

Svyravimai ir bangos (Banginiai procesai)

Kompleksiniai uždaviniai

1. Nejudančioje valtyje sėdintis žvejys suskaičiavo, kad per 10 s plūdė susvyravo 20 kartų. Atstumas tarp pro valtį sklindančių bangų gretimų keturų 1,2 m.

1. Koks vandens paviršiaus dalelių svyravimo dažnis?
2. Koks vandenyje sklindančios bangos ilgis?
3. Koku greičiu vandenyje sklinda banga?
4. Koku greičiu bangos artėja prie valtės, kai žvejys plaukia prieš bangas, o šios į valtį per 2 s atsimuša 5 kartus?
5. Koku greičiu plaukia valtis prieš bangas vandens atžvilgiu?
6. Kiek kartų per 2 s bangos atsimuštų į valtį, jei šiuo greičiu žvejys plauktų bangų sklidimo kryptimi?

2. Periodiškai, 2 kartus per sekundę panardindamas ir ištraukdamas lazda, berniukas vandenyje sukelia apskritąsias 1,2 m ilgio bangas.

1. Koks vandens paviršiaus dalelių priverstinio svyravimo periodas?
2. Koku greičiu sukeltas svyravimas sklinda vandens paviršiuje?
3. Per kiek laiko banga nusklinda 30 cm atstumą?
4. Koks taškų A ir B , esančių bangos spindulyje 30 cm atstumu vienas nuo kito, svyravimo fazių skirtumas (255 pav.)?
5. Kurioje padėtyje yra ir kaip juda bangos taškas B tuo metu, kai A yra pakilęs aukščiausiai (255 pav.)?



255 pav.

6. Koks atstumas tarp bangos spindulyje esančių taškų, kurių svyravimų fazių skirtumas 10π rad?
7. Palyginkite svyravimo energijas bangos taškų, nutolusių nuo šaltinio R ir $2R$ atstumu.
8. Koks vandens dalelių, esančių nuo šaltinio R ir $2R$ atstumu, svyravimo metu praeinančių pusiausvyros padėtį greičių santykis?

9. Kiek kartų sumažėja nuo taškinio bangavimo šaltinio sklindančios bangos keteros aukštis bangai nusklidus dvigubai didesnę atstumą?

3. 440 Hz dažniu virpančio kamertonu sukeltas garsas ore sklinda 340 m/s greičiu.

1. Kokios rūšies banga yra ore sklindantis garsas?
2. Koks garso bangos paviršius, jei kamertoną laikome taškiniu šaltiniu?
3. Kodėl kamertoną galima laikyti taškiniu šaltiniu?
4. Koks sklindančios garso bangos ilgis?
5. Koks mažiausias atstumas tarp taškų, kuriuose, sklindant garsui, oro slėgio skirtumas tuo pačiu metu yra didžiausias?
6. Per kiek laiko, sklindant garsui, oro slėgis toje pačioje vietoje pakinta daugiausia?
7. Kiek kartų susilpnėja garsas, nusklidęs tris kartus didesnę atstumą?

4. Dviejuose vandens paviršiaus taškuose sukeliama vienodų amplitudžių ir vienodų dažnių svyravimai.

1. Kaip vadinamos dvi taip sukeltos bangos?
2. Kada į vieną vandens paviršiaus tašką atsklidusių svyravimų amplitudės galima laikyti apytikriai lygiomis?
3. Koks bus iš abiejų šaltinių atsklidusių 4 cm bangos ilgio vienu metu sukeltų bangų sudėties rezultatas taške, kuris nuo pirmojo šaltinio nutolęs per 2 m, o nuo antrojo – per 2,08 m?
4. Kiek kartų padidės svyravimų amplitudė, jei atsklidusių bangų amplitudės buvo vienodos?
5. Koks būtų bangų sudėties rezultatas taške, kuris nuo pirmojo šaltinio nutolęs per 2 m, o nuo antrojo – per 2,08 m, jei pirmasis šaltinis pradėtų svyruoti puse periodo vėliau?
6. Koks turi būti atsklidusių svyravimų fazių skirtumas, kad bangų sudėties rezultatas būtų didžiausias?
7. Koks turi būti atsklidusių svyravimų fazių skirtumas, kad dviejų vienodų amplitudžių bangos susidėdamos užgesintų viena kitą?

