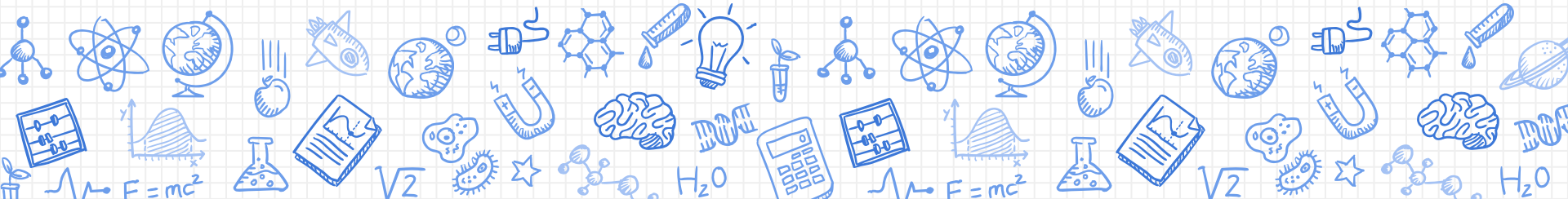


ELEMENTARNA FIZIKA

dr Miloš Marjanović

kabinet 327

milos.marjanovic@elfak.ni.ac.rs



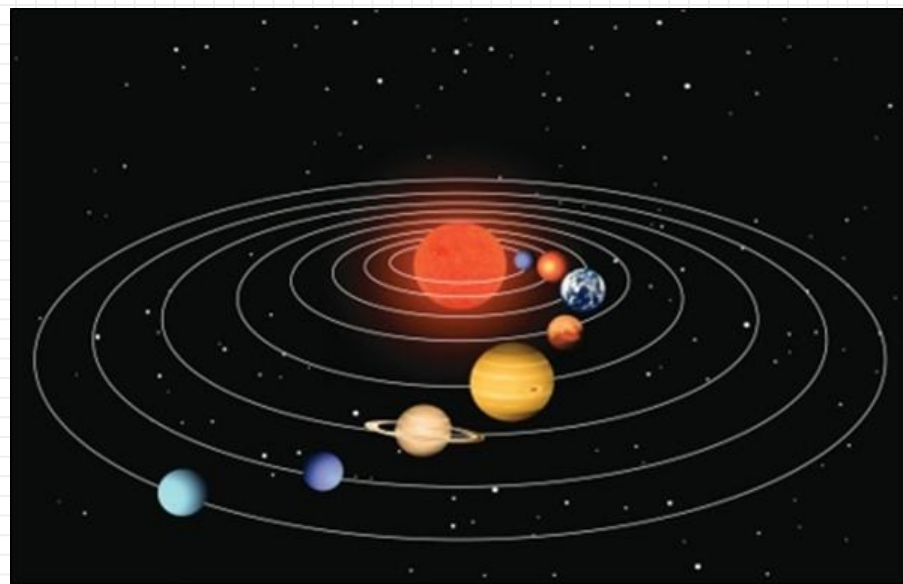
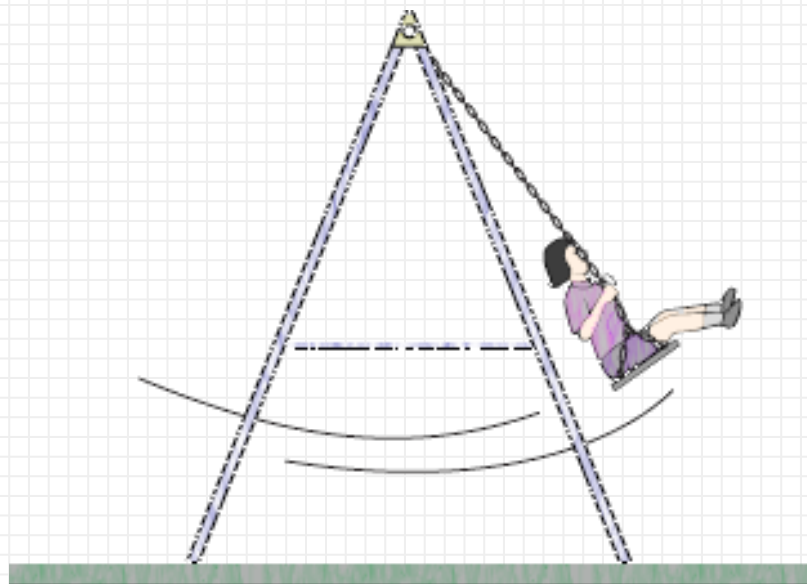
OSCILACIJE



