

Svyravimai ir bangos (Mechaniniai svyravimai, elektromagnetiniai virpesiai, kintamoji srovė)

Kompleksiniai uždaviniai

1. Ant stalo padėtas 2 kg masės vežimėlis yra prikabinatas prie 200 N/m standumo horizontalios 50 cm ilgio spyruoklės, kurios kitas galas pritvirtintas nejudamai. Vežimėlis patraukiamas 5 cm spyruoklės ilgėjimo kryptimi ir paleidžiamas. Trinties ir aplinkos pasipriešinimo vežimėlio judėjimui nepaisykite.

1. Per kiek laiko vežimėlis sugrįš į paleidimo vietą?
2. Kada vežimėlio greitis bus didžiausias? Nurodykite pirmuosius du momentus nuo paleidimo pradžios.
3. Parašykite vežimėlio koordinatės kitimo dėsnį SI sistemoje, išvedimo iš pusiausvyros kryptį laikydami teigiama.
4. Kokį didžiausią greitį įgis vežimėlis?
5. Parašykite vežimėlio greičio kitimo dėsnį SI sistemoje.
6. Koks vežimėlio didžiausias pagreitis?
7. Kada vežimėlis judėjo didžiausiu pagreičiu? Nurodykite du gretimus laiko momentus.
8. Parašykite vežimėlio pagreičio kitimo dėsnį SI sistemoje.

2. Vienas iš kūno judėjimo dėsnų yra $v_x = 0,0314 \cos(0,2\pi t + \frac{\pi}{3})$.

1. Kaip juda kūnas?
2. Koks kūno svyravimo periodas?
3. Koks kūno greitis stebėjimo pradžioje?
4. Koku greičiu svyruodamas kūnas praeina pusiausvyros padėtį?
5. Kada kūno greitis buvo ir kada bus didžiausias (nurodykite du gretimus momentus)?
6. Koku didžiausiu atstumu svyruodamas kūnas nutolsta nuo pusiausvyros padėties?
7. Parašykite kūno koordinatės kitimo dėsnį SI sistemoje.
8. Kur buvo kūnas stebėjimo pradžioje?
9. Koks kūno didžiausias judėjimo pagreitis?
10. Koks kūno pagreičio kitimo dėsnis SI sistemoje?
11. Koks kūno pagreitis stebėjimo pradžioje?
12. Nubraižykite aiškinamąjį brėžinį, pažymėkite pradinę vietą, pavaizduokite pradinio greičio ir pagreičio vektorius.

3. Du vienodi absoliučiai tamprūs rutuliukai pakabinėti ant vertikalių 1 m ir 0,25 m ilgio siūlų taip, kad būtų vienodame aukštyje ir liestų vienas kitą. Antrasis siūlas patraukiamas nedideliu kampū ir paleidžiamas. Laisvojo kritimo pagreitis 10 m/s².

1. Koku greičiu judės kiekvienas rutuliukas po susidūrimo?
2. Koks antrojo rutuliuko svyravimo periodas?
3. Koks pirmojo rutuliuko svyravimo periodas?
4. Koks lankų, kuriuos nuėjo paleistas antrasis ir po smūgio atsilenkdamas pirmasis rutuliukas, ilgių santykis?
5. Kiek laiko praeis nuo pirmojo rutuliukų susidūrimo iki antrojo jų susidūrimo?
6. Kiek laiko praeis nuo antrojo rutuliukų susidūrimo iki trečiojo jų susidūrimo?
7. Koks kiekvieno rutuliuko smūgių į kitą rutuliuką periodas?
8. Palyginkite susidūrusių rutuliukų pakilimo aukščius.
9. Palyginkite siūlų atsilenkimo kampus rutuliukams judant.

4. Prie spyruoklės pritvirtintas rutuliukas svyruoja be trinties slankiodamas horizontaliu strypu. Pradinio momentu rutuliukas yra labiausiai nutolęs nuo pusiausvyros padėties teigiama kryptimi.

1. Kokia rutuliuko svyravimo fazė jam esant viduryje atkarpos tarp labiausiai nutolusio ir pusiausvyros padėties taškų?
2. Per kokią periodo dalį praeina ši svyravimo fazė?
3. Per kokią periodo dalį rutuliukas nueina didžiausio nuokrypio antrą pusę?
4. Palyginkite laikus, per kuriuos rutuliukas, grįždamas į pusiausvyros padėtį, nueina pirmą ir antrą pusę kelio.
5. Kokią pilnutinės energijos dalį sudaro spyruoklės potencinė energija rutuliukui esant pusiaukelės taške?
6. Kokią pilnutinės energijos dalį sudaro rutuliuko kinetinė energija rutuliukui esant pusiaukelės taške?