5. Siųstuvo režimu dirbdamas $0,3 \mu\text{s}$ radiolokatorius spinduliuoja 10 GHz dažniu kintantį elektromagnetinį lauką ir sklaidžia 1000 impulsų per sekundę. Šviesos greitis vakuume $3 \cdot 10^8 \text{ km/s}$.

1. Koks spinduliuojamo lauko bangos ilgis?
2. Koks išspinduliuoto elektromagnetinio lauko kitimo periodas?
3. Koku reiškiniu pagrįstas radiolokatoriaus veikimas?
4. Kiek laiko radiolokatorius dirba imtuvo režimu?
5. Kokį atstumą bangos sklidimo kryptimi užima per vieną impulsą išspinduliuotas elektromagnetinis laukas?
6. Kiek bangų sudaro per vieną impulsą išspinduliuotą elektromagnetinį lauką?
7. Koku mažiausiu atstumu nutolusius objektus „pastebės“ radiolokatorius?
8. Koks didžiausias radiolokatoriaus žvalgymo nuotolis?
9. Kam lygi per vieną impulsą išspinduliuoto elektromagnetinio lauko energija, jei siųstuvo galia jam dirbant 70 kW ?

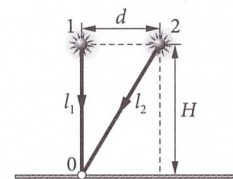
6. Į stiklo paviršių 30° kampu kritusio ir pasklidusio ore žalios šviesos pluošto storis 15 cm . Žalios šviesos bangos ilgis ore 550 nm , sklidimo greitis $3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$. Stiklo lūžio rodiklis oro atžvilgiu $1,5$.

1. Koks iš stiklo išėjusio ir ore sklindančio šviesos pluošto lūžio kampas?
2. Nubraižykite aiškinamąjį brėžinį pažymėdami šviesos pluošto kritimo ir lūžio kampus, taip pat stiklu ir ore sklindančio šviesos pluošto skersmenis.
3. Koku kampu pakito iš stiklo išėjusio ir ore sklindančio šviesos pluošto kryptis?
4. Koks buvo stiklu sklindančio šviesos pluošto storis?
5. Koku kampu turėtų kristi šviesos pluoštas, kad neišeitų iš stiklo?
6. Koks yra stiklu sklindančios šviesos greitis?
7. Koks stiklu sklindančios šviesos bangos ilgis?
8. Kokios spalvos šviesa sklido stiklu?

7. 1 m atstumu nuo lęšio esančio daikto atvaizdas apverstas ir sumažintas 4 kartus.

1. Koku lęšiu gaunamas daikto atvaizdas?
2. Kokiame nuotolyje nuo lęšio susidaro daikto atvaizdas?
3. Koks lęšio židinio nuotolis?
4. Kokia lęšio laužiamoji geba?
5. Koku atstumu esančio daikto atvaizdas būtų apverstas ir padidintas 4 kartus?
6. Kada daikto atvaizdas būtų padidintas 4 kartus, bet neapverstas?
7. Glaudžiamasis lęšis pakeistas tokios pat laužiamosios gebos sklaidomuju lęšiu. Kokiame nuotolyje esančio daikto atvaizdas bus sumažintas 4 kartus?
8. Nubraižykite visų šiame uždavinyje minimų atvejų aiškinamuosius brėžinius.

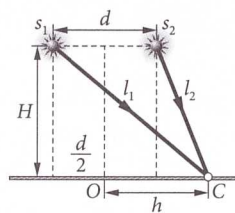
8. Du koherentiniai monochromatinę 500 nm bangos ilgio šviesą sklaidžiantys šaltiniai nutolę vienas nuo kito per 3 mm . Šaltinių apšviečiamas ekranas yra $9,000 \text{ m}$ atstumu nuo jų (256 pav.).



