

UVOD U MODERNU FIZIKU

1. KOLOKVIJ - GRUPA A

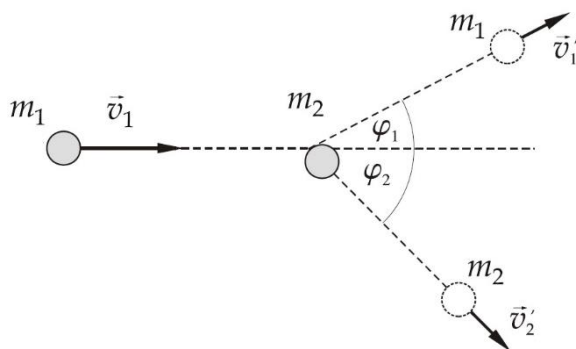
Ime i prezime _____ Grupa (Vježbe G1 ili G2) _____ Broj bodova _____

Upute za pisanje kolokvija:

- Pri rješavanju zadataka pazite na zapis *fizikalnih veličina* (iznos i mjerna jedinica).
- Konačni rezultat zaokružite na **dvije decimale**.
- U zagradi pored zadatka je broj bodova.
- Za prolazak je potrebno skupiti **minimalno 10 bodova** od ukupno 32 boda.

Zadatak 1 (5 bodova): Automobil se giba stalnom brzinom $v_0 = 72 \text{ kmh}^{-1}$, te najednom počne kočiti i nakon 5,2 s kočenja prijeđe dvostruko dulji put od onog kojeg je prešao u prvih 2,1 s kočenja. Izračunaj usporenje (deceleraciju) automobila. Nakon kojeg vremena će automobil stati?

Zadatak 2 (6 bodova): Biljarska kugla nalijeće na drugu mirujuću biljarsku kuglu iste mase, brzinom 6 ms^{-1} . Prvoj se kugli nakon sudara smanjila brzinu na 4 ms^{-1} , a druga se kugla nakon sudara počela gibati pod kutom $\varphi_2 = 41,81^\circ$. Odredite smjer prve kugle i brzinu druge kugle! Zanemarite trenje između biljarskih kugli i stola te pretpostavite da je sudar savršeno elastičan.



Zadatak 3 (5 bodova): Superbrzi automobil prođe pored nas brzinom $v = 0,56 c$. Izmjerimo mu duljinu 5,8 m i visinu 1,2 m. Koliko iznose duljina i visina u vlastitom sustavu automobila?

Zadatak 4 (5 bodova): Uteg mase m titra na opruzi periodom $T = 1 \text{ s}$ i amplitudom $A = 0,2 \text{ m}$. Pomoću zakona očuvanja energije odredite brzinu utega pri elongaciji koja je jednaka polovini amplitude.

Zadatak 5 (5 bodova): Izvor zvuka frekvencija $f = 4000 \text{ Hz}$, udaljava se od promatrača brzinom 40% manjom od brzine zvuka. Koliku frekvenciju čuje taj promatrač?

Zadatak 6 (6 bodova): Dva vala jednakih amplituda $A = 10 \text{ cm}$, valnih duljina $\lambda = 50 \text{ cm}$ i brzina širenja v , šire se istim pravcem s geometrijskom razlikom hoda $\delta = 25 \text{ cm}$. Izračunajte

- a) kolika je fazna razlika između ta dva vala?
- b) koliko iznosi rezultantna amplituda?

UVOD U MODERNU FIZIKU

1. KOLOKVIJ - GRUPA B

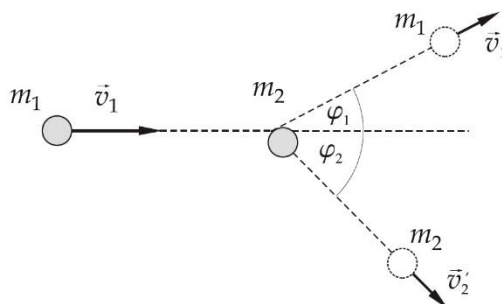
Ime i prezime _____ Grupa (Vježbe G1 ili G2) _____ Broj bodova _____

Upute za pisanje kolokvija:

- Pri rješavanju zadataka pazite na zapis *fizikalnih veličina* (iznos i mjerna jedinica).
- Konačni rezultat zaokružite na **dvije decimale**.
- U zagradi pored zadatka je broj bodova.
- Za prolazak je potrebno skupiti **minimalno 10 bodova** od ukupno 32 boda.

Zadatak 1 (5 bodova): Automobil se giba stalnom brzinom $v_0 = 36 \text{ kmh}^{-1}$, te najednom počne ubrzavati i nakon 3,2 s ubrzavanja prijeđe 70% dulji put od onog kojeg je prešao u prvih 2,3 s ubrzavanja. Izračunaj ubrzanje automobila. Koliki put će automobil prevaliti nakon 5 s ubrzavanja?

Zadatak 2 (6 bodova): Biljarska kugla naliće na drugu mirujuću biljarsku kuglu dvostruko veće mase, brzinom 4 ms^{-1} . Ako je prva kugla nakon sudara promijenila smjer gibanja za $\varphi_1 = 30^\circ$ i smanjila brzinu na 3 ms^{-1} , odredite smjer i brzinu druge kugle! Zanimarite trenje između biljarskih kugli i stola te pretpostavite da je sudar savršeno elastičan.