OSCILATORNO KRETANJE

- X Periodično kretanje je kretanje koje se ponavlja u određenim vremenskim intervalima.
- X Periodično kretanje koje se ponavlja na isti način naziva se **oscilatorno kretanje**, a proces *oscilovanje*.
- X **Oscilacija** je jedan ciklus oscilatornog kretanja posle čega se kretanje ponavlja.

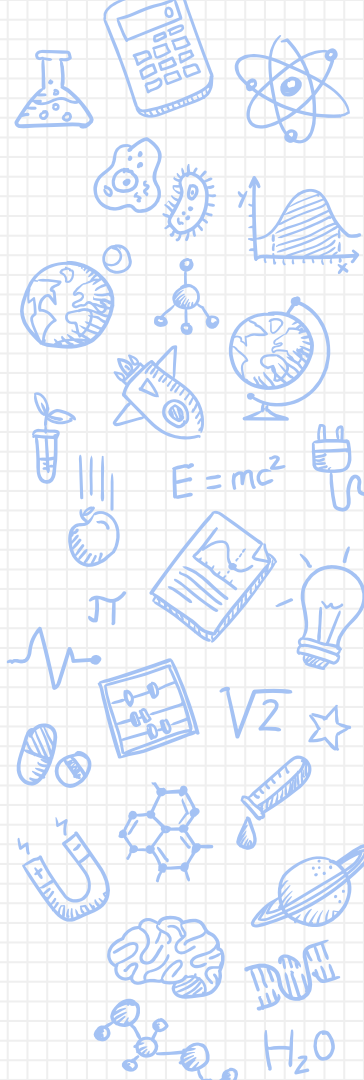




-

VELIČINE KOJE OPISUJU OSCILATORNO KRETANJE

- X Period oscilovanja T [s]** je vreme potrebno da telo izvrši jednu punu oscilaciju.
- X Frekvencija ν [Hz]** je broj oscilacija koje napravi telo za jednu sekundu.
- X Elongacija x [m]** je rastojanje tela od ravnotežnog položaja u nekom trenutku vremena.
- X Amplituda** je maksimalno rastojanje tela od ravnotežnog položaja.
- X Kružna frekvencija ω [rad/s]** $\omega = 2\pi\nu = \frac{2\pi}{T}$



OSCILATORNO KRETANJE

X Najjednostavnija vrsta oscilatornog kretanja je **harmonijsko oscilovanje**. Ono nastaje pod uticajem povratne sile usmerene ka ravnotežnom položaju koja je proporcionalna je elongaciji:

$$\vec{F} = -k\vec{x}$$

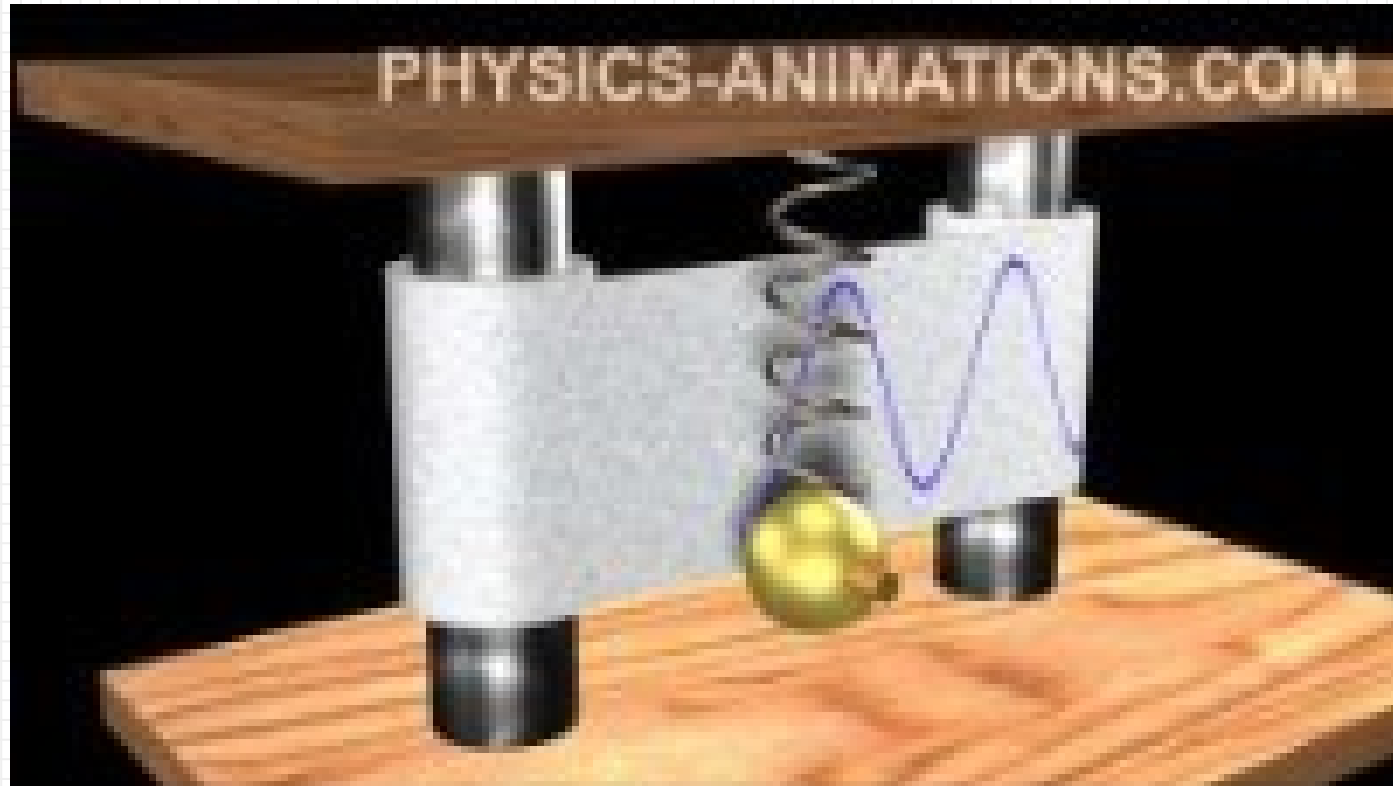
k -konstanta proporcionalnosti



OSCILATORNO KRETANJE

X Linearni harmonijski oscilator predstavlja model linearnog oscilatornog kretanja. Izvedeno iz ravnotežnog položaja, na neku maksimalnu udaljenost (amplituda), telo se vraća u ravnotežni položaj, pod dejstvom restitucione sile F (sila koja uspostavlja početni položaj).





U ovom slučaju ulogu restitucione sile preuzima elastična sila opruge. Po zakonu inercije telo nastavlja da se kreće do maksimalne udaljenosti sa druge strane, nakon čega ga ista sila ponovo vraća u ravnotežni položaj. Nakon toga sledi novi ciklus identičnog kretanja.

Jednačina harmonijskog oscilatora:

$$x = x_0 \sin(\omega t + \varphi_0)$$

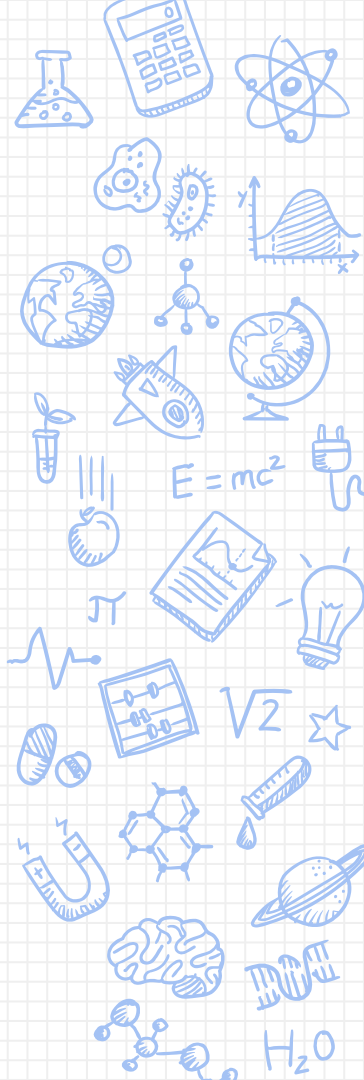
Period oscilovanja:

