaja.

6. (a) (**Teorijsko pitanje**) Doplerov efekat za mehanički talas fazne brzine c i frekvencije f za slučaj:
 (a1) [30] izvora talasa koji se kreće brzinom v ka nepokretnom prijemniku talasa;
 (a2) [30] prijemnika talasa koji se kreće brzinom v ka nepokretnom izvoru talasa.

(b) Nepokretni tačkasti izvor emituje incidentni zvučni talas frekvencije $f_i = 1$ kHz ka pokretnom ravnom panelu. Ovaj talas se reflektuje od panela koji se kreće brzinom $v = 1$ m/s ka izvoru, dok se s druge strane izvora, na pravcu od panela ka izvoru, nalazi nepokretni tačkasti prijemnik.



Slika uz zadatak 6.

Prijemnik meri frekvenciju reflektovanog talasa f_r i frekvenciju incidentnog talasa koji stiže direktno od izvora do prijemnika. Sredina kroz koju se prostiru talasi je nedisperziona, nedisipativna i linearna, a fazna brzina talasa je $c = 340$ m/s. Odrediti:

- (b1) [20] razliku frekvencija f_r i f_i , tj. $\Delta f = f_r - f_i$;
 (b2) [20] grupnu brzinu talasa koji nastaje superpozicijom dva talasa čije frekvencije meri prijemnik.

Opšte napomene:

1) Na vrhu korica vežbanke na sredini 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) Ispit se polaže na dva načina: (1) **integralno** ili (2) **izradom II kolokvijuma**.

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. Poželjno je DA U POLJA NA KORICAMA VEŽBANKE ispod brojeva 1 i 2 upišu K1, čime su se opredelili da im se priznaju bodovi sa I kolokvijuma.**

4) **Studenti koji polažu ispit integralno 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 jedan 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 2022. 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 pri formiranju ocene.

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

8) **List sa tekstom zadataka poneti sa sobom. Ne ostavljati ga u vežbanci.**

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

10) **Kompletan odgovor na teorijsko pitanje podrazumeva prikaz relevantne/ih skice/a, izvođenja i ispisivanje pratećeg teksta. Vektori moraju biti jasno obeleženi tako da se razlikuju od skalara.**

11) **Ako student nastavlja izradu zadatka, neophodno je da na mestu prekida izrade zadatka jasno naznači da nastavak postoji. Ukoliko se više zadataka (ili delova) radi na istoj strani, neophodno je rastaviti ih horizontalnom linijom preko cele širine stranice. Ne preskakati listove u vežbanci. Ukoliko se ostave prazne stranice između zadataka, a ne popune se do predaje vežbanke, precrtati ih.**

Fizika 1, ETF, Beograd
Septembarski ispitni rok 2023. godine
Rešenja zadataka

1. (a) Videti predavanja 2022/23 i skripta.

(b) Videti predavanja 2022/23 i skripta

(c1) Jednačina kretanja je

$$-k\sqrt{v_x} = dv_x / dt \quad (1)$$

Integracijom (1) uz korišćenje početnih uslova sledi

$$\int_{v_0}^{v_x} dv_x / \sqrt{v_x} = -k \int_0^t dt \rightarrow v_x(t) = (\sqrt{v_0} - kt/2)^2. \quad (2)$$

(c2) Za traženi uslov da se tačka zaustavi $v_x(\tau) = 0$, iz (2) sledi $\tau = 2\sqrt{v_0} / k$.

(c3) Pređeni put se dobija iz diferencijalne jednačine kretanja (1) smenom $dv_x / dt = v_x dv_x / dx$

$$-k\sqrt{v_x} = v_x dv_x / dx. \quad (3)$$

Posle preuređenja jednačine (3), uz korišćenje početnih uslova, integracijom se dobija

$$\int_0^S dx = -(1/k) \int_{v_0}^0 \sqrt{v_x} dv_x \rightarrow S = 2v_0^{3/2} / (3k).$$

2. (a) Videti predavanja 2022/23. godine i skripta.