Zadatak 3 (5 bodova): Pri kolikoj brzini rakete vremenski interval za promatrača na Zemlji postaje 75% dulji od vlastitog vremenskog intervala?

Zadatak 4 (5 bodova): Uteg mase m titra na opruzi periodom $T = 1 \text{ s}$ i amplitudom $A = 0,2 \text{ m}$. Pomoću jednadžbe titranja jednostavnog harmonijskog oscilatora odredite brzinu utega pri elongaciji koja je jednaka polovini amplitude.

Zadatak 5 (5 bodova): Dječak stoji na autobusnoj stanici te se prema njemu približavaju kola Hitne pomoći brzinom 108 kmh^{-1} . Ako je frekvencija emitiranog zvuka $f = 10\,000 \text{ Hz}$, koliku će frekvenciju zvuka čuti dječak? Brzina zvuka je $v_z = 340 \text{ ms}^{-1}$.

Zadatak 6 (6 bodova): Superpozicijom sinusnog vala

$$s_1(x, t) = 10 \text{ cm} \sin\left(5 \text{ s}^{-1} \cdot t - \frac{1}{10} \text{ cm}^{-1} \cdot x\right)$$

i pripadnog mu drugog vala $s_2(x, t)$, formirao se stojni val. Čvor titranja je u točki $x_1 = 15 \text{ cm}$. Kako glasi potpuna jednadžba vala $s_2(x, t)$ kojeg smo pribrojili valu $s_1(x, t)$?

UVOD U MODERNU FIZIKU

2. KOLOKVIJ - GRUPA A

Ime i prezime _____ Grupa (Vježbe G1 ili G2) _____ Broj bodova _____

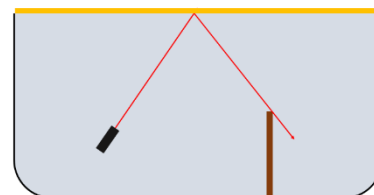
Upute za pisanje kolokvija:

- Pri rješavanju zadataka pazite na zapis *fizikalnih veličina* (iznos i mjerna jedinica).
- Konačni rezultat zaokružite na **dvije decimale**.
- U zagradi pored zadatka je broj bodova.
- Za prolazak je potrebno skupiti **minimalno 10 bodova** od ukupno 32 boda.

Zadatak 1 (6 bodova): U idealnom titrajnom krugu nalazi se zavojnica induktiviteta $L = 0,2 \text{ H}$ i kondenzator kapaciteta $C = 5 \mu\text{F}$. Maksimalna struja koja protječe zavojnicom je $I_0 = 2 \text{ A}$.

- a) Koliki je maksimalni naboj na kondenzatoru, Q_0 ?
- b) Koliki je naboj na kondenzatoru u trenutku kada je jakost struje 1 A ?
- c) Nađite funkciju ovisnosti naboja na kondenzatoru u vremenu, ako je u početnom trenutku kondenzator bio nabijen pozitivnim nabojem Q_0 i onda spojen u krug! Početna faza je $\varphi_0 = \frac{\pi}{6} \text{ rad}$.
- d) Kolika je jakost struje u trenutku $t = 1 \text{ ms}$?

Zadatak 2 (5 bodova): Laserska zraka ispaljena ispod površine jezera ($n_v = 1,33$) totalno se reflektira na granici sa uljem ($n_u = 1,2$) razlivenim na površini jezera, te pada na vertikalni stup visine 2 m . Kolika će biti duljina njegove sjene?



Zadatak 3 (5 bodova): Za koliko će biti pomaknuta slova ako ih čitamo kroz staklenu planparalelnu ploču debljine 10 cm i pritom gledamo pod kutom 45° prema okomici? Indeks loma stakla je $1,5$.

Zadatak 4 (5 bodova): Koliki je polumjer n -te staze elektrona u atomu vodika ako je poznato da pri prijelazu na niže energijsko stanje $m = 2$ ovaj atom emitira fotone valne duljine 411 nm ?

Zadatak 5 (5 bodova): U vodu ($n = 1,33$) uronjena je planparalelna ploča od materijala sa indeksom loma $1,7$. Na površinu vode upada zraka prirodne svjetlosti pod kutom polarizacije. Koliki kut mora zatvarati planparalelna ploča s površinom vode da zraka svjetlosti, reflektirana od te ploče, bude totalno polarizirana?

Zadatak 6 (6 bodova): Magnetsko polje monokromatskog ravnog vala u vakuumu je zadano slijedećim izrazom:

$$\vec{B} = \vec{i} 9 \cdot 10^{-9} \text{ T} \sin \left[\pi \cdot 10^{15} \text{ s}^{-1} \left(t - \frac{y}{3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}} \right) \right]$$

- a) Odredite frekvenciju, valnu duljinu, valni broj, brzinu i smjer širenja EM vala.
- b) Odredite izraz za pridruženo električno polje $\vec{E}$?