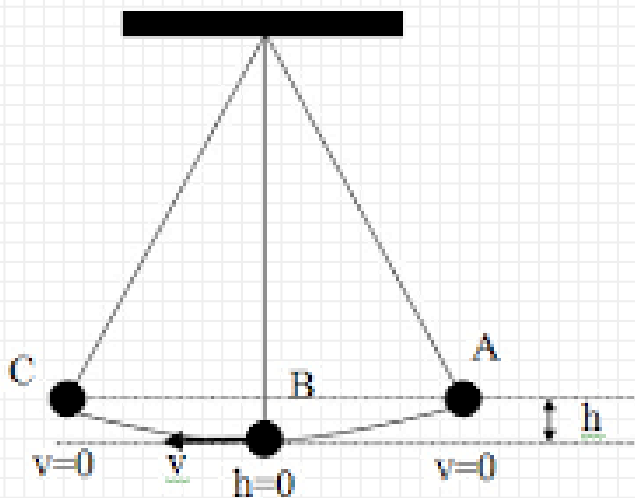
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

$k = m\omega^2$ - krutost opruge – direkciona sila

OSCILATORNO KRETANJE

X Matematičko klatno je kuglica, zanemarljivih dimenzija u odnosu na masu, okačena o neistegljivi konac. Ravnotežni položaj matematičkog klatna podrazumeva da je konac postavljen vertikalno. U ravnotežnom položaju težina kuglice (mg) zateže konac. Ukoliko se matematičko klatno izvede iz ravnotežnog položaja za neki ugao, težina kuglice delom zateže konac, a delom pokušava da vrati kuglicu u ravnotežni položaj.





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

B: $E_k = \max$

$E_p = 0$

A, C: $E_k = 0$

$E_p = \max$

ZADATK 1

Tokom jednog minuta srce naćini 70 otkucaja. Odrediti frekvenciju srćanih otkucaja.



$$t = 1 \text{ min}$$

$$n = 70$$

$$\nu = ?$$

$$\nu = \frac{1}{T}$$

$$T = \frac{t}{n}$$

$$\nu = \frac{1}{\frac{t}{n}} = \frac{n}{t} = \frac{70}{60} = 1.17 \text{ Hz}$$

Metronom načini 20 oscilacija za 5s. Odrediti period i frekvenciju oscilovanja metronoma.



$$n = 20$$

$$t = 5 \text{ s}$$

Period oscilovanja metronoma je:

$$T = \frac{t}{n} = \frac{5}{20} = 0.25 \text{ s}$$

$$T = ?$$

$$\nu = ?$$

Frekvencija oscilovanja metronoma:

$$\nu = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.25} = 4 \text{ Hz}$$

ZADATAK 3

Frekvencija oscilovanja tela u električnom aparatu je 100 Hz . Odrediti period oscilovanja tela. Koliko oscilacija telo načini za 10 s ?



$$\nu = 100 \text{ Hz}$$

$$t = 10 \text{ s}$$

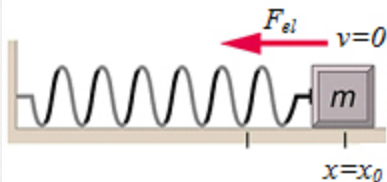
$$T = ?$$

$$n = ?$$

$$T = \frac{1}{\nu} = \frac{1}{100} = 0.01 \text{ s}$$

$$n = \frac{t}{T} = t\nu = 100 \cdot 10 = 1000$$

Energija harmonijskog oscilatora



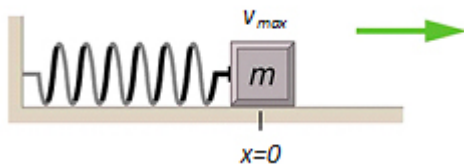
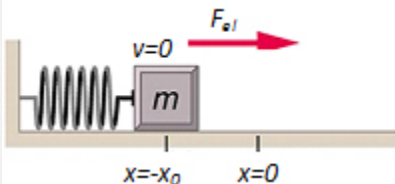
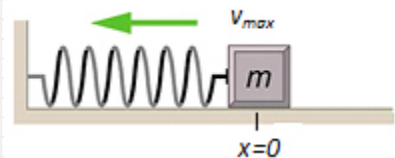
Ukupna energija harmonijskog oscilatora jednaka je zbiru kinetičke i potencijalne energije.