7. Palyginkite spyruoklės potencinę ir rutuliuko kinetinę energijas jam esant pusiaukelės taške.
5. Vandenyje plūduriuoja vertikalus 200 g masės ir 50 cm² skerspjūvio ploto cilindro formos kūnas. Vandens tankis 1000 kg/m³, laisvojo kritimo pagreitis 10 m/s².
1. Kas ir kokiomis kryptimis veikia plūduriuojantį kūną?
 2. Kokioje pusiausvyros būsenoje yra plūduriuojantis kūnas?
 3. Koks panirusios dalies aukštis?
 4. Parašykite kūną veikiančių jėgų atstojamosios projekcijos priklausomybę nuo panirimo gylio pokyčio.
 5. Ką rodo minuso ženklas kūną veikiančių jėgų atstojamosios projekcijos priklausomybėje nuo panirimo gylio pokyčio?
 6. Parašykite, kokia yra kūno judėjimo pagreičio projekcijos priklausomybė nuo nuokrypio pusiausvyros taško atžvilgiu.
 7. Kokia yra kampinio svyravimų dažnio fizikinė prasmė?
 8. Nuo ko ir kaip priklauso vandenyje plūduriuojančio cilindro formos kūno kampinis vertikalų svyravimų dažnis?
 9. Per kiek laiko kūnas susvyruoja vieną kartą?
6. Virpesių kontūro kondensatoriaus plokščių įtampa kinta pagal dėsnį $u = 75 \cos 1000\pi t$ (SI sistemoje). Kondensatoriaus talpa 5 nF.
1. Koku didžiausiu krūviu pasikrauna kondensatorius įvykus elektriniam virpesiui?
 2. Koks kondensatoriaus krūvio kitimo dėsnis SI sistemoje?
 3. Koks kondensatoriaus krūvio kitimo periodas?
 4. Koks kontūro rite tekančios srovės didžiausias stipris?
 5. Parašykite virpesių kontūru tekančios srovės stiprio kitimo dėsnį.
 6. Koku dažniu kinta kontūro rite tekanti srovė?
 7. Per kiek laiko srovės stipris bus lygus pusei didžiausios vertės?

8. Per kiek laiko kondensatoriaus įtampa (arba krūvis) sumažės per pusę?
 9. Kokioms kitimo fazėms praėjus, srovės stipris ir įtampa bus lygi pusei didžiausių verčių?
7. 500 pF talpos kondensatorių turinčiame virpesių kontūre laisvieji elektriniai virpesiai vyksta 3,14 μs periodu.
1. Kokio induktyvumo ritė yra virpesių kontūre?
 2. Kokia virpesių kontūro energija, jei tam tikru momentu kondensatoriaus įtampa 6 V, o rite tekančios srovės stipris 9,6 mA?
 3. Iki kokios įtampos buvo pakrautas kondensatorius sukeldamas elektrinį virpesį?
 4. Kokia virpesio metu tekančios srovės stiprio amplitudė?
 5. Kokio stiprio srovė teka kontūru, kai kondensatoriaus energija jam išsikraunant tampa lygi ritės energijai?
 6. Kokia tuomet kondensatoriaus įtampa?
8. 0,4 T indukcijos vienalyčiame 500 cm² ploto rėmelio plokštumai statmename magnetiniame lauke 8 apsisukimų per sekundę greičiu sukasi 100 vijų rėmelis.
1. Kokia rėmelyje indukuojamos elektrovaros amplitudė?
 2. Kaip kinta rėmelyje indukuojama elektrovara, jei magnetinio lauko kryptis yra priešinga rėmelio normalės kryptiai?
 3. Koks būtų prie rėmelio gnybtų prijungta 50 Ω varžos elektrine plytele tekančios srovės stiprio kitimo dėsnis SI sistemoje?
 4. Kokios elektrovaros nuolatinės srovės šaltinį reikėtų prijungti prie plytelės, kad ji šiltų taip pat, kaip šilo prijungus sukamą rėmelį?
 5. Kokią varžą rėmelio sukeliamai srovei sudarytų prie jo gnybtų prijungta 1 H induktyvumo ritė?
 6. Koks prijungta rite tekančios srovės stiprio kitimo dėsnis SI sistemoje?
 7. Kokios talpos kondensatorių reikėtų prijungti prie sukamo rėmelio gnybtų, kad jo varža rėmelio sukeliamai srovei būtų tokia pat kaip ritės arba plytelės?

