ISPIT IZ FIZIKE 1

Avgustovski ispitni rok

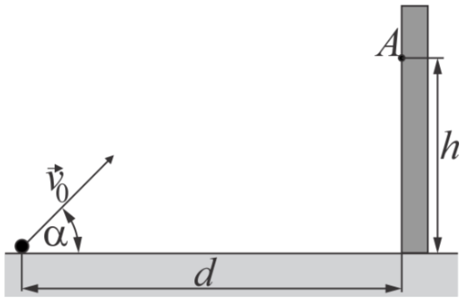
(Ispit traje 3 sata)   ETF, Beograd, 27.08.2020.

1. [100] (***Teorijsko pitanje.***) Izvesti izraze za tangencijalno i normalno ubrzanje i poluprečnik krivine trajektorije ako su zadate parametarske jednačine kretanja tačke u cilindričnom ravanskom (polarnom) sistemu.

2. Malo telo se izbaci iznad ravne horizontalne površi na Zemlji početnom brzinom intenziteta v_0, pod elevacionim uglom $\alpha = 45^{\mathrm{o}}$ (videti sliku uz zadatak). Telo pri kretanju iznad Zemlje udari u tačku A vertikalnog nepokretnog zida brzinom intenziteta v_1. Zid se nalazi na horizontalnom rastojanju $d = 20$ m od mesta izbacivanja tela, tačka A je na visini $h = 10$ m iznad horizontalne ravni, a ubrzanje Zemljine teže je $g = 10\ \ \mathrm{m/s^2}$. Odrediti:

(a) [50] v_0;

(b) [50] v_1.



Slika uz zadatak 2.

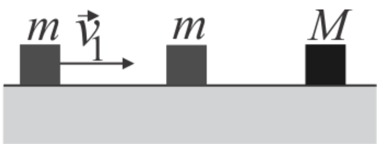
---

3. Tri bloka postavljena su na idealno glatku horizontalnu podlogu (videti sliku uz zadatak). Prvi blok mase m kreće se brzinom intenziteta v_1 i sudara se sa drugim blokom iste mase, koji pre ovog sudara miruje. Ispred drugog bloka postavljen je treći blok mase M, koji miruje pre sudara sa drugim blokom. Ako su svi sudari između blokova idealno elastični čeoni, odrediti:

(a) [60] brzine drugog i trećeg bloka posle sudara ova dva bloka;

(b) [20] ukupan broj sudara između blokova za $M > m$;

(c) [20] ukupan broj sudara između blokova za $M < m$.



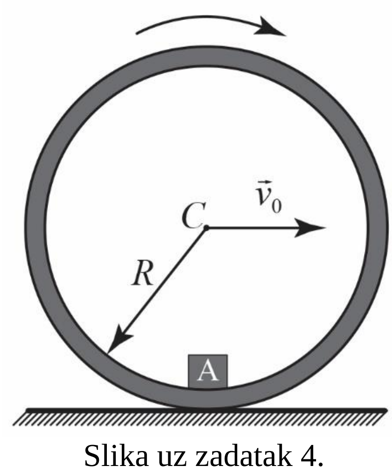
Slika uz zadatak 3.

4. Na unutrašnju stranu tankog obruča poluprečnika R pričvršćen je mali teg A iste mase kao i obruč (videti sliku uz zadatak). Obruč se kotrlja bez proklizavanja po horizontalnoj podlozi. Kada se teg A nađe u najnižem položaju, kao na slici, brzina centra obruča je v_0.

(a) [70] Odrediti brzinu centra obruča kada se teg A nađe u najvišem položaju.

(b) [30] Koliki je maksimalan intenzitet brzine centra obruča v_0 tako da je sve vreme kretanja obruč u kontaktu sa podlogom?

Napomene: Smatrati da je gravitaciono ubrzanje g poznato. Zid obruča je zanemarljive debljine, a teg A posmatrati kao materijalnu tačku.

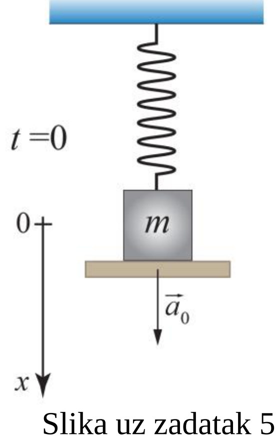


Slika uz zadatak 4.