UVOD U MODERNU FIZIKU

2. KOLOKVIJ – GRUPA B

Ime i prezime _____ Grupa (Vježbe G1 ili G2) _____ Broj bodova _____

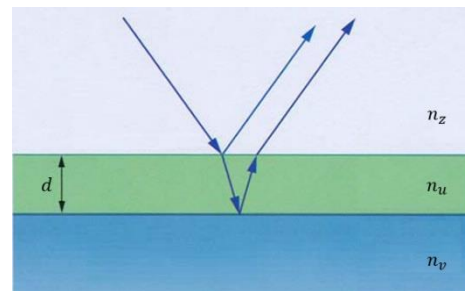
Upute za pisanje kolokvija:

- Pri rješavanju zadataka pazite na zapis *fizikalnih veličina* (iznos i mjerna jedinica).
- Konačni rezultat zaokružite na **dvije decimalne**.
- U zagradi pored zadatka je broj bodova.
- Za prolazak je potrebno skupiti **minimalno 10 bodova** od ukupno 32 boda.

Zadatak 1 (5 bodova): Kolika je valna duljina elektromagnetskog vala u vakuumu čija je frekvencija $6 \cdot 10^{14}$ Hz? U koji spektar spadaju? Kolike su frekvencija, brzina širenja vala i valna duljina tog vala u nemagnetskom sredstvu relativne permitivnosti $\epsilon_r = 4$?

Zadatak 2 (5 bodova): Kod Youngova pokusa udaljenost pukotina je 4 mm, a udaljenost pukotina od zastora na kojem se promatraju pruge interferencije jest 1,6 m. Udaljenost prve svijetle pruge od centralne pruge je 2 mm. Kolika je duljina vala λ ako je upotrijebljena monokromatska svjetlost?

Zadatak 3 (6 bodova): Na tanki sloj ulja ($n_u = 1,25$) razlivenog na vodi ($n_v = 1,33$) upada bijela svjetlost pod kutom 55° i djelomično se reflektira s gornje i s kontaktne površine. Pri kojoj će minimalnoj debljini sloja ulja crvena svjetlost biti maksimalno pojačana ($\lambda = 700$ nm)?



Zadatak 4 (5 bodova): Na visini od $h = 200$ m želimo postaviti optički kabel tj. svjetlovod od polimernog materijala ($n_2 = 1,15$). Indeks loma zraka mijenja se u ovisnosti o nadmorskoj visini po zakonu $n_1 = 1 + 0,00029e^{-\frac{h}{7000 \text{ m}}}$. Pod kojim kutom u odnosu na os kabela mora upasti svjetlost da bi se svjetlosni snop njime širio kao svjetlovodom? Nacrtajte sliku i objasnite rezultate!

Zadatak 5 (5 bodova): Koliko pukotina na jednom milimetru duljine ima optička rešetka ako se zelena živina linija ($\lambda = 5,4 \cdot 10^{-7}$ m) vidi u spektru prvog reda pod kutom $25^\circ 36'$?

Zadatak 6 (6 bodova): Atomi vodika koji se nalaze u osnovnom energijskom stanju pobuđuju se ultraljubičastim (UV) zračenjem, zbog čega emitiraju 6 spektralnih linija.

- a) Izračunajte valnu duljinu upadnog ultraljubičastog zračenja.
- b) Izračunajte i valne duljine emitiranog zračenja (valne duljine svih 6 emitiranih spektralnih linija).

1. KOLOKVIJ - GRUPA (A)

$$1. v_0 = 72 \text{ km/h} = 72 \cdot \frac{1000}{3600} \text{ m/s} = 20 \text{ m/s}$$

$$t_1 = 2,1 \text{ s}$$

$$t_2 = 5,2 \text{ s}$$

$$s_2 = 2s_1$$

a) $a = ?$ ($a < 0$)

b) $t_3(v=0) = ?$

$$a) \left. \begin{aligned} s_1 &= s_0 + v_0 \cdot t_1 + a \cdot \frac{t_1^2}{2} \\ s_2 &= s_0 + v_0 \cdot t_2 + a \cdot \frac{t_2^2}{2} \end{aligned} \right\}$$

$$s_2 = 2s_1$$
$$v_0 t_2 + a \frac{t_2^2}{2} = 2(v_0 t_1 + a \frac{t_1^2}{2})$$

$$v_0 t_2 + a \frac{t_2^2}{2} = 2v_0 t_1 + a t_1^2$$

$$a \left(\frac{t_2^2}{2} - t_1^2 \right) = v_0 (2t_1 - t_2) / (-1)$$

$$a = v_0 \frac{(2t_1 - t_2)}{\left(\frac{t_2^2}{2} - t_1^2 \right)}$$

$$a = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \frac{2 \cdot 2,1 \text{ s} - 5,2 \text{ s}}{\frac{(5,2 \text{ s})^2}{2} - (2,1 \text{ s})^2}$$

$$a = -2,195 \text{ m/s}^2$$

b) $v = v_0 + a \cdot t_3 = 0 / : a$

$$t_3 = -\frac{v_0}{a} = \frac{20 \text{ m/s}}{2,195 \text{ m/s}^2} = 9,112 \text{ s}$$

2

$$m_1 = m_2 = m$$

$$v_1 = 6 \text{ m/s}, \quad v_2 = 0 \text{ m/s}$$

$$v_1' = 4 \text{ m/s}$$

$$\theta_2 = 41,81^\circ$$

$$\theta_1 = ? \quad v_2' = 0$$

ZOKG:

$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}_1' + \vec{p}_2'$$

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{v}_1' + m_2 \vec{v}_2' \quad / : m = m_1 = m_2$$

$$\vec{v}_1 = \vec{v}_1' + \vec{v}_2'$$

$$v_{1x} = v_{1x}' + v_{2x}'$$

$$v_{1y} = v_{1y}' - v_{2y}'$$

$$\begin{aligned} v_1 &= v_1' \cos \theta_1 + v_2' \cos \theta_2 \rightarrow v_1' \cos \theta_1 = v_1 - v_2' \cos \theta_2 \quad / ^2 \\ 0 &= v_1' \sin \theta_1 - v_2' \sin \theta_2 \rightarrow v_1' \sin \theta_1 = v_2' \sin \theta_2 \quad / ^2 \end{aligned}$$

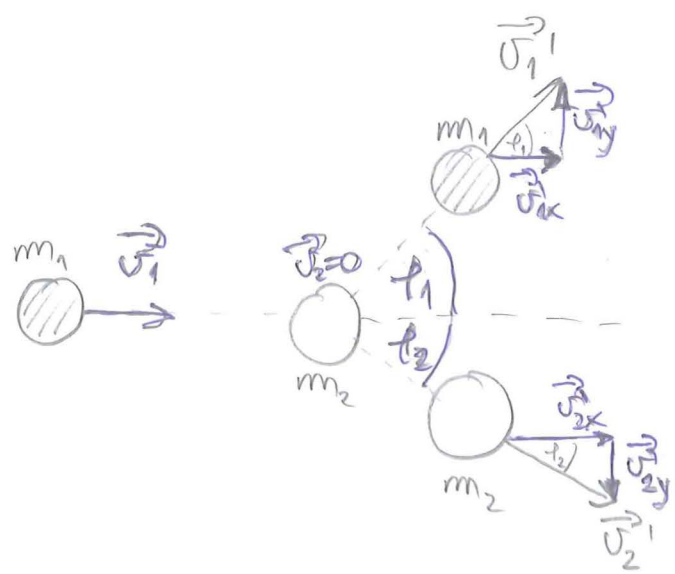
$$(v_1')^2 = (v_1)^2 - 2v_1 v_2' \cos \theta_2 + \underbrace{(v_2')^2 \cos^2 \theta_2 + (v_2')^2 \sin^2 \theta_2}_{=(v_2')^2}$$

$$(v_1')^2 = (v_1)^2 - 2v_1 v_2' \cos \theta_2 + (v_2')^2$$

$$(v_2')^2 - 2v_1 \cos \theta_2 \cdot (v_2') + [(v_1)^2 - (v_1')^2] = 0$$

$$(v_2')^2 - 2 \cdot 6 \cdot \cos(41,81^\circ) \cdot (v_2') + [6^2 - 4^2] = 0$$

$$(v_2')^2 - 8,944(v_2') + 20 = 0$$



$$(v_2')_{1,2} = \frac{8,944 \pm \sqrt{(8,944)^2 - 4 \cdot 1 \cdot 20}}{2} = \frac{8,944}{2} = 4,472 \text{ m/s}$$

$$\boxed{v_2' = 4,472 \text{ m/s}}$$

$$\text{iz } v_1' \cdot \sin \theta_1 = v_2' \cdot \sin \theta_2 \quad / : v_1' / \text{arc sin}$$

$$\theta_1 = \text{arc sin} \left[\frac{v_2'}{v_1'} \cdot \sin \theta_2 \right]$$

$$\theta_1 = \text{arc sin} \left[\frac{4,472}{4} \cdot \sin(41,81^\circ) \right]$$

$$\boxed{\theta_1 = 48,187^\circ}$$

3

$$v = 0,56c$$

$$d = 5,8 \text{ m}$$

$$h = 1,2 \text{ m}$$

} dužina će se kontrahirati samo u smjeru gibanja!

$$d_0 = ? \quad h_0 = ?$$

$$d = d_0 \cdot \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \quad / : (\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}})$$

$$\boxed{d_0 = \frac{d}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{5,8 \text{ m}}{\sqrt{1 - \left(\frac{0,56c}{c}\right)^2}} = 7 \text{ m}}$$

$$\boxed{h_0 = h = 1,2 \text{ m}}$$

4.

$$T = 1s$$

$$A = 0,2m$$

$$x_1 = \frac{1}{2} A$$

$$v_1 = ?$$

ZOE: $E_{meh} = K + U = \text{const.}$

$$E_{meh} = K_1 + U_1$$

$\swarrow$
 $\frac{m \cdot v_1^2}{2}$

$\searrow$
 $\frac{k \cdot x_1^2}{2}$

iz A:

$$U_{max} = \frac{k \cdot A^2}{2}$$

$$\frac{k \cdot A^2}{2} = \frac{m \cdot v_1^2}{2} + \frac{k \cdot x_1^2}{2} \quad | \cdot 2$$

$$m v_1^2 = k A^2 - k x_1^2 \quad | : m \sqrt{\quad}$$

$$v_1 = \sqrt{\underbrace{\left(\frac{k}{m}\right)}_{?} \left(A^2 - \frac{1}{4} A^2\right)}$$

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

$\left. \begin{array}{l} \omega = \frac{2\pi}{T} \\ \omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \end{array} \right\}$

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

$\frac{k}{m} = \frac{4\pi^2}{T^2}$

$$v_1 = \sqrt{\frac{4\pi^2}{T^2} \cdot \frac{3}{4} A^2}$$

$$v_1 = \frac{\pi \cdot A}{T} \cdot \sqrt{3} = \frac{\pi \cdot 0,2m}{1s} \cdot \sqrt{3}$$

$v_1 = 1,088 \text{ m/s}$

5.