8. Parašykite grandine tekančios srovės stiprio kitimo dėsnį esant prie sukamo rėmelio gnybtų prijungtam kondensatoriui.

9. Į 220 V įtampos tinklą įjungto transformatoriaus transformacijos koeficientas 10. Transformatoriaus antrinės apvijos varža $0,2 \Omega$, o prie jos prijungtos lemputės varža 2Ω .

1. Kokio tipo yra transformatorius?
2. Koks pirminės apvijos vijų skaičius, jei antrinėje apvijoje jų yra 100?

3. Kokia elektrovara indukuojama antrinėje apvijoje?

4. Kokio stiprio srovė teka antrine apvija?

5. Kokio stiprio srovė teka pirmine apvija?

6. Kokia antrinės apvijos gnybtų įtampa?

7. Kokia elektros srovės naudingoji galia lemputėje?

8. Kokia elektros srovės galia pirminėje grandinėje?

9. Koks transformatoriaus naudingumo koeficientas?

IV. Svyravimai ir bangos

4.1.–4.2. Mechaniniai svyravimai ir elektromagnetiniai virpesiai. Kintamoji srovė

Kompleksiniai uždaviniai

1. Duota: $m = 2 \text{ kg}$, $k = 200 \text{ N/m}$, $l = 50 \text{ cm}$, $x_m = 5 \text{ cm}$, $\mu = 0$.

- $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = 0,628 \text{ s}$.
- $t_1 = \frac{T}{4} = 0,157 \text{ s}$, $t_2 = \frac{3T}{4} = 0,471 \text{ s}$.
- $x = x_m \cos \frac{2\pi}{T}t = 0,05 \cos 10t$.
- Remdamiesi greičio ir koordinatės amplitudžių sąsaja, gauname: $v_m = \frac{2\pi}{T} \cdot x_m$. Arba, pritaikę spyruoklės mechaninės energijos tvermės dėsnį, galime parašyti: $v_m = \sqrt{\frac{k}{m}} \cdot x_m$; $v_m = 0,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.
- $v_x = -v_m \sin \frac{2\pi}{T}t = -0,5 \sin 10t$.
- Remdamiesi pagreičio ir koordinatės amplitudžių sąsaja, gauname: $a_m = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 \cdot x_m$. Arba, pritaikę II Niutono ir Huko dėsnius, galime parašyti:
 $a_m = \frac{k}{m} \cdot x_m$; $a_m = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.
- Paleidimo momentu. $t_1 = 0 \text{ s}$, $t_2 = \frac{T}{2} = 0,314 \text{ s}$.
- $a_x = -a_m \cos \frac{2\pi}{T}t = -5 \cos 10t$.

2. Duota: $v_x = 0,0314 \cos(0,2\pi t + \frac{\pi}{3})$.

- Harmoningai svyruoja.
- $\frac{2\pi}{T} = 0,2 \pi$; $T = 10 \text{ s}$.
- Kai $t = 0 \text{ s}$, $v_0 = 0,0314 \cos \frac{\pi}{3} = 0,0157 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 1,57 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$.
- $v_m = 0,0314 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 3,14 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$.
- $|v_x|$ – maksimalus, kai $\cos(0,2\pi t + \frac{\pi}{3}) = \pm 1$;
 $0,2\pi t_1 + \frac{\pi}{3} = 0$, $t_1 \approx -1,7 \text{ s}$ ir $0,2\pi t_2 + \frac{\pi}{3} = \pi$,
 $t_2 \approx 3,3 \text{ s}$.

6. Iš greičio ir koordinatės amplitudžių sąsajos išplaukia, kad $x_m = \frac{v_m}{\frac{2\pi}{T}} = 0,05 \text{ m} = 5 \text{ cm}$.

$$7. x = x_m \sin\left(\frac{2\pi}{T}t + \varphi_0\right) = 0,05 \sin\left(0,2\pi t + \frac{\pi}{3}\right).$$

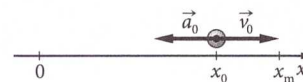
8. Kai $t = 0 \text{ s}$; $x_0 = 0,05 \sin \frac{\pi}{3} \approx 4,3 \text{ cm}$.