$$E = E_p + E_k$$

$$E_p = \frac{kx^2}{2}$$

$$E_k = \frac{mv^2}{2}$$

$$E = \frac{m\omega^2 x_0^2}{2}$$



Ukupna energija harmonijskog oscilatora ima konstantnu vrednost i srazmerna je kvadratu amplitude oscilovanja.

ZADATAK 4

Kuglica mase 0.01 kg , pričvršćena za metalnu oprugu osciluje u horizontalnoj ravni. Pri prolasku kroz ravnotežni položaj brzina kuglice je 4 m/s . Kolika je ukupna mehanička energija kuglice? Kolika je maksimalna potencijalna energija kuglice koja se postiže tokom kretanja?



$$m = 0.01 \text{ kg}$$

$$v = 4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$E = ?$$

$$E_{\text{pmax}} = ?$$

$$E = \frac{mv^2}{2} = \frac{0.01 \text{ kg} \cdot (4 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{2} = 0.08 \text{ J}$$

Maksimalna potencijalna energija kuglice koja se postiže tokom kretanja jednaka je ukupnoj mehaničkoj energiji:

$$E_{\text{pmax}} = E = 0.08 \text{ J}$$

$$m_1 = 0.5 \text{ kg}$$

$$x_1 = 2 \text{ cm}$$

$$m_2 = 1.5 \text{ kg}$$

$$g = 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$T = ?$$

Period oscilovanja tega mase m_2 je:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m_2}{k}}$$

gde je k konstanta opruge, koja se može naći iz uslova da je elastična sila

$$F_e = k \cdot x_1$$

jednaka težini tega:

$$Q = m_1 \cdot g, \text{ tj. } k \cdot x_1 = m_1 \cdot g$$

$$k = \frac{m_1 \cdot g}{x_1}$$

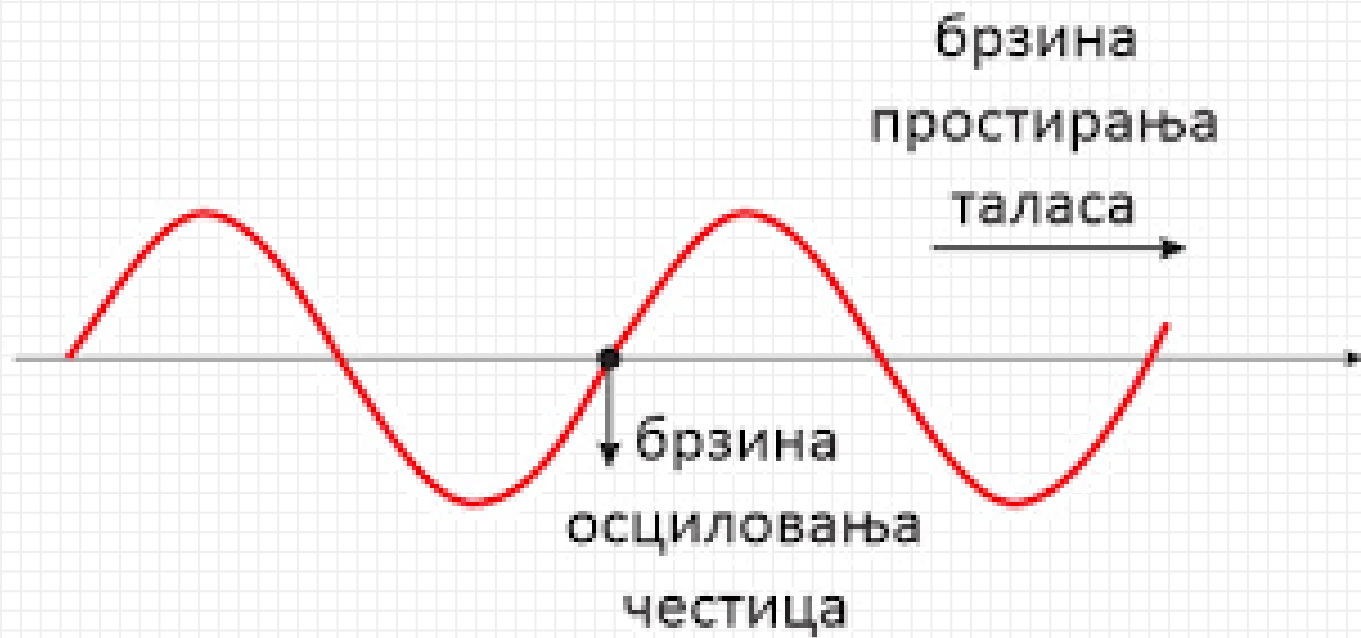
Tako da se konačno dobija:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m_2 \cdot x_1}{m_1 \cdot g}} = 2\pi \sqrt{\frac{1.5 \text{ kg} \cdot 0.02 \text{ m}}{0.5 \text{ kg} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}} = 0.49 \text{ s}$$

