

Titranje

4

- 4.1. Titranje
- 4.2. Titranje – zadatci

4.1. Titranje



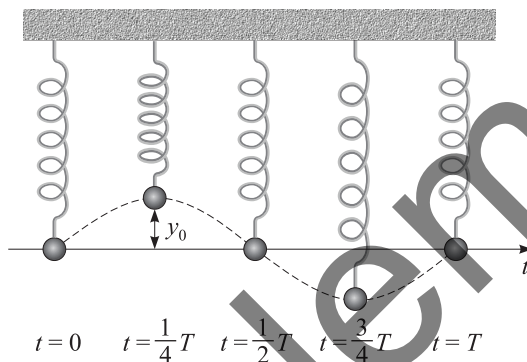
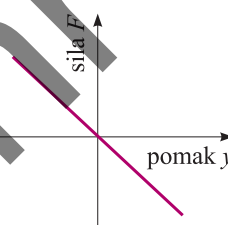
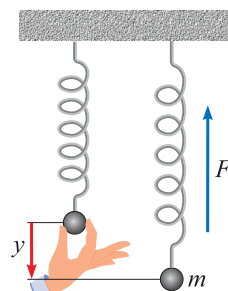
Harmonijsko titranje

Titranje je periodično gibanje oko ravnotežnog položaja. Periodično gibanje je gibanje koje se ponavlja nakon određenog vremenskog intervala, tzv. periode. Najjednostavnije titranje je tzv. *harmonijsko titranje*, tj. titranje koje uzrokuje harmonijska (elastična) sila. Uređaj koji izvodi takvo titranje naziva se harmonijski oscilator. Harmonijska sila je proporcionalna pomaku iz ravnotežnog položaja:

$$\vec{F} = -k\vec{y}.$$

Pomaknemo li oprugu iz ravnotežnog položaja stiskanjem ili rastezanjem, ona izvodi titranje oko tog položaja. Svaki pomak od položaja ravnoteže nazivamo *elongacijom* (y), a najveći pomak od ravnotežnog položaja nazivamo *amplitudom* (y_0). Masu opruge zanemarujemo. Također pretpostavljamo da nema sile otpora koja bi gušila titranje. Konstanta opiranja opruge bilježi se slovom k .

Opruga će početi titrati bilo da ju stisnemo bilo da ju rastegnemo, dakle ako dovedemo energiju tom sustavu. Nakon nekog vremena, koje nazivamo *periodom* (T), ovješeno tijelo ponovno se vraća u prvobitni položaj, pa titranje počinje ispočetka. Naime, titranje počinje iznova kad se tijelo vrati u točku s istim položajem i istom brzinom (po iznosu i smjeru). Umjesto periodom T možemo titranje opisati *frekvencijom* f . Frekvencija titranja jednaka je recipročnoj vrijednosti perioda titranja ($f = 1/T$).



Ovisnost elongacije y o vremenu t :

$$y = y_0 \sin(\omega t + \theta).$$

Ovisnost brzine u o vremenu t :

$$u = y_0 \omega \cos(\omega t + \theta).$$

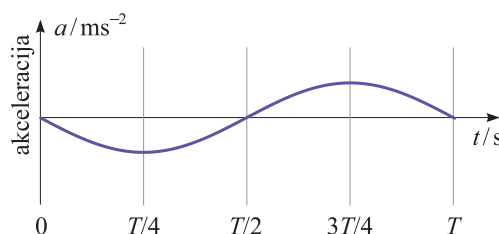
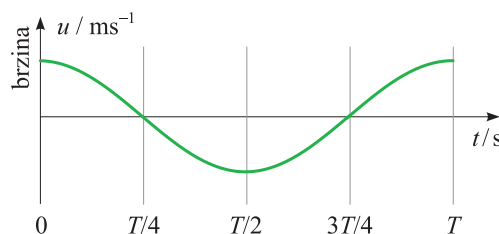
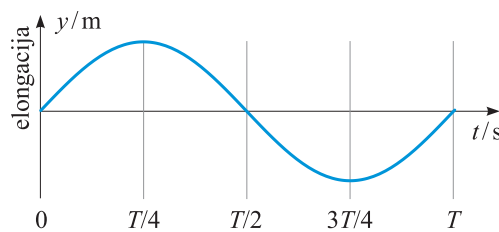
Ovisnost akceleracije a o vremenu t :

$$a = -y_0 \omega^2 \sin(\omega t + \theta)$$

gdje je $\omega = 2\pi/T$ kutna brzina ili često zvana kružna frekvencija. Argument trigonometrijske funkcije, dakle kut $(\omega t + \theta)$, nazivamo *fazom titranja*. Kut θ je početna faza u trenutku $t = 0$. Ovisnost tih veličina o vremenu prikazana je na crtežima. Period titranja dan je jednadžbom:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}.$$

Sustav koji se sastoji od mase ovješene o oprugu ili bilo koji drugi sustav koji titra pod utjecajem harmonijske sile nazivamo harmonijskim oscilatorom.