$$f = 4000 \text{ Hz}$$

$$v_I = 0,6 v_Z$$

$$v_D = 0$$

I se udaljava od D: $v_I < 0$
 $\Rightarrow$ očekujemo $f' < f$!

$$f' = ?$$

$$f' = \frac{v_Z + v_D}{v_Z - v_I} \cdot f = \frac{v_Z}{v_Z + v_I} \cdot f = \frac{v_Z}{v_Z + 0,6 v_Z} \cdot f = \frac{1}{1,6} f$$

$$f' = 2500 \text{ Hz}$$

6.

$$A_1 = A_2 = A = 10 \text{ cm} = 0,1 \text{ m}$$

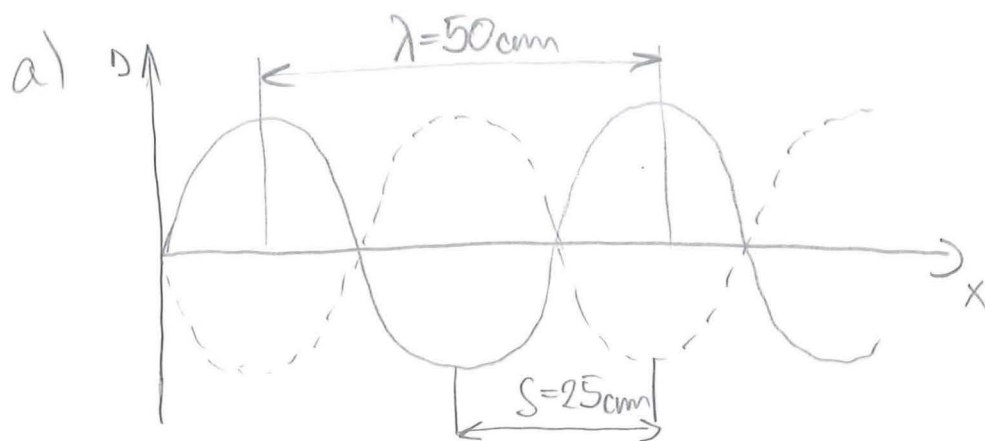
$$\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda = 50 \text{ cm} = 0,5 \text{ m}$$

$$v_1 = v_2 = v$$

$$S = 25 \text{ cm}$$

$$a) \Delta \varphi = ?$$

$$b) A' = ?$$



$$\frac{\Delta \varphi}{2\pi \text{ rad}} = \frac{S}{\lambda} \Rightarrow \Delta \varphi = 2\pi \text{ rad} \cdot \frac{25 \text{ cm}}{50 \text{ cm}} = \pi \text{ rad} = 180^\circ$$

$$c) \quad r_1(x, t) = A_1 \cdot \sin(\omega_1 t - k_1 x + \varphi_{01})$$

$$r_2(x, t) = A_2 \cdot \sin(\omega_2 t - k_2 x + \varphi_{02})$$

$$A_1 = A_2 = A \rightarrow \text{iste amplitude}$$

$$\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda \Rightarrow k_1 = k_2 = k \rightarrow \text{isti valni broj}$$

$$v_1 = v_2 = v$$

$$v = \lambda \cdot f \quad | : \lambda$$

$$f = \frac{v}{\lambda} \Rightarrow f_1 = f_2 = f \Rightarrow T_1 = T_2 = T \Rightarrow \omega_1 = \omega_2 = \omega \rightarrow \text{ista kružna frekvencija}$$

$$r_1(x, t) = A \cdot \sin(\omega t - kx + \varphi_{01})$$

$$r_2(x, t) = A \cdot \sin(\omega t - kx + \varphi_{02})$$

$$r(x, t) = r_1(x, t) + r_2(x, t)$$

$$= A \cdot \sin(\underbrace{\omega t - kx + \varphi_{01}}_A) + A \cdot \sin(\underbrace{\omega t - kx + \varphi_{02}}_B)$$

$$= A \cdot [\sin A + \sin B]$$

$$\sin(A) + \sin(B) = 2 \sin\left(\underbrace{\frac{A+B}{2}}_{=?}\right) \cos\left(\underbrace{\frac{A-B}{2}}_{=?}\right)$$

$$\begin{aligned}\frac{\Delta + B}{2} &= \frac{1}{2} \left[\omega t - kx + \phi_1 + \omega t - kx + \phi_2 \right] \\ &= \frac{1}{2} \left[2\omega t - 2kx + \phi_1 + \phi_2 \right] \\ &= \omega t - kx + \frac{\phi_1 + \phi_2}{2} //\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\frac{\Delta - B}{2} &= \frac{1}{2} \left[\omega t - kx + \phi_1 - \omega t + kx - \phi_2 \right] \\ &= \frac{1}{2} (\phi_1 - \phi_2) \\ &= \frac{\phi_1 - \phi_2}{2} //\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}n(x,t) &= 2A \cdot \sin \left[\omega t - kx + \frac{\phi_1 + \phi_2}{2} \right] \cdot \underbrace{\cos \left[\frac{\phi_1 - \phi_2}{2} \right]} \\ &= \cos \left[- \left(\frac{\phi_2 - \phi_1}{2} \right) \right] = \cos \left(\frac{\phi_2 - \phi_1}{2} \right) \\ &= \cos \left(\frac{\Delta \phi_0}{2} \right)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}n(x,t) &= \underbrace{2A \cdot \cos \left(\frac{\Delta \phi_0}{2} \right)}_{A'} \cdot \sin \left(\omega t - kx + \frac{\phi_1 + \phi_2}{2} \right) \\ A' &= 2A \cdot \cos \left(\frac{\Delta \phi_0}{2} \right)\end{aligned}$$

$$A' = 2 \cdot 0,2 \text{ m} \cdot \cos \left(\frac{\pi}{2} \right)$$

$$\boxed{A' = 0 \text{ m}}$$

→ destruktivna interferencija!