9. Iš pagreičio ir greičio amplitudžių sąsajos gauname, kad $a_m = \frac{2\pi}{T} v_m \approx 0,02 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \approx 2 \frac{\text{cm}}{\text{s}^2}$.

$$10. a_x = -a_m \sin\left(\frac{2\pi}{T}t + \varphi_0\right) = -0,02 \sin\left(0,2\pi t + \frac{\pi}{3}\right).$$

11. Kai $t = 0 \text{ s}$, $a_{0x} = -0,02 \sin \frac{\pi}{3} \approx -0,017 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \approx -1,7 \frac{\text{cm}}{\text{s}^2}$.

12.



334 pav.

3. Duota: $l_1 = 1 \text{ m}$, $l_2 = 0,25 \text{ m}$, $g = 10 \text{ m/s}^2$.

1. $mv_{02} = mv_1 + mv_{2x}$ ir $\frac{mv_{02}^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_{2x}^2}{2}$. Iš judesio kiekio ir kinetinės energijos tvermės dėsnių matome, kad $v_1 = v_{02}$ ir $v_{2x} = 0$. Po susidūrimo antrasis rutuliukas sustos, o pirmasis judės tokiu greičiu, kokiu į jį smogė antrasis.

$$2. T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{l_2}{g}} \approx 1 \text{ s}.$$

$$3. T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{l_1}{g}} \approx 2 \text{ s}.$$

4. $v = \frac{2\pi}{T_1} s_1 = \frac{2\pi}{T_2} s_2$. Iš greičio ir nuokrypio nuo pusiausvyros padėties amplitudžių sąsajos išplaukia, kad $\frac{s_1}{s_2} = \frac{T_1}{T_2} = 2$.

5. $t_1 = \frac{T}{2} = 1 \text{ s}$.
6. $t_2 = \frac{T}{2} = 0,5 \text{ s}$.
7. $T = t_1 + t_2 = 1,5 \text{ s}$.
8. $mgh_1 = mgh_2$. Iš mechaninės energijos tvermės dėsnio išplaukia, kad $h_1 = h_2$.
9. $\alpha = \frac{s}{l}$. Iš kampo apibrėžties išplaukia, kad $\frac{\alpha_2}{\alpha_1} = \frac{\frac{s_2}{l_1}}{\frac{s_1}{l_2}} = \frac{s_2 l_2}{s_1 l_1} = 2$.

4. Duota: $\mu = 0$.

1. $\frac{x_m}{2} = x_m \cos \varphi$; $\varphi = \frac{\pi}{3} \text{ rad}$.
2. $\frac{\pi}{3} = \frac{2\pi}{T} \cdot t_1$; $t_1 = \frac{T}{6}$.
3. $t_2 = \frac{T}{4} - t_1 = \frac{T}{12}$.
4. $t_1 = 2t_2$.
5. $E_p = \frac{k\left(\frac{x_m}{2}\right)^2}{2} = \frac{E}{4}$.
6. $E_k = E - E_p = \frac{3E}{4}$.
7. $E_k = 3E_p$.

5. Duota: $m = 200 \text{ g}$, $S = 50 \text{ cm}^2$, $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$, $g = 10 \text{ m/s}^2$.

1. Žemė – sunkio jėga – žemyn, vanduo – Archimedo jėga – į viršų.
2. Pastovioje.
3. $F_A = F_S$; $h = \frac{m}{\rho S} = 0,04 \text{ m} = 4 \text{ cm}$.
4. $F_y = -\rho g S y$.
5. Kūną veikiančių jėgų atstojamosios projekcija ir kūno nuokrypis nuo pusiausvyros padėties yra priešingo ženklo.
6. $a_y = -\frac{\rho g S}{m} y$.
7. Kampinis svyravimų dažnis parodo, kiek įvyksta svyravimų per $2\pi \text{ s}$ (6,28 s).
8. $a_y = -\omega^2 y$; $\omega = \sqrt{\frac{\rho g S}{m}} \approx 15,8 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$.
9. $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{\rho g S}} \approx 0,4 \text{ s}$.