TALASNO KRETANJE



-

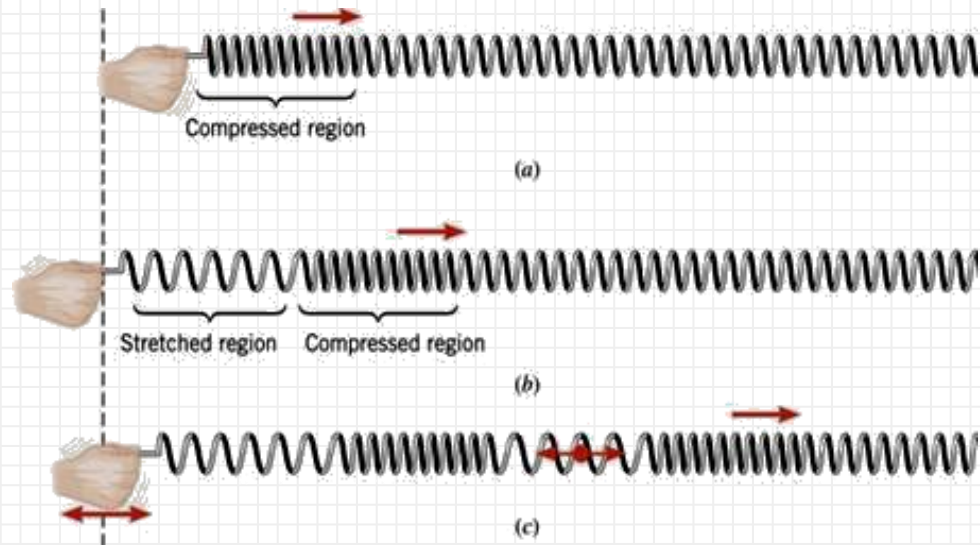
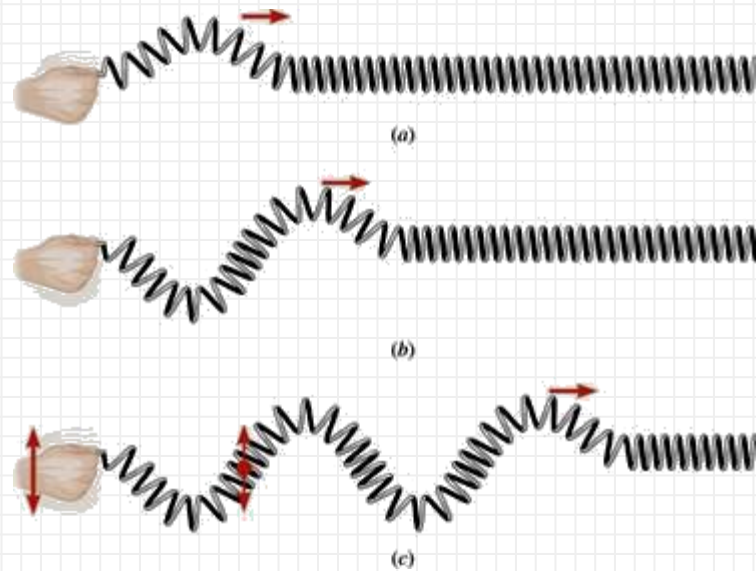


TALASNO KRETANJE

X U zavisnosti od pravca oscilovanja čestica u odnosu na pravac prostiranja talasa, talasi mogu biti:

- X** **poprečni (transverzalni) talasi:** kada čestice sredine osciluju normalno na pravac prostiranja talasa.
- X** **uzdužni (longitudinalni) talasi:** kada čestice sredine osciluju u pravcu prostiranja talasa.