256 pav.

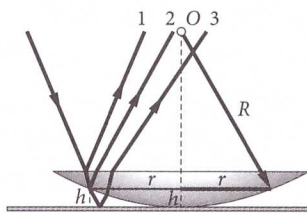
1. Apskaičiuokite 1 mm tikslumu taško O atstumų nuo šaltinių sumą.
2. Koks ekrano taško O atstumų nuo šaltinių kvadratų skirtumas?
3. Remdamiesi gautais rezultatais, apskaičiuokite iš šaltinių į tašką O atsklidusių spindulių nueitų kelių skirtumą.
4. Palyginkite šviesos spindulių nueitų kelių skirtumą su bangos ilgiu.
5. Koks interferencinio vaizdo rezultatas bus taške O ?

9. Du koherentiniai šaltiniai, nutolę nuo ekrano per 4 m ir esantys 1 mm atstumu vienas nuo kito, sklaidžia 600 nm bangos ilgio šviesą (257 pav.).



257 pav.

1. Koks interferencinio vaizdo rezultatas bus taške O ?
2. Apytiksliai apskaičiuokite taško C nuotolį nuo šaltinių sumą atsižvelgdami, kad h ir $d \ll H$.
3. Koks taško C nuotolį nuo šaltinių kvadratų skirtumas, jei taškas C nuo taško O nutolęs per $3,6$ mm?
4. Remdamiesi gautais rezultatais, apskaičiuokite iš šaltinių į tašką C atsklidusių spindulių nueitų kelių skirtumą.
5. Palyginkite šviesos spindulių nueitų kelių skirtumą su puse bangos ilgio.
6. Koks interferencinio vaizdo rezultatas bus taške C ?
7. Kokiame nuotolyje nuo taško O bus penktasis maksimumas?
- 10.** 2 m kreivumo spindulio plokščiai iškilas lęšis, padėtas ant stiklo plokštės, apšviečiamas 500 nm bangos ilgio šviesa (258 pav.). Stebint lęšio atspindimą šviesą, matomi paeiliui keičiantys vienas kitą tamsūs ir šviesūs koncentriniai žiedai.



258 pav.

1. Kokiam reiškiniui vykstant stebimi žiedai?
2. Kurių brėžinyje pažymėtų spindulių sudėties rezultatas yra Niutono žiedai?
3. Koks atstumas tarp ketvirtąjį šviesų žiedą sudarančių spindulių atsispindėjimo taškų?
4. Taikydami apytikslio skaičiavimo taisykles, raskite ketvirtojo šviesaus žiedo kreivumo spindulį.
5. Koks atstumas tarp lęšio ir stiklo ties matomu penktuoju tamsiu žiedu?
6. Kam lygus penktojo tamsaus žiedo kreivumo spindulys?
7. Kai tarp lęšio ir stiklo patenka benzino, penktojo tamsaus žiedo kreivumo spindulys tampa lygus $1,8$ mm. Koks atstumas tarp lęšio ir stiklo ties šiuo žiedu?
8. Kam lygus tarp lęšio ir stiklo patekusio benzino lūžio rodiklis?
- 11.** Į 100 rėžių kiekviename milimetre turinčią difrakcinę gardelę statmenai nukreipta monochromatinė šviesa. Žiūroną, nukreiptą į trečios eilės maksimumą, pasukus 20° kampą, matomas kitas trečios eilės maksimumas.
 1. Kokia difrakcinės gardelės konstanta?
 2. Koku kampu nuo centrinio maksimumo bus matomas trečios eilės maksimumas?
 3. Koks į gardelę krintančios šviesos bangos ilgis?
 4. Kokios didžiausios eilės maksimumas gaunamas?
 5. Koku kampu nuo centrinio maksimumo bus matomas didžiausios eilės maksimumas?