(b) Jednačina kretanja sistema je:

$$(m + M)a = F,$$

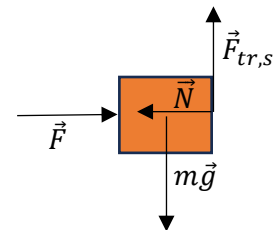
odakle je ubrzanje blokova u horizontalnom pravcu:

$$a = \frac{F}{m + M}.$$

Jednačine za manji blok su (videti sliku):

$$\sum_i F_{x,i} = ma = F - N \Rightarrow N = F - \frac{m}{m + M}F = \frac{M}{m + M}F,$$

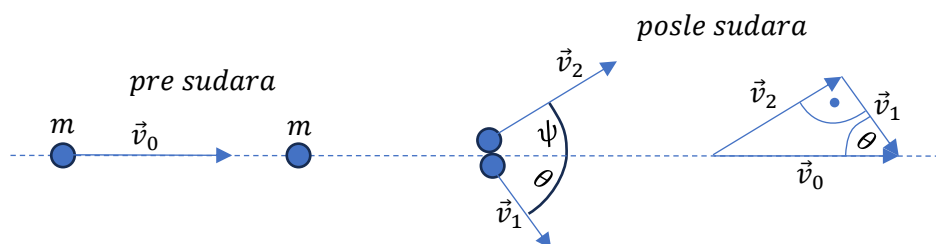
$$\sum_i F_{y,i} = 0 = F_{tr,s} - mg \Rightarrow F_{tr,s} = mg.$$



Iz uslova da ne dođe do proklizavanja, $F_{tr,s} \leq \mu_s N$, dobija se:

$$F \geq \frac{m(m + M)}{M} \frac{g}{\mu_s} = 487,5 \text{ N}.$$

3. (a) Videti skripta i beleške sa predavanja školske 2022/23. godine.



(b) Na osnovu teorijskog razmatranja pod (a), za jednake mase projektila i mete pravci kretanja čestica nakon sudara su pod pravim uglom. Stoga je brzina projektila nakon sudara

$$v_1 = v_0 \cos \theta = 750 \frac{\text{m}}{\text{s}},$$

dok je brzina mete:

$$v_2 = v_0 \sin \theta = 1299 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

4. (a) Pošto nema proklizavanja, nema ni gubitaka energije, tako da se može primeniti zakon o održanju mehaničke enegije krutog tela

$$mgh = mv^2 / 2 + I\omega^2 / 2, \quad (1)$$

gde je $I = mR^2 / 2$, a $v = \omega R$. Sledi

$$v = \sqrt{4gh/3}, \quad \omega = \sqrt{4gh/3} / R.$$

(b) Primenom II Newtonovog zakona na kretanje centra mase valjka (translacione i rotacione jednačine, videti primere na predavanjima 2022/23) sledi izraz za ubrzanje centra mase valjka

$$a = \frac{2}{3} g \sin \theta.$$

Kako je ubrzanje konstantno, vreme potrebno da se valjak spusti u podnožje je

$$t = \sqrt{\frac{3h}{g \sin^2 \theta}}.$$

5. Videti rešenje 205. zadatka iz "Fizika 1 – Zbirka ispitnih zadataka sa rešenjima".

$$T = \pi \sqrt{\frac{7m}{10k}}.$$

6. (a) Videti beleške sa predavanja 2022/23. šk. godine.

(b1) Videti rešenje 254. zadatka iz "Fizika 1 – Zbirka ispitnih zadataka sa rešenjima". Razlika frekvencija je:

$$\Delta f = f_r - f_i = \frac{2f}{1 + \frac{c}{v}} = 5,9 \text{ Hz}.$$

(b2) Sredina je nedisperziona, pa je grupna brzina jednaka faznoj brzini:

$$v_g = c = 340 \text{ m/s}.$$

Ovo se može proveriti na osnovu izraza za grupnu brzinu,

$$\omega_g = \frac{\Delta \omega}{\Delta k},$$

gde su $\Delta \omega$ i Δk razlika kružnih učestanosti i talasnih brojeva dva superponirana talasa.

Beograd, 17.9.2023.

Predmetni nastavnici

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