(valovi $n_1(x,t)$ i $n_2(x,t)$ su se poništili superpozicijom)

1. KOLOKVIJ - GRUPA (B)

$$1. \quad v_0 = 36 \text{ km/h} = 36 \cdot \frac{1000}{3600} \text{ m/s} = 10 \text{ m/s}$$

$$t_1 = 2,3 \text{ s}$$

$$t_2 = 3,2 \text{ s}$$

$$n_2 = 1,7 n_1$$

a) $a = ?$ ($a > 0$)

b) $n(t=5 \text{ s}) = ?$

$$\left. \begin{aligned} a) \quad n_1 &= n_0 + v_0 \cdot t_1 + a \cdot \frac{t_1^2}{2} \\ n_2 &= n_0 + v_0 \cdot t_2 + a \cdot \frac{t_2^2}{2} \end{aligned} \right\}$$

$$n_2 = 1,7 n_1$$

$$v_0 + v_0 \cdot t_2 + a \frac{t_2^2}{2} = 1,7 \cdot \left(v_0 + v_0 \cdot t_1 + a \frac{t_1^2}{2} \right)$$

$$v_0 \cdot t_2 + a \frac{t_2^2}{2} = 1,7 \cdot v_0 \cdot t_1 + 0,85 a t_1^2$$

$$a(0,85 t_1^2 - 0,5 t_2^2) = v_0(t_2 - 1,7 t_1) / (t_1^2)$$

$$a = v_0 \frac{(t_2 - 1,7 t_1)}{(0,85 t_1^2 - 0,5 t_2^2)}$$

$$a = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \frac{3,2 \text{ s} - 1,7 \cdot 2,3 \text{ s}}{0,85 \cdot (2,3 \text{ s})^2 - 0,5 \cdot (3,2 \text{ s})^2}$$

$$\boxed{a = 11,387 \text{ m/s}^2}$$

b) $n(t_3 = 5 \text{ s}) = v_0 \cdot t_3 + a \cdot \frac{t_3^2}{2}$

$$= 10 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 5 \text{ s} + 11,387 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \frac{(5 \text{ s})^2}{2}$$

$$\boxed{n(t_3 = 5 \text{ s}) = 192,3375 \text{ m}}$$

2

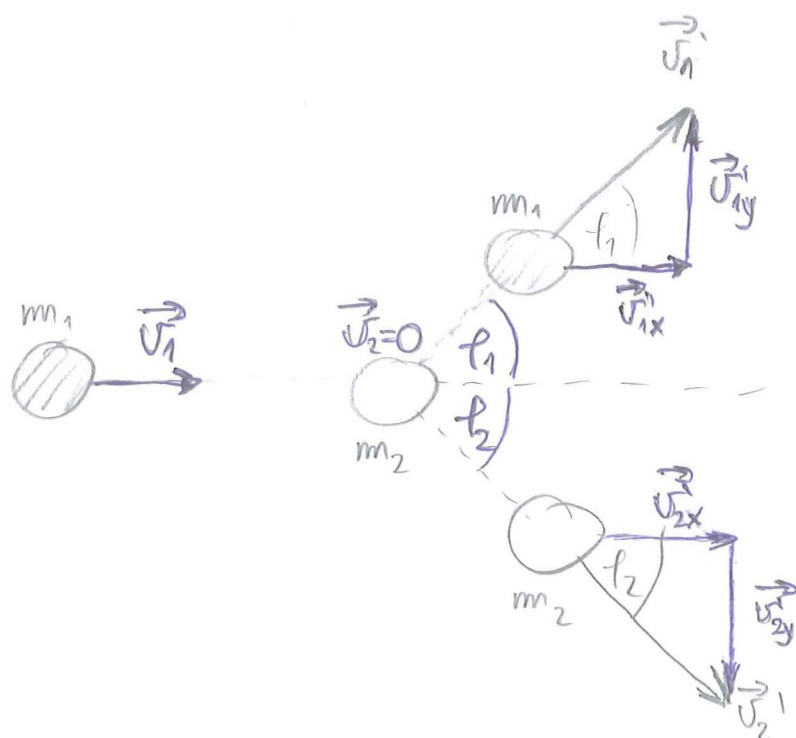
$$m_2 = 2m_1$$

$$v_1 = 4 \text{ m/s}$$

$$\theta_1 = 30^\circ$$

$$v_1' = 3 \text{ m/s}$$

$$\theta_2 = ? \quad v_2' = ?$$



ZOKG:

$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}_1' + \vec{p}_2'$$

$$m_1 \cdot \vec{v}_1 + m_2 \cdot \vec{v}_2 = m_1 \cdot \vec{v}_1' + m_2 \cdot \vec{v}_2'$$

$$m_1 \cdot \vec{v}_1 = m_1 \cdot \vec{v}_1' + 2m_1 \vec{v}_2' \quad / : m_1$$

$$\vec{v}_1 = \vec{v}_1' + 2\vec{v}_2'$$

$$v_{1x} = v_{1x}' + 2v_{2x}'$$

$$v_{1y} = v_{1y}' - 2v_{2y}'$$

$$v_1 = v_1' \cos \theta_1 + 2v_2' \cos \theta_2 \rightarrow 2v_2' \cos \theta_2 = v_1 - v_1' \cos \theta_1 \quad / ^2$$

$$0 = v_1' \sin \theta_1 - 2v_2' \sin \theta_2 \rightarrow 2v_2' \sin \theta_2 = v_1' \sin \theta_1 \quad / ^2$$

$$+ \left| \begin{aligned} 4(v_2')^2 \cos^2 \theta_2 &= (v_1)^2 - 2v_1 v_1' \cos \theta_1 + (v_1')^2 \cos^2 \theta_1 \\ 4(v_2')^2 \sin^2 \theta_2 &= (v_1')^2 \sin^2 \theta_1 \end{aligned} \right.$$

$$4(v_2')^2 = (v_1)^2 - 2v_1 v_1' \cos \theta_1 + (v_1')^2 \quad / : 4 \sqrt{\quad}$$

$$v_2' = \sqrt{\frac{(v_1)^2 - 2v_1 v_1' \cos \theta_1 + (v_1')^2}{4}}$$

$$v_2' = \sqrt{\frac{4^2 - 2 \cdot 4 \cdot 3 \cdot \cos 30^\circ + 3^2}{4}}$$

$$v_2' = 1,026 \text{ m/s}$$

$$\text{iz: } 2v_2' \cdot \sin \theta_2 = v_1' \cdot \sin \theta_1 \quad / : 2v_2' / \text{arc sin}$$

$$\theta_2 = \text{arc sin} \left[\frac{v_1'}{2v_2'} \cdot \sin \theta_1 \right]$$

$$\theta_2 = \text{arc sin} \left[\frac{3}{2 \cdot 1,026} \cdot \sin(30^\circ) \right]$$

$$\theta_2 = 46,969^\circ$$

3.

$$\Delta t = 1,75 \Delta t_0$$

$$v = ?$$

$$\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$1,75 \Delta t_0 = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad / \cdot \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

$$1,75 = \frac{7}{4}$$

$$\frac{7}{4} \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = 1$$

$$\frac{49}{16} \left(1 - \frac{v^2}{c^2} \right) = 1$$

$$\frac{49}{16} - \frac{49v^2}{16c^2} = 1$$

$$\frac{49v^2}{16c^2} = \frac{49-16}{16}$$

$$\frac{49v^2}{16c^2} = \frac{33}{16} \quad / \cdot \frac{16c^2}{49}$$

$$v^2 = \frac{33}{49} c^2 \quad / \sqrt{\quad}$$

$$v = \sqrt{\frac{33}{49}} \cdot c$$

$$v = 0,8206c \approx 2,4618 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$$4. \quad T = 1 \text{ s}$$

$$A = 0,2 \text{ m}$$

$$x_1 = \frac{1}{2} A$$

$$v_1 = ?$$

Jedn. gibanja JHO: $x(t) = A \cdot \sin(\omega t - kx) \quad / \frac{d}{dt}$

$$v(t) = A\omega \cdot \cos(\omega t - kx)$$

$$x_1 = A \cdot \sin(\omega t - kx)$$

$$v_1 = A \cdot \omega \cdot \cos(\omega t - kx) \quad / : \omega$$

nepoznanice: t, k, v_1

$$x_1 = A \cdot \sin(\omega t - kx) \quad / ^2$$

$$\frac{v_1}{\omega} = A \cdot \cos(\omega t - kx) \quad / ^2$$

$$\left. \begin{aligned} x_1^2 &= A^2 \cdot \sin^2(\omega t - kx) \\ \left(\frac{v_1}{\omega}\right)^2 &= A^2 \cdot \cos^2(\omega t - kx) \end{aligned} \right\} +$$

$$x_1^2 + \left(\frac{v_1}{\omega}\right)^2 = A^2$$

$$v_1^2 = \omega^2 (A^2 - x_1^2)$$

$$v_1 = \sqrt{\omega^2 (A^2 - x_1^2)}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

$$v_1 = \sqrt{\frac{4\pi^2}{T^2} \cdot \left(A^2 - \frac{1}{4}A^2\right)}$$

$$v_1 = \sqrt{\frac{4\pi^2}{T^2} \cdot \frac{3}{4}A^2}$$

$$\boxed{v_1 = \frac{\pi A}{T} \sqrt{3} = \frac{\pi \cdot 0,2 \text{ m}}{1 \text{ s}} \cdot \sqrt{3} = 1,088 \text{ m/s}}$$

5. $v_D = 0$

$$v_I = 108 \text{ km/h} = 108 \cdot \frac{1000}{3600} \text{ m/s} = 30 \text{ m/s}$$

I se približava D:

$$f = 10000 \text{ Hz}$$

$$v_Z = 340 \text{ m/s}$$

$$v_I > 0$$

$\Rightarrow$ OČEKUJEMO $f' > f$!