4.3. Banginiai procesai

Kompleksiniai uždaviniai

1. Duota: $t = 10$ s, $N = 20$, $\lambda = 1,2$ m.

- $f = \frac{N}{t} = 2$ Hz.
- $\lambda = 1,2$ m.
- $v = \lambda f = 2,4$ m/s.
- $t_1 = 2$ s, $N_1 = 5$. Kadangi bangavimo dažnis valtės atžvilgiu $f_1 = 2,5$ Hz, tai bangų artėjimo prie valtės greitis $v_1 = \lambda f_1 = 3$ m/s.
- Iš judėjimo reliatyvumo išplaukia, kad $v_{\text{valt}} = v_1 - v = 0,6$ m/s.
- Bangų sklidimo greitis valtės atžvilgiu $v_2 = v - v_{\text{valt}} = 1,8$ m/s, todėl atsimušimo dažnis $f_2 = \frac{v_2}{\lambda} = 1,5$ Hz, ir banga per 2 s atsimuštų: $N_2 = f_2 t_1 = 3$ kartus.

2. Duota: $N = 2$, $t = 1$ s, $\lambda = 1,2$ m.

- $T = \frac{t}{N} = 0,5$ s.
- $v = \frac{\lambda}{T} = 2,4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.
- $s_1 = 30$ cm. $t_1 = \frac{s_1}{v} = 0,125$ s.
- $\varphi_A - \varphi_B = \frac{2\pi}{T} t_1 = \frac{\pi}{2}$ rad.
- Taškas B yra pusiausvyros padėtyje ir didžiausiu greičiu kyla į viršų.
- $\Delta\varphi = 10\pi$ rad. $s_2 = vt_2 = v \frac{\Delta\varphi}{2\pi} T = 6$ m.
- Pagal svyravimo energijos tvermės dėsnį, atstumu R ir $2R$ nutolusių bangų energijos lygios, o viso bangos paviršiaus energija lygi vieno taško energijos ir bangos paviršiuje esančių taškų skaičiaus (proporcingo paviršiaus ilgiui) sandaugai.
 $E_1 \cdot 2\pi R = E_2 \cdot 2\pi 2R$; $E_1 = 2E_2$.
- $\frac{mv_1^2}{2} = 2 \frac{mv_2^2}{2}$; $\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{2} = 1,41$.
- Nuokrypio amplitudė proporcinga greičio amplitudei: $\frac{A_1}{A_2} = 1,41$.

3. Duota: $f = 440$ Hz, $v = 340$ m/s.

- Išilginė.
- Rutulys.
- Kamertono matmenys labai maži lyginant su garso nusklustu atstumu.
- $\lambda = \frac{v}{f} = 0,77$ m.
- $l = \frac{\lambda}{2} \approx 0,39$ m.
- $t = \frac{T}{2} = \frac{1}{2f} \approx 1,1$ ms.
- $R_2 = 3R_1$. Kadangi erdvėje bangos paviršius yra rutulys, tai iš energijos tvermės dėsnio išplaukia, kad $E_1 \cdot 4\pi R_1^2 = E_2 \cdot 4\pi R_2^2$. Tris kartus toliau nuo šaltinio esantis garsas susilpnėja devynis kartus:
 $E_2 = \frac{E_1}{9}$.

4. Duota: $A_{01} = A_{02} = A_0$, $f_1 = f_2$.

- Koherentinėmis.
- Kai bangų nueiti keliai daug didesni už atstumą tarp šaltinių: $l_1 \gg d$ ir $l_2 \gg d$.
- $\lambda = 4$ cm, $l_1 = 2$ m, $l_2 = 2,08$ m. Kadangi $\frac{l_2 - l_1}{\lambda} = 2$, tai susidėdamos bangos privers šiame taške vandens daleles svyruoti didžiausia amplitude.
- Pagal energijos tvermės dėsnį $E = E_0 + E_0 = 2E_0$, o pilnutinė svyravimo energija proporcinga amplitudės kvadratui, tai $A^2 = 2A_0^2$. $A = \sqrt{2} \cdot A_0 = 1,41 A_0$.
- Šio taško dalelės nesvyruotų.
- $\Delta\varphi = 2k\pi$; čia $k = 0; 1; 2; 3; \dots$
- $\Delta\varphi = (2k - 1)\pi$; čia $k = 1; 2; 3; \dots$

5. Duota: $t_s = 0,3$ μ s, $f = 10$ GHz, $N = 1000$, $t = 1$ s,
 $c = 3 \cdot 10^5$ km/s.

1. $\lambda = \frac{c}{f} = 0,03 \text{ m} = 3 \text{ cm}$.