- X** Brzina talasa brojno je jednaka količniku talasne dužine i perioda talasa, ili proizvodu talasne dužine i frekvencije talasa.

$$c = \lambda \cdot v$$

X transverzalnih talasa u zategnutoj žici

$$c = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

F - sila zatezanja, μ - linearna gostina/podužna masa- m/l

X longitudinalnih talasa u štapu

$$c = \sqrt{\frac{E_y}{\rho}}$$

E_y - Jungov modul elastičnosti, ρ - gustina materijala štapa

BRZINA PROSTIRANJA

X longitudinalnih talasa u gasovima

$$c = \sqrt{\frac{p\kappa}{\rho_t}}$$

p - pritisak gasa, ρ_t - gustina gasa na temperaturi t ($^{\circ}\text{C}$), κ - adijabatska konstanta, odnosno odnos specifičnih toplotnih kapaciteta pri konstantnom pritisku i konstantnoj zapremini



-

$$\nu = 3400 \text{ Hz}$$

$$c = 340 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

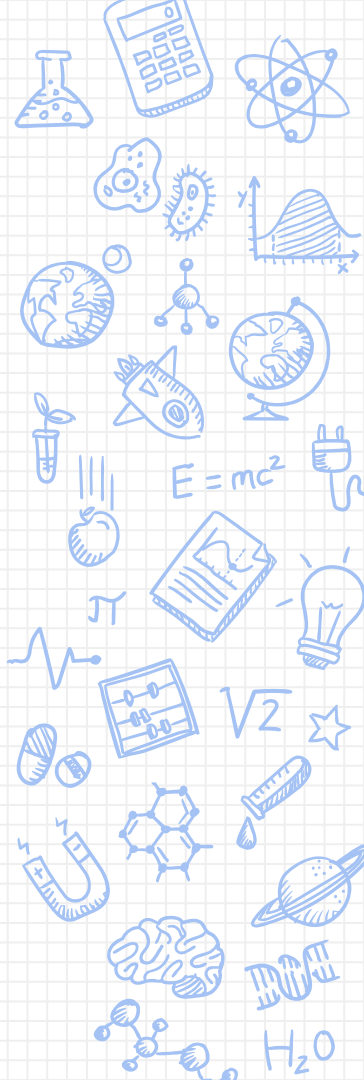
$$\lambda = ?$$

Talasna dužina zvučnog talasa je:

$$\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{340 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{3400 \text{ Hz}} = 0.1 \text{ m}$$

ZADATAK 2

Čelična žica, dužine $l = 0.5 \text{ m}$ i prečnika $d = 0.1 \text{ mm}$, zategnuta je tegom mase $m = 15 \text{ kg}$. Kolika je frekvencija osnovnog tona? Gustina čelika je $\rho = 7800 \text{ kgm}^{-3}$, a ubrzanje Zemljine teže $g = 9.81 \text{ ms}^{-2}$.



$$l = 0.5 \text{ m}$$

$$d = 0.1 \text{ mm}$$

$$m = 15 \text{ kg}$$

$$\rho = 7800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$g = 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$v = ?$$

Brzina transverzalnog talasa u zategnutoj žici je:

$$c = \sqrt{\frac{F}{\mu}},$$

gde je F sila zatezanja, a $\mu = \frac{m_1}{l}$ podužna masa (masa po jedinici dužine).