$$f' = ?$$

$$f' = \frac{v_Z + \overset{=0}{v_D}}{\underset{>0}{v_Z - v_I}} \cdot f = \frac{v_Z}{v_Z - v_I} \cdot f = \frac{340 \text{ m/s}}{340 \text{ m/s} - 30 \text{ m/s}} \cdot 10000 \text{ Hz}$$

$$\boxed{f' = 10967,74 \text{ Hz} \approx 11000 \text{ Hz}}$$

G

$$D_1(x, t) = 10 \text{ cm} \sin\left(55^\circ \cdot t - \frac{1}{10} \text{ cm}^{-1} \cdot x\right)$$

$$x_1 = 15 \text{ cm}$$

$$A(x_1) = 0 \text{ m} \rightarrow \text{ČVOR}$$

$$D_2(x, t) = ?$$

$$D_1(x, t) = 0,1 \text{ m} \cdot \sin\left(55^\circ \cdot t - \frac{1}{10} \text{ cm}^{-1} \cdot x\right)$$

→ ako nastaje stajni val, valovi $D_1(x, t)$ i $D_2(x, t)$ moraju imati jednake amplitude, kružne frekvencije i valne vektore:

$$A_1 = A_2 = A$$

$$\omega_1 = \omega_2 = \omega$$

$$k_1 = k_2 = k$$

te moraju imati fazni pomak: $\Delta \varphi = \varphi_2 - \varphi_1$, pa pretpostavljamo izgled vala $D_2(x, t)$:

$$D_2(x, t) = 0,1 \text{ m} \cdot \sin\left(55^\circ \cdot t + \frac{1}{10} \text{ cm}^{-1} \cdot x + \varphi_2\right)$$

→ bitno je da se val $D_2(x, t)$ giba u suprotnom smjeru od $D_1(x, t)$

$$D(x, t) = D_1(x, t) + D_2(x, t)$$

$$= A \cdot \sin(\underbrace{\omega t - kx + \varphi_1}_A) + A \cdot \sin(\underbrace{\omega t + kx + \varphi_2}_B)$$

$$= A [\sin A + \sin B]$$

$$\sin(\alpha) + \sin(\beta) = 2 \underbrace{\sin\left(\frac{\alpha+\beta}{2}\right)}_{=?} \cdot \underbrace{\cos\left(\frac{\alpha-\beta}{2}\right)}_{=?}$$

$$\begin{aligned} \frac{\alpha+\beta}{2} &= \frac{1}{2} \left[\cancel{\omega t} - \cancel{kx} + \phi_{01} + \cancel{\omega t} + \cancel{kx} + \phi_{02} \right] \\ &= \frac{1}{2} \left[2\omega t + \phi_{01} + \phi_{02} \right] \\ &= \omega t + \frac{\phi_{01} + \phi_{02}}{2} // \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\alpha-\beta}{2} &= \frac{1}{2} \left[\cancel{\omega t} - \cancel{kx} + \phi_{01} - \cancel{\omega t} - \cancel{kx} - \phi_{02} \right] \\ &= \frac{1}{2} \left[-2kx + \phi_{01} - \phi_{02} \right] \\ &= -kx + \frac{\phi_{01} - \phi_{02}}{2} // \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n(x,t) &= 2 \cdot A \cdot \sin \left[\omega t + \frac{\phi_{01} + \phi_{02}}{2} \right] \cdot \underbrace{\cos \left[-kx + \frac{\phi_{01} - \phi_{02}}{2} \right]}_{= \cos \left[-\left(kx - \frac{\phi_{01} - \phi_{02}}{2} \right) \right]} \\ &= \cos \left[kx + \frac{\phi_{02}}{2} \right] \end{aligned}$$

$$n(x,t) = 2 \cdot A \cdot \underbrace{\cos \left[kx + \frac{\phi_{02}}{2} \right]}_{\text{PROSTORNI DIO}} \cdot \underbrace{\sin \left[\omega t + \frac{\phi_{01} + \phi_{02}}{2} \right]}_{\text{VREMENSKI DIO}}$$

$$A'(x) = 2A \cdot \cos \left(kx + \frac{\phi_{02}}{2} \right)$$

$$0 = 2A \cdot \cos \left(kx_1 + \frac{\phi_{02}}{2} \right) \quad / : 2A$$

$$\cos\left(kx_1 + \frac{l_{02}}{2}\right) = 0 \quad / \text{arc cos}$$

$$kx_1 + \frac{l_{02}}{2} = \underbrace{\text{arc cos}(0^\circ)}_{\frac{\pi}{2}}$$

$$kx_1 + \frac{l_{02}}{2} = \frac{\pi}{2} \quad / \cdot 2$$

$$l_{02} = 2 \cdot \left(\frac{\pi}{2} - kx_1\right)$$

$$l_{02} = \pi - 2kx_1$$

$$l_{02} = \pi - 2 \cdot \frac{1}{10} \text{ cm}^{-1} \cdot 15 \text{ cm}$$

$$l_{02} = \pi - 2 \cdot 1,5 = (\pi - 3) \text{ rad} = 0,14 \text{ rad} = 8,113^\circ$$

$$\begin{aligned} \text{arc cos}(0^\circ) &= \frac{\pi}{2} + n \cdot \pi, n \in \mathbb{Z} \\ &= \frac{\pi}{2}, \frac{3\pi}{2}, \frac{5\pi}{2}, \dots \end{aligned}$$

$$2\pi \text{ rad} = 360^\circ / 2\pi$$

$$1 \text{ rad} = \left(\frac{180}{\pi}\right)^\circ$$