2. $T = \frac{1}{f} = 10^{-10} \text{ s} = 0,1 \text{ ns}$.

3. Atspindžio.

4. $t_i = \frac{t}{N} = 10^{-3} \text{ s}$.

5. $d = ct_s = 90 \text{ m}$.

6. $k = \frac{d}{\lambda} = 3000$ arba $k = \frac{t_s}{T} = 3000$.

7. $l_{\min} = \frac{ct_s}{2} = 45 \text{ m}$.

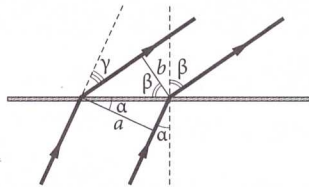
8. $l_{\max} = \frac{ct_i}{2} = 150 \text{ km}$.

9. $P = 70 \text{ kW}$. $W = Pt_s = 21 \text{ mJ}$.

6. Duota: $\alpha = 30^\circ$, $b = 15 \text{ cm}$, $\lambda = 550 \text{ nm}$,
 $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$, $n = 1,5$.

1. $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{1}{n}$; $\beta \approx 49^\circ$.

2.



335 pav.

3. $\gamma = \beta - \alpha = 19^\circ$.

4. $\frac{a}{\cos \alpha} = \frac{b}{\cos \beta}$; $a \approx 20 \text{ cm}$.

5. $\sin \alpha_0 = \frac{1}{n}$; $\alpha_0 \approx 41,8^\circ$; $\alpha > 41,8^\circ$.

6. $n = \frac{c}{v}$; $v = 2 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.

7. $n = \frac{\lambda_0}{\lambda_{st}}$; $\lambda_{st} \approx 367 \text{ nm}$.

8. Žalia.

7. Duota: $d_1 = 1 \text{ m}$, $\Gamma_1 = \frac{1}{4}$.

1. Glaudžiamuoju.

2. $\Gamma_1 = \frac{f}{d_1}$; $f_1 = 0,25 \text{ m}$.

3. Kadangi apverstas atvaizdas yra tikrasis, tai

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1}, F = 0,2 \text{ m}.$$

4. $D = \frac{1}{F} = 5 \text{ D}$.

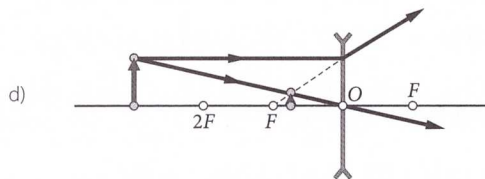
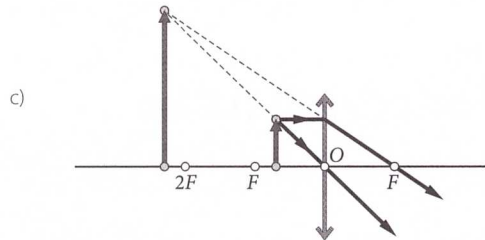
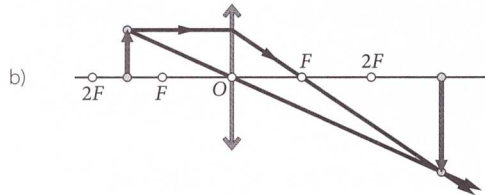
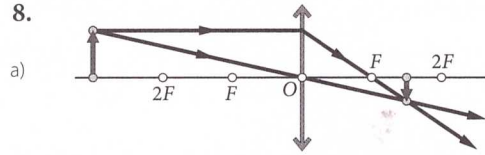
5. $\Gamma_2 = 4$. $\frac{1}{F} = \frac{1}{d_2} + \frac{1}{\Gamma_2 d_2}$; $d_2 = 0,25 \text{ m}$.