Dva bitna čimbenika uzrokuju harmonijsko titranje:

1. postojanje povratne sile, odnosno sile koja djeluje prema ravnotežnom položaju i linearna ovisnost te sile o pomaku iz ravnotežnog položaja $\vec{F} = -k\vec{y}$
2. dio sustava koji titra mora imati tromost (inerciju) da bi pri prolasku kroz ravnotežni položaj nastavio gibanje.



Energija titranja

Potencijalna energija u polju harmonijske sile:

$$E_p = \frac{m\omega^2}{2} y_0^2 \sin^2(\omega t + \theta).$$

Kinetička energija:

$$E_k = \frac{m\omega^2}{2} y_0^2 \cos^2(\omega t + \theta).$$

Ukupna energija:

$$E = \frac{m\omega^2}{2} y_0^2 \quad \text{ili} \quad E = \frac{ky_0^2}{2}.$$



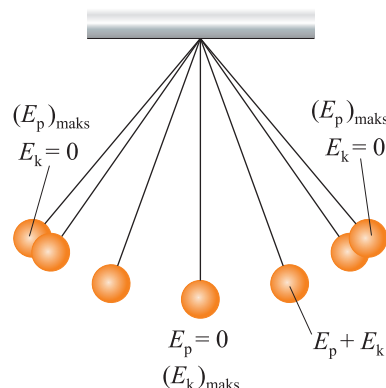
Jednostavno njihalo

Jednostavno njihalo sastoji se od tijela (kuglice) mase m ovješeno o nit duljine l . Masu niti zanemarujemo prema masi kuglice koja je ovješena o nit.

Pomaknemo li kuglicu iz položaja ravnoteže i pustimo, kuglica će titrati oko ravnotežnog položaja (minimuma potencijalne energije $E_p = 0$). Potencijalna energija kuglice smanjuje se dok kinetička energija raste, a zatim se kinetička energija smanjuje, a potencijalna energija raste. Zanemarimo li gubitke energije zbog trenja i otpora sredstva, tada se neprestano potencijalna energija kuglice pretvara u kinetičku i obrnuto. Često se jednostavno njihalo u idealnim uvjetima (zanemarivo trenje i otpor sredstva) naziva matematičko njihalo. Period T jednostavnog njihala je:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}},$$

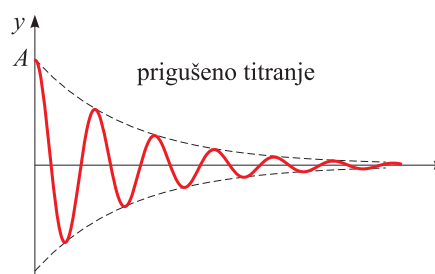
gdje je l duljina njihala, a g akceleracija sile teže.



Prigušeno titranje

Sva tijela, kad ih izvedemo iz ravnotežnog položaja, unoseći energiju u sustav počnu titrati, ali se ipak nakon nekog vremena zaustave zbog savladavanja sile otpora. Gotovo u svim procesima u prirodi prisutno je rasipanje (disipacija) energije. Amplituda titranja zbog procesa disipacije postaje sve manja i manja. S gledišta mehanike proces rasipanja energije može se opisati uvođenjem dodatnih sila tzv. sile otpora (trenja) kojima okolina djeluje na tijelo koje se giba.

Postoje slaba i jaka gušenja.



Pri slabom gušenju omjer susjednih amplituda je gotovo stalan broj. Taj omjer nazivamo faktorom slabljenja (dekrement) i označavamo znakom δ :

$$\delta = \frac{A_n}{A_{n+1}}$$

gdje je $n = 1, 2, 3, \dots$ broj amplitude A . Iz gornje jednadžbe vidimo da je $\delta > 1$. Svaka sljedeća amplituda je manja δ puta od prethodne. Kod slabog gušenja slijed amplituda predstavlja niz brojeva koji su sve manji i manji i teže nuli.

Kod jakog gušenja osim što je dekrement δ veći, pa se i amplituda brže smanjuje, period titranja T postaje sve veći jer tijelu treba više vremena da ponovi jedan ciklus titranja. To znači da je frekvencija f manja od frekvencije kod neprigušenog titranja. Ako indeksom nula označimo veličine kod neprigušenog titranja, a bez indeksa veličine kod prigušenog titranja, tada vrijedi:

$$T > T_0; \quad f < f_0; \quad \omega < \omega_0.$$

U praksi veliku ulogu igra tzv. kritično gušenje. Naime, mnogi instrumenti i uređaji (npr. kazaljka galvanometra, amortizer automobila) moraju biti upravo tako izvedeni da zadovoljavaju uvjete kritičnog gušenja, tj. da se za što kraće vrijeme vrate u ravnotežni položaj.