6. Duota: $u = 75 \cos 1000\pi t$, $C = 5 \text{ nF}$.

1. $q_m = CU_m = 0,375 \mu\text{C}$.
2. $q = 3,75 \cdot 10^{-7} \cos 1000\pi t$.
3. $T = \frac{2\pi}{\omega}$. Iš įtampos arba krūvio kitimo dėsnio matyti, kad $\omega = 1000\pi \frac{\text{rad}}{\text{s}}$, todėl $T = 2 \text{ ms}$.

4. Iš srovės stiprio ir krūvio amplitudžių sąsajos išplaukia, kad $I_m = \omega q_m \approx 1,18 \text{ mA}$.

5. $i = q'_t = -I_m \sin \omega t = -1,18 \cdot 10^{-3} \sin 1000\pi t$.
6. $f = \frac{1}{T}$ arba $f = \frac{\omega}{2\pi}$; $f = 500 \text{ Hz}$.
7. $I = \frac{I_m}{2}$; $\sin \omega t_1 = \frac{1}{2}$ arba $\omega t_1 = \frac{\pi}{6}$; $t_1 = 0,17 \text{ ms}$.
8. $U = \frac{U_m}{2}$; $\cos \omega t_2 = \frac{1}{2}$ arba $\omega t_2 = \frac{\pi}{3}$; $t_2 = 0,33 \text{ ms}$.
9. $\varphi_1 = \omega t_1 = \frac{\pi}{6} \text{ rad}$ ir $\varphi_2 = \omega t_2 = \frac{\pi}{3} \text{ rad}$.

7. Duota: $C = 500 \text{ pF}$, $T = 3,14 \mu\text{s}$.

1. $T = 2\pi\sqrt{LC}$; $L = \frac{T^2}{4\pi^2 C} = 500 \mu\text{H}$.
2. $U = 6 \text{ V}$, $I = 9,6 \text{ mA}$; $W = \frac{CU^2}{2} + \frac{LI^2}{2} = 32 \text{ nJ}$.
3. $U_m = \sqrt{\frac{2W}{C}} \approx 11,3 \text{ V}$.
4. $I_m = \sqrt{\frac{2W}{L}} \approx 11,3 \text{ mA}$.
5. $W_C = W_L = 0,5 W$; $I = \sqrt{\frac{W}{L}} = 8 \text{ mA}$.
6. $U = \sqrt{\frac{W}{C}} = 8 \text{ V}$.

8. Duota: $B = 0,4 \text{ T}$, $S = 500 \text{ cm}^2$, $f = 8 \text{ aps/s}$, $N = 100$.

1. $E_m = NBS 2\pi f \approx 100 \text{ V}$.
2. $E = E_m \sin 2\pi ft = 100 \sin 50t$.
3. $R = 50 \Omega$; $i = \frac{E_m}{R} \sin 2\pi ft = 2 \sin 16\pi t = 2 \sin 50t$.
4. $E = \frac{E_m}{\sqrt{2}} \approx 71 \text{ V}$.
5. $L = 1 \text{ H}$; $X_L = \omega L \approx 50 \Omega$.
6. $i = \frac{E_m}{X_L} \sin\left(2\pi ft - \frac{\pi}{2}\right) = 2 \sin\left(50t - \frac{\pi}{2}\right)$.
7. $X_C = X_L = R = 50 \Omega$; $C = \frac{1}{\omega X_C} = 400 \mu\text{F}$.
8. $i = \frac{E_m}{X_C} \sin\left(2\pi ft + \frac{\pi}{2}\right) = 2 \sin\left(50t + \frac{\pi}{2}\right)$.

9. Duota: $U_1 = 220 \text{ V}$, $k = 10$, $r = 0,2 \Omega$; $R = 2 \Omega$.

1. Žeminimo.
2. $N_2 = 100$; $N_1 = kN_2 = 1000$.
3. $E_2 = \frac{E_1}{k} = 22 \text{ V}$.
4. $I_2 = \frac{E_2}{R+r} = 10 \text{ A}$.
5. $I_1 = \frac{I_2}{k} = 1 \text{ A}$.
6. $U_2 = I_2 R = 20 \text{ V}$.
7. $P_n = U_2 I_2 = 200 \text{ W}$.
8. $P_1 = U_1 I_1 = 220 \text{ W}$.
9. $\eta = \frac{P_n}{P_1} \cdot 100 \% \approx 91 \%$.