Iz uslova zadatka je:

$$F = m \cdot g, \quad \mu = \frac{m_1}{l} = \frac{\rho V}{l} = \frac{\rho \pi l d^2}{4l} = \frac{\rho \pi d^2}{4}$$

tako da se dobija:

$$c = \sqrt{\frac{4mg}{\rho \pi d^2}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 15 \text{ kg} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{7800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 3.14 \cdot (0.0001 \text{ m})^2}} = 1550.24 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Frekvencija osnovnog tona je:

$$v = \frac{c}{2l} = \frac{1550.24 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2 \cdot 0.5 \text{ m}} = 1550.24 \text{ Hz}$$

ZADATAK 3

Žica dužine $l = 40$ cm, zategnuta je i učvršćena na oba kraja. Pri oscilovanju, žica daje osnovni ton frekvencije $\nu = 300$ Hz. Kolika je frekvencija najnižeg tona koji može da daje žica, ako se njena dužina smanji za $\Delta l = 10$ cm, a zategnutost ostane ista?



$$l = 40 \text{ cm}$$

$$\nu = 300 \text{ Hz}$$

$$\Delta l = 10 \text{ cm}$$

$$\nu_1 = ?$$

Za ton osnovne frekvencije zategnute žice dužine l važi uslov:

$$l = \frac{\lambda}{2} = \frac{c}{2\nu} \Rightarrow c = 2l\nu$$

gde je λ talasna dužina stojećeg talasa formiranog u žici, a c brzina prostiranja talasa u njoj.

Kada je dužina žice $l_1 = l - \Delta l$, onda se ton osnovne frekvencije može napisati:

$$l_1 = \frac{\lambda_1}{2} = \frac{c}{2\nu_1} = l - \Delta l \Rightarrow c = 2\nu_1(l - \Delta l)$$

Na osnovu ovih izraza se dobija:

$$2l\nu = 2\nu_1(l - \Delta l) \Rightarrow \nu_1 = \frac{\nu \cdot l}{l - \Delta l} = 400 \text{ Hz}$$

ZADATAK 4

Otvorena staklena cev delimično potopljena u tečnost normalno na njemu slobodnu površinu. Najmanja frekvencija na kojoj rezonira vazdušni stub u cevi je $\nu_1 = 340$ Hz. Za koliko treba skratiti vazdušni stub u cevi da bi rezonirao na najmanjoj frekvenciji od $\nu_2 = 5000$ Hz? Brzina prostiranja zvuka u vazduhu je $c = 340 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.



$$\nu_1 = 340 \text{ Hz}$$

Uslov za rezonanciju ovakvog stuba dužine l je:

$$\nu_2 = 5000 \text{ Hz}$$

$$l_n = (2 \cdot n + 1) \frac{\lambda}{4},$$

$$c = 340 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

gde je $n = 0, 1, 2, \dots$

Za frekvenciju ν_1 je:

$$\Delta l = ?$$

$$l = \frac{c}{4 \nu_1}$$

a za frekvenciju ν_2 je:

$$l - \Delta l = \frac{c}{4 \nu_2}$$

gde je Δl skraćenje vazdušnog stuba.

Oduzimanjem poslednje dve jednačine dobija se:

$$\Delta l = \frac{c}{4} \left(\frac{1}{\nu_1} - \frac{1}{\nu_2} \right) = \frac{340 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{4} \left(\frac{1}{340 \text{ Hz}} - \frac{1}{5000 \text{ Hz}} \right) = 23.3 \text{ cm}$$

FOTOMETRIJA



- **Svetlosni fluks**– količina svetlosne energije koja se u jedinici vremena prenese kroz datu površinu, tj. u datom prostornom uglu. Vizuelna jedinica je **lm** – lumen.
- **Intenzitet (jačina) svetlosti**– energija emitovana u jedinici vremena po jedinici prostornog ugla, tj. odnos fluksa i prostornog ugla (Ω), ako je svetlosni fluks u svim pravcima isti (jedinica je **cd** – kandela):

$$I = \frac{\Phi}{\Omega}$$

- **Osvetljenost** je mera za intenzitet svetlosti koja pada na određenu površinu, vizuelna jedinica je **lx** – luks. Srednja vrednost osvetljenosti je:

$$E_s = \frac{\Phi}{S}$$

- Osvetljenost površine koja je na udaljenosti r od svetlosnog izvora (θ – ugao između normale na površinu koja se osvetljava i pravca prostiranja svetlosti):

$$E = \frac{I}{r^2} \cos \theta$$