Faktor dobrote Q : Stupanj prigušenja možemo opisati i pomoću energije titranja. Faktor dobrote ili Q -faktor omjer je energije i smanjenja energije po jednom titraju:

$$Q = \frac{E_1}{E_1 - E_2} \cdot 2\pi.$$

Q -faktor približno je jednak broju titraja prije nego se izgubi sva mehanička energija. Prigušeno titranje ima veliku primjenu. Ponekad je prigušenje poželjno (npr. kazaljka instrumenta, amortizer), a ponekad nije (električni titrajni krug). Ako nema gušenja, faktor dobrote beskonačno je velik.



Prisilno titranje

Ako oscilator titra pod utjecajem vanjske sile, takvo titranje nazivamo prisilnim. Općenito će frekvencija titranja sustava nakon nekog vremena postati jednaka frekvenciji prisilne sile. Amplituda prisilnih titraja proporcionalna je amplitudi prisilne sile, ali ovisi o vlastitoj frekvenciji sustava f_0 i o frekvenciji prisilne sile f . Istaknimo posebno slučaj kad uzbuđni sustav ima približno jednaku frekvenciju kao uzbuđivani sustav:

$$f \approx f_0.$$

Taj slučaj nazivamo *rezonancijom*, pri čemu se s uzbuđnog sustava prenosi maksimalna energija na uzbuđivani sustav.

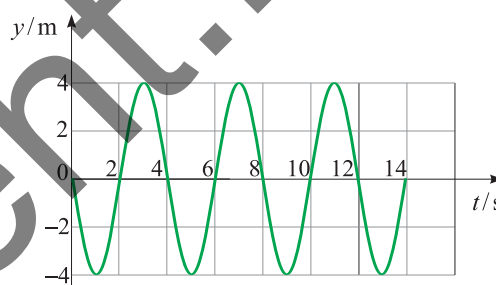
4.2. Titranje – zadatci

1. Kad na oprugu ovjesimo tijelo težine 20 N, njezina duljina iznosi 40 cm. Ako na istu oprugu ovjesimo tijelo težine 10 N, njezina duljina je tada 35 cm. Kolika je konstanta elastičnosti opruge? Kolika je duljina neopterećene opruge?
2. Tijelo ovješeno na oprugu titra harmonijski kružnom frekvencijom 0,5 rad/s. Amplituda titranja je 0,8 m. Napišite jednadžbe ovisnosti elongacije y , brzine u i akceleracije a o vremenu t ako se u trenutku $t = 0$ tijelo giba iz ravnotežnog položaja u pozitivnom smjeru y -osi.
3. Ako tijelo harmonijski titra amplitudom od 4 cm, koliki put prijeđe tijekom jednog perioda?
4. Jednadžba titranja tijela dana je izrazom:

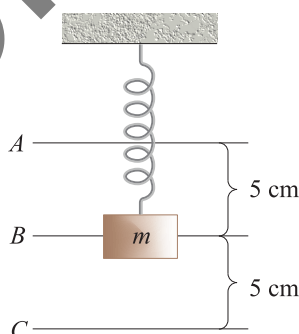
$$y = 0,02 \sin\left(\frac{\pi}{2}t + \frac{\pi}{4}\right)$$

(sve jedinice su u SI sustavu, dakle metrima i sekundama). Odredite:

- a) amplitudu
 - b) kružnu frekvenciju i period
 - c) maksimalnu brzinu
 - d) maksimalnu akceleraciju tijela
 - e) početnu fazu.
5. Elongacija tijela koje harmonijski titra u ovisnosti o vremenu prikazana je na slici. Odredite amplitudu titranja y_0 , period T , kružnu frekvenciju titranja ω i fazni pomak θ_0 . Općenito, jednadžbu titranja, odnosno ovisnost elongacije y o vremenu t zapisujemo kao $y = y_0 \sin(\omega t + \theta_0)$. Napišite jednadžbu titranja i jednadžbe za brzinu i akceleraciju tijela u ovisnosti o vremenu.

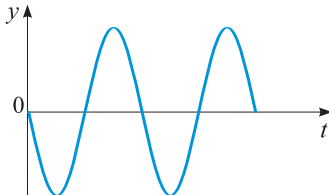


6. Crtež prikazuje tijelo mase m ovješeno o oprugu. Oprugu rastegnemo za 5 cm i pustimo titrati pa ono titra periodom 2 s.