5. Teg mase m je okačen o idealnu oprugu krutosti k i postavljen na dasku tako da je opruga nedeformisana (videti sliku). Daska počinje da se kreće vertikalno naniže ubrzanjem $a_0 < g$.

(a) [30] Odrediti za koliko je opruga istegnuta u trenutku odvajanja daske od tega.

(b) [70] Odrediti amplitudu oscilacija tega nakon odvajanja od daske i maksimalno istezanje opruge.



Slika uz zadatak 5.

6. (***Teorijsko pitanje.***) (a) [50] Izvesti izraze za faznu brzinu transverzalnog talasa koji se prostire po žici podužne mase μ zategnute silom intenziteta F. (b) [50] Izvesti izraz za srednju snagu prostoperiodičnog transverzalnog talasa kružne učestanosti ω i amplitude Y_0 koji se prostire po ovoj žici.

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 koji su zadovoljni poenima ostvarenim na kolokvijumu u tekućoj školskoj godini rade ZADATKE 3-6 za vreme 3 h. Na naslovnoj strani vežbanke, u polju rednih brojeva 1 i 2, treba da upišu oznaku K1 da bi poeni ostvareni na kolokvijumu bili priznati.**
3) **Studenti koji nisu radili kolokvijum ili koji nisu zadovoljni poenima ostvarenim na kolokvijumu u tekućoj školskoj godini rade SVE ZADATKE (1-6) za vreme 3 h.**
4) *Zadatak koji nije rađen ili čije rešenje ne treba bodovati jasno označiti na koricama sveske (u odgovarajućoj rubrici) oznakom X.*
5) Na koricama vežbanke (u gornjem desnom uglu) treba napisati broj poena sa prijemnog ispita iz fizike (ako je rađen 2019. 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 = ?
6) *Dozvoljena je upotreba neprogramibilnih kalkulatora i grafitne olovke.*
7) **List sa tekstom zadataka poneti sa sobom, ne ostavljati list u vežbanci.**
8) Ispit se može napustiti po isteku **najmanje jednog sata** od početka ispita.

Rešenja zadataka, Fizika 1, ETF, Beograd
Avgust 2020.

1. Videti predavanja 2019/20. ili skripta iz Fizike.

2. (a) Jednačina kretanja tela u koordinatnom obliku je:

$$y(x) = \mathrm{tg}\alpha \cdot x - \frac{gx^2}{2v_0^2 \cos^2\alpha}.$$

Zamenom $x = 20$ m i $y = 10$ m lako se dobija $v_0 = 20$ m/s.
(b) Horizontalna projekcija vektora brzine u tački A je $v_{1x} = v_0 \cos\alpha = 10\sqrt{2}$ m/s. Vertikalna projekcija vektora brzine je $v_{1y} = \sqrt{v_{0y}^2 - 2gh}$ =0 m/s. Dakle, $v_1 = v_{1x} = 10\sqrt{2}$ m/s.

3. (a) Posle sudara prvog i drugog bloka prvi blok se zaustavi, a drugi se kreće brzinom v_1. Na osnovu teorije čeonog elastičnog sudara (smatrajući da se drugi i treći blok posle sudara kreću u smeru $\vec{v}_1$):

$$v_2 = (m - M)/(m + M)v_1,$$
$$v_3 = 2m/(m + M)v_1.$$

(b) Za $M > m$ blok 2 se vraća unazad (suprotno od $\vec{v}_1$) i sudara se sa prvim blokom, pa je ukupan broj sudara jednak 3.
(c) Za $M < m$ blok 2 se kreće unapred (u smeru $\vec{v}_1$), pa je ukupan broj sudara jednak 2.

4. (a) Kako nema proklizavanja i gubitaka energije može se primeniti zakon održanja energije za najniži (1) i najviši (2) položaj tega (A) i obruča (prema centru obruča *C*) pri čemu je masa tega i obruča ista i iznosi m. Za referentni nivo potencijalne energije na površi Zemlje

$$E_{kA}^{(1)} + E_{pA}^{(1)} + E_{kC}^{(1)} + E_{pC}^{(1)} = E_{kA}^{(2)} + E_{pA}^{(2)} + E_{kC}^{(2)} + E_{pC}^{(2)}, \tag{1}$$