6. Šiuo atveju gautas neapverstas atvaizdas yra menamas, todėl $\frac{1}{F} = \frac{1}{d_3} - \frac{1}{\Gamma_2 d_3}$. $d_3 = 0,15 \text{ m}$.

7. $D = -5 \text{ D}$, $\Gamma_1 = \frac{1}{4}$. Šiuo atveju gautas atvaizdas yra menamas, todėl $D = \frac{1}{d_4} - \frac{1}{\Gamma_1 d_4}$, arba

$$-\frac{1}{F} = \frac{1}{d_4} - \frac{1}{\Gamma_1 d_4}. d_4 = 0,6 \text{ m}.$$

8.



336 pav.

8. Duota: $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda = 500 \text{ nm}$, $d = 3 \text{ mm}$,
 $H = 9,000 \text{ m}$.

1. $l_1 + l_2 \approx 2H \approx 18,000 \text{ m}$.

2. $l_2^2 - l_1^2 = d^2 = 9 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$.

3. $\Delta l = l_2 - l_1 = \frac{d^2}{2H} = 5 \cdot 10^{-7} \text{ m}$.

4. $k = \frac{\Delta l}{\lambda} = 1$.

5. Pirmasis maksimumas.

9. Duota: $H = 4 \text{ m}$, $d = 1 \text{ mm}$, $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda = 600 \text{ nm}$.

1. Centrinis arba nulinis maksimumas.

2. $h \ll H$, $d \ll H$. $l_1 + l_2 \approx 2H \approx 8 \text{ m}$.

3. $h = 3,6 \text{ mm}$. $l_2^2 - l_1^2 = 2hd = 7,2 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$.

4. $\Delta l = l_1 - l_2 = \frac{2hd}{2H} = 9 \cdot 10^{-7} \text{ m}$.

5. $N = \frac{\Delta l}{\lambda} = 3$.

6. $\Delta l = (2k - 1) \frac{\lambda}{2}$; $2k - 1 = 3$; $k = 2$. Antrasis minimumas.

7. $k = 5$. $h_5 = \frac{k\lambda H}{d} = 12 \text{ mm}$.

10. Duota: $R = 2 \text{ m}$, $\lambda = 500 \text{ nm}$.

1. Interferencijos.

2. 2 ir 3.

3. $k_1 = 4$. $2h_1 = k_1\lambda$; $h_1 = 1 \text{ }\mu\text{m}$.

4. $r_1^2 = R^2 - (R - h_1)^2$; $r_1 \approx \sqrt{2Rh_1} \approx 2 \text{ mm}$, nes $h_1^2 \ll 2Rh_1$.

5. $k_2 = 5$; $2h_2 = (2k_2 - 1)\frac{\lambda}{2}$; $h_2 = 1,125 \text{ }\mu\text{m}$.

6. $r_2 \approx \sqrt{2Rh_2} \approx 2,1 \text{ mm}$.

7. $k_3 = 5$, $r_3 = 1,8 \text{ mm}$; $h_3 = \frac{r_3^2}{2R} = 0,81 \text{ }\mu\text{m}$.

$$8. n = \frac{(2k_3 - 1)\frac{\lambda}{2}}{2h_3} = 1,39.$$

11. Duota: $N = 100$, $l = 1 \text{ mm}$, $k = 3$, $2\varphi = 20^\circ$.

1. $d = \frac{l}{N} = 10^{-5} \text{ m}$.

2. $\varphi = 10^\circ$.

3. $k\lambda = d \sin \varphi$; $\lambda \approx 580 \text{ nm}$.

4. $k_{\max} = \frac{d}{\lambda} = 17$.

5. $k_{\max}\lambda = d \sin \varphi_{\max}$; $\varphi_{\max} \approx 80^\circ$.