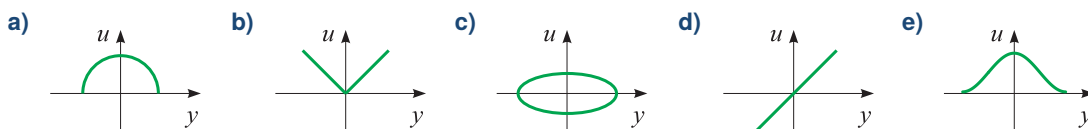


- a) Napišite jednadžbu titranja tijela $y = f(t)$ ako se u trenutku $t = 0$ tijelo nalazilo u točki B te se gibalo prema točki A: _____.
- b) Napišite jednadžbu titranja tijela $y = f(t)$ ako se u trenutku $t = 0$ tijelo nalazilo u točki A: _____.
- c) Napišite jednadžbu titranja tijela $y = f(t)$ ako se u trenutku $t = 0$ tijelo nalazilo u točki C: _____.
- d) Brzina tijela je najveća na mjestima označenim točkama: _____.
- e) Akceleracija tijela je najveća na mjestima označenim točkama: _____.
- f) Kinetička energija tijela je najveća na mjestima označenim točkama: _____.
- g) Potencijalna energija je najveća na mjestima označenim točkama: _____.

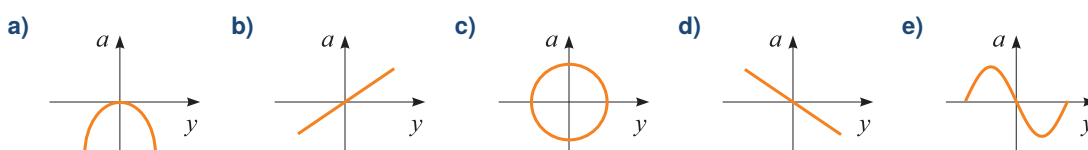
7. Tijelo mase 0,4 kg ovješeno o oprugu titra frekvencijom 2 Hz i amplitudom 20 cm.
- Napišite jednadžbu titranja, odnosno ovisnost elongacije o vremenu, ako je u trenutku $t = 0$ tijelo bilo u ravnotežnom položaju i gibalo se u pozitivnom smjeru y -osi. Nacrtajte graf $y = f(t)$.
 - Napišite jednadžbu titranja ako je u trenutku $t = 0$ elongacija tijela bila -20 cm. Nacrtajte graf $y = f(t)$.
 - Izračunajte brzinu tijela kad prolazi kroz ravnotežni položaj.
 - Napišite jednadžbu za brzinu titranja tijela u ovisnosti o vremenu za slučajeve a) i b). Nacrtajte grafove $u = f(t)$.
 - Izračunajte brzinu tijela kad je od ravnotežnog položaja udaljeno za 10 cm.
 - Napišite jednadžbu za akceleraciju tijela u ovisnosti o vremenu za slučajeve a) i b). Nacrtajte grafove $a = f(t)$.
 - Izračunajte ukupnu energiju koju ima titrajni sustav.
 - Izračunajte najveću silu koja djeluje na tijelo.
 - U kojem položaju tijelo ima najveću brzinu, a u kojem najveću akceleraciju? Koliki je omjer akceleracije i brzine tijela u svakom trenutku? Mijenja li se taj omjer tijekom vremena?
 - Koliki je omjer akceleracije i elongacije tijela u svakom trenutku? Mijenja li se taj omjer tijekom vremena?
 - Nacrtajte graf ovisnosti brzine titranja u o elongaciji y , tzv. $u = f(y)$.
8. Amplituda harmonijskog titranja je 30 cm, a period 2 s. U trenutku $t = 0$ elongacija je $y = 0$ i tijelo se giba u smjeru $+y$. Kolike su vrijednosti elongacije, brzine i akceleracije u trenutku $t = T/12$?
9. Tijelo ovješeno na oprugu izvučemo iz ravnotežnog položaja za 10 cm i pustimo titrati. Na kojoj će udaljenosti od ravnotežnog položaja:
- brzina tijela biti jednaka polovici najveće brzine
 - akceleracija tijela biti jednaka polovici najveće akceleracije?
10. Tijelo titra harmonijski kružnom frekvencijom 0,5 rad/s. Amplituda titranja je 80 cm.
- Napišite ovisnost elongacije, brzine i akceleracije tijela o vremenu ako se u trenutku $t = 0$ tijelo nalazilo u ravnotežnom položaju i gibalo u pozitivnom smjeru y -osi.
 - Napišite ovisnost brzine tijela o elongaciji. Nacrtajte te ovisnosti.
11. Period titranja harmonijskog oscilatora je 3,6 s. Odredite najkraće vrijeme potrebno da se tijelo koje titra udalji od ravnotežnog položaja za pola amplitude.
12. Tijelo mase 1 kg harmonijski titra prema jednadžbi $y = 0,32 \sin(7,4t)$ (sve jedinice su u SI sustavu). Odredite:
- amplitudu titranja
 - frekvenciju titranja
 - kinetičku i potencijalnu energiju tijela kad je ono udaljeno 0,26 m od ravnotežnog položaja.
13. Koje veličine harmonijskog titranja u amplitudnom položaju imaju najveću vrijednost?
1. brzina 2. akceleracija 3. elastična sila 4. kinetička energija 5. potencijalna energija
- samo 5 i 3
 - samo 2, 3 i 5
 - samo 1 i 4
 - samo 5
 - sve
14. Tijelo mase 1 kg pričvršćeno je na horizontalno položenu oprugu konstante opiranja 120 N/m. U trenutku $t = 0$ tijelo udarimo tako da se opruga sabija. Početna brzina tijela je 3 m/s. Zanimarite li trenje, odredite:
- period i frekvenciju titranja
 - amplitudu
 - najveću akceleraciju
 - ukupnu energiju.
15. Opruga na koju je ovješeno tijelo mase 0,4 kg titra frekvencijom 3 Hz. Kolika će biti frekvencija titranja opruge kad je na nju ovješeno tijelo mase 0,1 kg?
16. Elastičnu oprugu prenesemo na planet gdje je ubrzanje sile teže jednako polovici ubrzanja na Zemlji ($g = g_Z/2$). Period titranja opruge bit će u usporedbi s periodom titranja na Zemlji
- nepromijenjen
 - dva puta veći
 - dva puta manji
 - četiri puta veći
 - četiri puta manji.