gde je u položaju (1): $E_{kA}^{(1)} = 0$ (jer se teg A u najnižem položaju ne kreće kada se razmatrani sistem sačinjen od kruto spojenog obruča i tega A kotrlja bez proklizavanja), $E_{pA}^{(1)} = 0$ (jer je referentni nivo za računanje potencijalne energije na površi Zemlje), $E_{kC}^{(1)} = mv_0^2/2 + I_C\omega_1^2/2$ (translaciona i rotaciona kinetička energija obruča za tačku *C* u položaju (1), respektivno, gde je $I_C = mR^2$ i $\omega_1 = v_0/R$) i $E_{pC}^{(1)} = mgR$ (potencijalna energija obruča u odnosu na providnu površ Zemlje).
U položaju (2) brzina centra obruča v je najmanja, kinetička energija tega A je $E_{kA}^{(2)} = m(2v)^2/2$ (jer je njegova brzina u najvišem položaju jednaka $2v$ kada se sistem kotrlja bez proklizavanja), $E_{pA}^{(2)} = 2mgR$, $E_{kC}^{(2)} = mv^2/2 + I_C\omega_2^2/2$ (translaciona i rotaciona kinetička energija obruča za tačku *C* u položaju (2), respektivno, gde je $\omega_2 = v/R$) i $E_{pC}^{(2)} = mgR$. Zamenom u (1) sledi

$$v = \sqrt{\frac{v_0^2 - 2gR}{3}}. \tag{2}$$

(b) Kada je teg A u najvišem položaju, prema uslovu u zadatku, reakcija podloge na sistem treba da je $N \geq 0$. Na sistem deluje naniže težina obruča i tega, koje su jednake, dok teg deluje centrifugalnom silom duž pravca koji spaja centar obruča i teg u smeru od centra obruča (referentna tačka je vezana za centar obruča jer se pri kotrljanju bez proklizavanja baš u tom položaju sistema usvojeni referentni sistem ne kreće ubrzano, tj. inercijalan je). Jednačina ravnoteže sila na sistem po vertikalnom pravcu je

$$N + mv^2 / R = 2mg. \tag{3}$$

Zamenom kritičnog uslova $N \geq 0$ iz (2) i (3) sledi

$$v_0 \leq \sqrt{8gR}.$$

5. (a) Pre odvajanja od daske kretanje tega je opisano jednačinom:

$$ma_0 = mg - kx - N.$$

U trenutku odvajanja tega od daske $N = 0$:

$$ma_0 = mg - kx_p,$$

pa je opruga u tom trenutku istegnuta za

$$x_p = \frac{m}{k}(g - a_0).$$

Brzina tega u tom trenutku je:

$$v_p = \sqrt{2a_0 x_p}.$$

(b) Nakon odvajanja od daske jednačina kretanja je:

$$ma_x = m\ddot{x} = mg - kx,$$

odnosno

$$\ddot{x} + \omega_0^2 x = g,$$

gde je $\omega_0 = \sqrt{k/m}$. Rešenje prethodne jednačine je:

$$x(t) = x_0 \sin(\omega_0 t + \varphi_0) + \frac{mg}{k},$$

gde je x_0 amplituda oscilacija u odnosu na ravnotežni položaj, a φ_0 početna faza određena inicijalnim uslovima zadatim u trenutku odvajanja tega od daske.
Brzina tega je:

$$v(t) = \dot{x}(t) = x_0 \cos(\omega_0 t + \varphi_0).$$

Primenom početnih uslova:

$$x_p = x(0) = x_0 \sin\varphi_0 + \frac{mg}{k},$$
$$v_p = v(0) = x_0 \cos\varphi_0,$$

odakle se dobija amplituda:

$$x_0 = \sqrt{\left(x_p - \frac{mg}{k}\right)^2 + \left(\frac{v_p}{\omega_0}\right)^2} = \frac{m}{k}\sqrt{2ga_0 - a_0^2},$$

tako da je maksimalno istezanje opruge:

$$x_{\max} = x_0 + \frac{mg}{k} = \frac{m}{k}\left[g + \sqrt{2ga_0 - a_0^2}\right].$$

Napomena: Zadatak se može rešiti i primenom zakona održanja ukupne mehaničke energije koji važi od trenutka odvajanja tega od daske.

6. Videti predavanja 2019/20. ili skripta iz Fizike.

Predmetni nastavnici

J. Cvetić, M. Tadić i V. Arsoski