17. Kad je na oprugu ovješena masa m , ona titra frekvencijom 0,8 Hz. Ako toj masi dodamo uteg od 0,5 kg, tada opruga titra frekvencijom 0,4 Hz. Koliki je iznos mase m ?
18. Opruga na koju je ovješena uteg titra tako da učini 45 titraja u minuti. Što treba učiniti s masom utega da bi sustav titrao s 30 titraja u minuti?
19. Kad na elastičnu oprugu ovjesimo uteg, duljina opruge iznosi 2 m. Izvedemo li oprugu iz ravnotežnog položaja, ona će titrati periodom 0,62 s. Kolika je duljina opruge ako na nju nije ovješena teret? ($g \approx 10 \text{ m/s}^2$)
20. Tijelo titra harmonijski. Kad je elongacija tijela 4 cm, njegova brzina je 3 cm/s, a kad je elongacija 3 cm, tada tijelo ima brzinu 4 cm/s. Kolika je amplituda, a koliki period titranja?
21. Duž osi x tijelo harmonijski titra po jednadžbi $x = x_0 \sin(\omega t + \theta_0)$, gdje je x udaljenost od ravnotežnog položaja.
- a) U trenutku $t = 0$ tijelo se nalazi u položaju $x = +\frac{1}{2}x_0$ i giba se prema ravnotežnom položaju.
- b) U trenutku $t = 0$ tijelo se nalazi u položaju $x = +\frac{1}{2}x_0$ i giba se od ravnotežnog položaja. Koliki je iznos početnog faznog kuta θ_0 ?
22. Jednadžba gibanja tijela mase 10 g koje titra harmonijski je: $y = 5 \sin\left(\frac{\pi}{5}t + \frac{\pi}{4}\right)$ (sve jedinice su u SI sustavu, dakle m i s). Odredite maksimalnu silu koja djeluje na tijelo i ukupnu energiju titrajnog sustava.
23. Harmonijski oscilator titra tako da su u trenucima $t = 2, 3, 8, 9, 14, 15 \dots$ sekundi elongacije tijela jednake +1 cm.
- a) Koliko iznose period, početna faza i amplituda kojom titra tijelo?
- b) Napišite jednadžbu titranja $y = f(t)$.
24. Na slici je prikazana ovisnost elongacije y o vremenu t za harmonijski oscilator čija se elongacija može prikazati jednadžbom:
- $$y = y_0 \sin(\omega t + \theta_0).$$
- 
- Kolika je početna faza θ_0 ?
- a) 0 b) $\pi/4$ c) π d) $3\pi/2$ e) $\pi/2$
25. Tijelo mase m ovješeno je o oprugu. Tijelo malo povučemo prema dolje i pustimo. Tijelo počinje titrati zbog toga što:
- a) povratna sila obrnuto je proporcionalna pomaku iz ravnotežnog položaja
- b) brzina je obrnuto proporcionalna pomaku
- c) opruga se nalazi u polju sile teže
- d) povratna je sila proporcionalna pomaku iz ravnotežnog položaja
- e) sila je obrnuto proporcionalna pomaku iz ravnotežnog položaja i ima suprotan predznak od sile teže koja djeluje na uteg mase m .

26. Koji graf prikazuje ovisnost brzine u harmonijskog titranja o elongaciji y ?



27. Koji graf prikazuje ovisnost akceleracije a harmonijskog titranja o elongaciji y ?



28. Tijelo titra harmonijski amplitudom 0,2 cm i periodom 0,1 s. Kolika je približno najveća brzina tijela iskazana u ms^{-1} tijekom gibanja?

a) $3,2 \cdot 10^{-5}$ b) $2,2 \cdot 10^{-4}$ c) $2,2 \cdot 10^{-3}$ d) $1,3 \cdot 10^{-1}$ e) $5,2 \cdot 10^{-1}$

29. Kad čestica titra harmonijski, vrijedi:

a) akceleracija čestice i brzina čestice u ravnotežnom položaju su nula
 b) akceleracija čestice i brzina čestice u ravnotežnom položaju imaju najveću vrijednost
 c) akceleracija čestice najveća je u ravnotežnom položaju, a elongacija je nula
 d) u amplitudnom položaju brzina čestice je nula, a akceleracija ima najveću vrijednost
 e) u amplitudnom položaju brzina i akceleracija imaju najveću vrijednost.

30. Kad čestica titra harmonijski, razlika u fazi (u radijanima) između elongacije i brzine čestice iznosi:

a) $\pi/4$ b) $\pi/2$ c) π d) $3\pi/2$ e) 0.

31. Kad čestica titra harmonijski, razlika u fazi (u radijanima) između akceleracije i brzine čestice iznosi:

a) $\pi/4$ b) $3\pi/4$ c) π d) $3\pi/2$ e) 0.

32. Kad čestica titra harmonijski, razlika u fazi (u radijanima) između elongacije i akceleracije čestice iznosi:

a) $\pi/4$ b) $\pi/2$ c) π d) $3\pi/2$ e) 0.

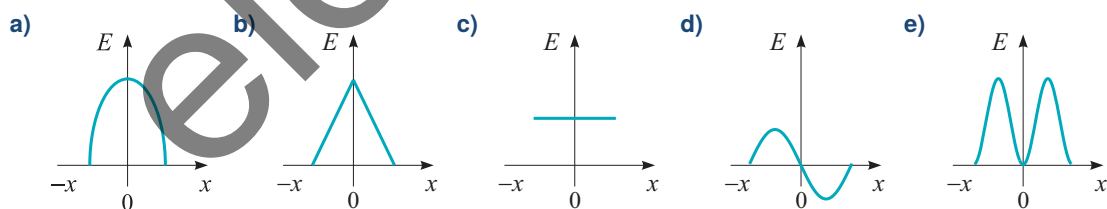
33. Tijelo titra harmonijski amplitudom y_0 i periodom T . Tijelo u trenutku $t = 0$ prolazi kroz ravnotežni položaj, a nakon što prođe vremenski interval $\Delta t = T/8$ biva od njega udaljeno:

a) $y_0/8$ b) $y_0/\sqrt{2}$ c) $y_0/2$ d) $y_0/(2\sqrt{2})$ e) $(2\sqrt{2}y_0)/3$.

34. Ako na oprugu ovjesimo teret dva puta veće mase, konstanta opiranja opruge:

a) poveća se dva puta b) smanji se dva puta c) poveća se četiri puta
 d) smanji se četiri puta e) ostaje nepromijenjena.

35. Tijelo harmonijski titra. Na crtežima je prikazana ovisnost ukupne energije E tijela koje titra u ovisnosti o udaljenosti od ravnotežnog položaja x . Koji crtež prikazuje tu ovisnost?

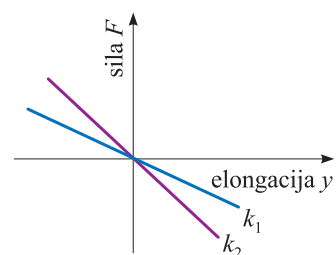


36. Tijelo titra harmonijski po jednadžbi $y = y_0 \sin \omega t$. Koji izrazi prikazuju ukupnu energiju sustava?

1. $\frac{1}{2}ky_0^2$ 2. $\frac{1}{2}F_{\text{maks}}y_0$ 3. $\frac{F_{\text{maks}}}{2k}$ 4. $\frac{1}{2}my_0^2\omega^2$

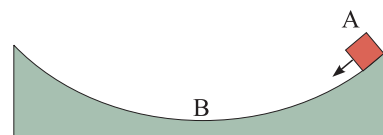
a) svi b) samo 1., 2. i 4. c) nijedan d) samo 1. i 4. e) samo 2. i 4.

37. Na crtežu je prikazana ovisnost harmonijske sile F o pomaku y iz ravnotežnog položaja (elongaciji) za dvije opruge različitih konstanti elastičnosti k_1 i k_2 . Koja opruga ima veću konstantu elastičnosti?



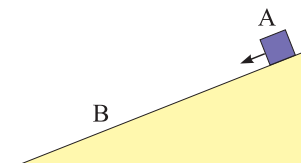
38. Gibanje tijela niz glatku posudu polumjera zakrivljenosti r od položaja A do položaja B prikazano je crtežom. Zaokružite točan odgovor.

- a) Brzina tijela se povećava, a akceleracija mu se smanjuje.
- b) Brzina i akceleracija tijela se povećavaju.
- c) Brzina tijela se povećava, a akceleracija je konstantna.
- d) I brzina i akceleracija tijela ne mijenjaju se.
- e) Brzina tijela se smanjuje, a akceleracija povećava.



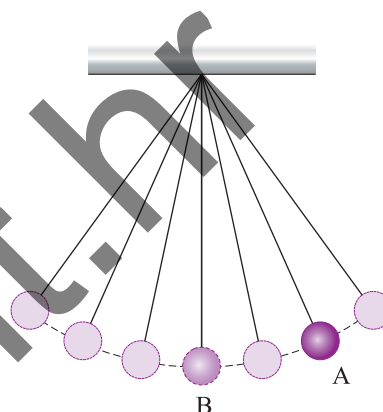
39. Gibanje tijela niz glatku kosinu od položaja A do položaja B prikazano je crtežom. Zaokružite točan odgovor.

- a) Brzina tijela se povećava, a akceleracija mu se smanjuje.
- b) Brzina i akceleracija tijela se povećavaju.
- c) Brzina tijela se povećava, a akceleracija je konstantna.
- d) I brzina i akceleracija tijela ne mijenjaju se.
- e) Brzina tijela se smanjuje, a akceleracija povećava.



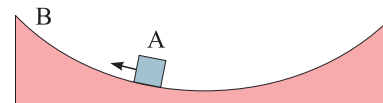
40. Tijelo mase m ovješeno o tanku dugačku nit duljine l (jednostavno njihalo) giba se iz položaja A prema položaju B (crtež). Zaokružite točan odgovor.

- a) Brzina tijela se povećava, a akceleracija mu se smanjuje.
- b) Brzina i akceleracija tijela se povećavaju.
- c) Brzina tijela se povećava, a akceleracija je konstantna.
- d) I brzina i akceleracija tijela ne mijenjaju se.
- e) Brzina tijela se smanjuje, a akceleracija povećava.



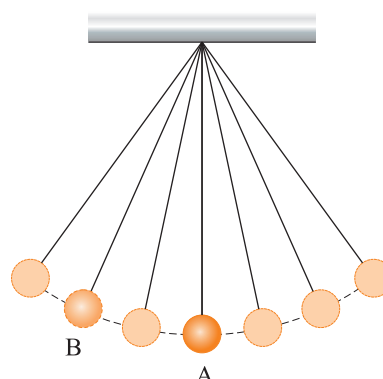
41. Gibanje tijela niz glatku posudu polumjera zakrivljenosti r od položaja A do položaja B prikazano je crtežom. Zaokružite točan odgovor.

- a) Brzina tijela se povećava, a akceleracija se smanjuje.
- b) Brzina i akceleracija tijela se povećavaju.
- c) Brzina tijela se povećava, a akceleracija je konstantna.
- d) I brzina i akceleracija tijela ne mijenjaju se.
- e) Brzina tijela se smanjuje, a akceleracija povećava.



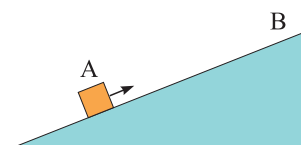
42. Tijelo mase m ovješeno o tanku dugačku nit duljine l (jednostavno njihalo) giba se iz položaja A prema položaju B (crtež). Zaokružite točan odgovor.

- a) Brzina tijela se povećava, a akceleracija se smanjuje.
- b) Brzina i akceleracija tijela se povećavaju.
- c) Brzina tijela se povećava, a akceleracija je konstantna.
- d) Ni brzina ni akceleracija tijela se ne mijenjaju.
- e) Brzina tijela se smanjuje, a akceleracija povećava.

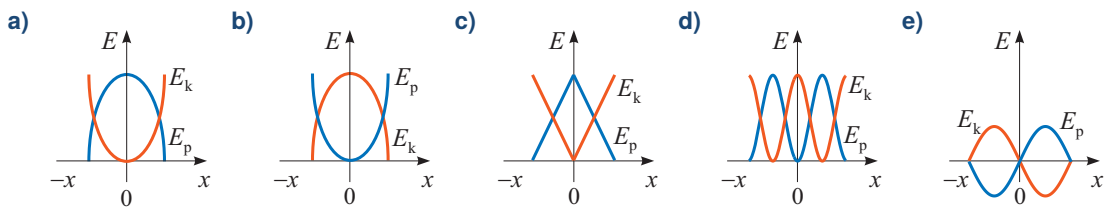


43. Gibanje tijela uz glatku kosinu od položaja A do položaja B prikazano je crtežom. Zaokružite točan odgovor.

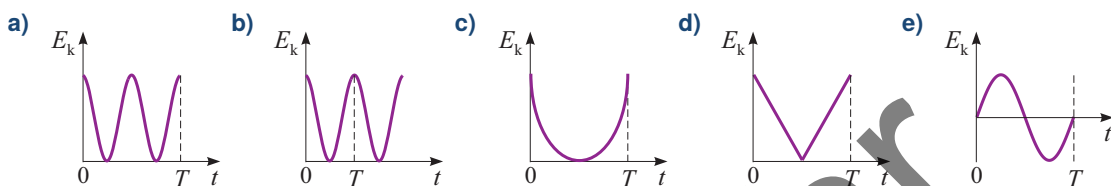
- a) Brzina tijela se povećava, a akceleracija se smanjuje.
- b) Brzina i akceleracija tijela se povećavaju.
- c) Brzina tijela se povećava, a akceleracija je konstantna.
- d) Ni brzina ni akceleracija tijela se ne mijenjaju.
- e) Brzina tijela se smanjuje, a akceleracija povećava.
- f) Brzina tijela se smanjuje, a akceleracija je konstantna.



44. Tijelo harmonijski titra. Na crtežima je prikazana ovisnost kinetičke E_k i potencijalne E_p u ovisnosti o udaljenosti od ravnotežnog položaja x . Koji crtež približno prikazuje tu ovisnost?



45. Tijelo harmonijski titra. Na crtežima je prikazana ovisnost kinetičke E_k u ovisnosti o vremenu t . Koji crtež približno prikazuje tu ovisnost ako se u trenutku $t = 0$ tijelo nalazilo u ravnotežnom položaju?



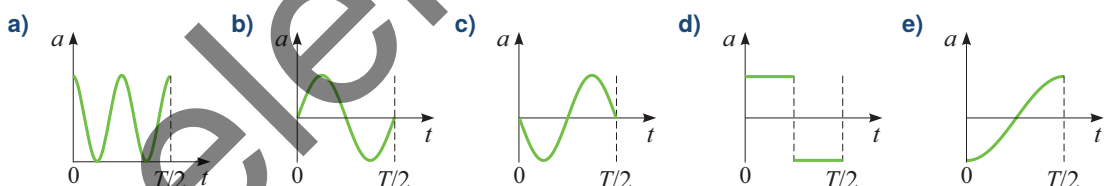
46. Neopterećena opruga ima duljinu s_0 i konstantu opiranja k . Kad na oprugu ovjesimo tijelo mase m , njezina duljina je s_1 . Ako masu podvostručimo, potencijalna se energija povećava za:

a) $\frac{1}{2}k(s_1 - s_0)$ b) $\frac{1}{2}k(s_1 - s_0)^2$ c) $\frac{3}{2}k(s_1 - s_0)^2$ d) $2k(s_1 - s_0)^2$ e) $2k(s_1 - s_0)$.

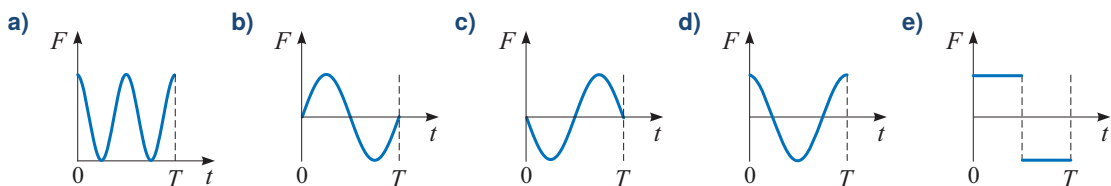
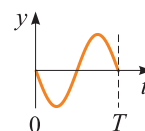
47. Kako se promijeni period titranja nekog tijela koje titra harmonijski ako na njega uz harmonijsku silu djeluje i stalna sila ($\vec{F} = \text{konst.}$)?

- a) poveća se b) smanji se c) ostaje jednaka
d) ne može se izračunati e) postaje ∞

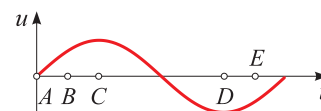
48. Tijelo mase m ovješeno o oprugu titra. Koji od predloženih crteža prikazuje ovisnost akceleracije a o vremenu za pola perioda?



49. Ako je ovisnost elongacije y o vremenu t kod harmonijskog titranja prikazana kao na slici, koji od grafičkih prikaza odgovara ovisnosti harmonijske sile F o vremenu t ?



50. Na grafu je prikazana ovisnost brzine titranja u o vremenu t za harmonijsko titranje. U kojoj je točki prikazanoj na vremenskoj osi akceleracija tijela najveća?



- a) A b) B c) C d) D e) E