Sprendžiame uždavinius

1. Atidžiai perskaitoma sąlyga;
2. Išrenkami ir užrašomi duoti dydžiai, parametrai, duomenys (naudojama tarptautinė vienetų sistema);
3. Nustatoma: „ką reikia rasti (apskaičiuoti)“;
4. Taikomi dėsniai, pasirenkamos formulės, įstatomos į formules dydžių skaitinės vertės;
5. Pateikiamas atsakymas.

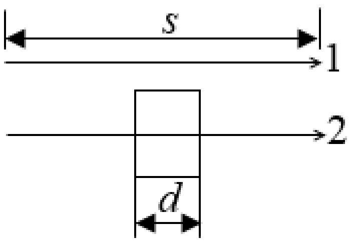
1 uždavinys

Oru sklindančios šviesos bangos kelyje buvo pastatyta stiklinė 2 mm storio plokštelė statmenai šviesos sklidimo krypčiai. Kiek dėl to pasikeitė bangos optinis kelias? Stiklo absoliutusis lūžio rodiklis lygus 1,5.

Sprendimas:

Duota: d = 2 mm = $2\cdot10^{-3}$ m n_{oro} = 1 n_{stiklo} = 1,5
Rasti: $\Delta_2 - \Delta_1$ – ?

Šviesos optinį kelią rasime geometrinį kelią daugindami iš terpės, kuria sklinda šviesa, absoliučiojo lūžio rodiklio:



$$\Delta = sn.$$

Pirmojo spindulio optinis kelias:

$$\Delta_1 = sn_{oro}.$$

Antrojo spindulio optinis kelias:

$$\Delta_2 = (s-d)n_{oro} + dn_{stiklo}.$$

Šviesos kelyje pastačius stiklinę plokštelę pirmojo ir antrojo spindulių optiniai keliai skirsis:

$$\Delta_2 - \Delta_1 = (s-d)n_{oro} + dn_{stiklo} - sn_{oro} = d\left(n_{stiklo} - n_{oro}\right) = 2\cdot10^{-3}\cdot(1{,}5-1) = \boxed{1\cdot10^{-3}\text{ m.}}$$

Ats.: $\Delta_2 - \Delta_1$ = 1 mm

2 uždavinys

Į vieną erdvės tašką ateinančių koherentinių bangų optinės eigos skirtumas lygus 1200 nm. Sustiprėja ar susilpnėja tame taške šviesa, kurios bangos ilgis lygus 760 nm? 600 nm? 480 nm?

Sprendimas:

Duota: Δ = 1200 nm λ_1 = 800 nm λ_2 = 600 nm λ_3 = 480 nm
Rasti: max ar min – ?

Tikriname kurie bangos ilgiai tenkina maksimumo sąlygą. *m* turi būti sveikas skaičius:

$$\Delta = 2m\frac{\lambda}{2} = m\lambda \quad \Rightarrow \quad m = \frac{\Delta}{\lambda}. \qquad m_1 = \frac{\Delta}{\lambda_1} = \frac{1200}{760} = 1,58\,(\text{netenkina})$$

$$m_2 = \frac{\Delta}{\lambda_2} = \frac{1200}{600} = \boxed{2\,(\text{tenkina})}; \qquad m_3 = \frac{\Delta}{\lambda_3} = \frac{1200}{500} = 2,4\,(\text{netenkina})$$

Tikriname, kurie bangos ilgiai tenkina minimumo sąlygą:

$$\Delta = \frac{\lambda}{2}(2m+1) \quad \Rightarrow \quad m = \frac{\Delta}{\lambda} - \frac{1}{2}. \qquad m_1 = \frac{\Delta}{\lambda_1} - \frac{1}{2} = \frac{1200}{800} - \frac{1}{2} = \boxed{1\,(\text{tenkina})}$$

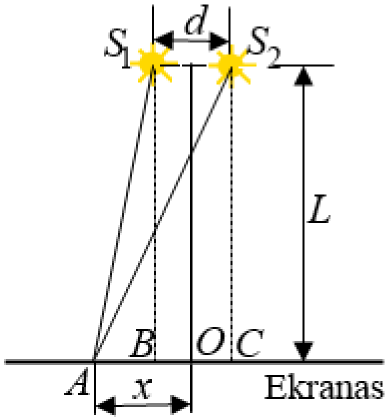
$$m_2 = \frac{\Delta}{\lambda_2} - \frac{1}{2} = \frac{1200}{600} - \frac{1}{2} = 1,5\,(\text{netenkina}); \qquad m_3 = \frac{\Delta}{\lambda_3} - \frac{1}{2} = \frac{1200}{480} - \frac{1}{2} = \boxed{2\,(\text{tenkina})}$$

Ats.: 600 nm bangos ilgio šviesa sustiprėja, o 800 nm ir 480 nm bangos ilgio šviesa susilpnėja.

3 uždavinys

Du koherentiniai šviesos šaltiniai skleidžia 600 nm bangos ilgio monochromatinę šviesą. Apskaičiuokite, kokiame nuotolyje nuo taško O ekrane bus pirmasis apšvietos maksimumas A? Atstumas iki ekrano $L = 4$ m, tarp šaltinių S_1 ir S_2 $d = 1$ mm.

Sprendimas:



Duota:

$\lambda = 600$ nm $= 600 \cdot 10^{-6}$ m

$L = 4$ m

$d = 1$ mm $= 1 \cdot 10^{-3}$ m

$n_{oro} = 1$

Rasti:

x_{1max} – ?

Skaičiuojame optinių kelių skirtumą. Trikampiams AS_1B ir AS_2C taikome Pitagoro teoremą:

$$S_1A^2 = AB^2 + S_1B^2 = \left(x - \frac{d}{2}\right)^2 + L^2;$$

$$S_2A^2 = AC^2 + S_2C^2 = \left(x + \frac{d}{2}\right)^2 + L^2.$$

Atimame iš antrosios lygties pirmąją : $S_2A^2 - S_1A^2 = 2xd \quad \Rightarrow \quad (S_2A - S_1A)(S_2A + S_1A) = 2xd$

Kadangi $L >> d$, tai $S_2A + S_1A \cong 2L$. Šviesa sklinda oru, todėl optinis kelias lygus geometriniam. Optinių kelių skirtumas iki pirmojo maksimumo taške A yra lygus vienam bangos ilgiui:

$$S_2A - S_1A = \frac{2x_{1max}d}{2L} = \lambda \quad \Rightarrow \quad x_{1max} = \frac{L\lambda}{d} = \frac{4 \cdot 600 \cdot 10^{-6}}{1 \cdot 10^{-3}} = 2{,}4 \cdot 10^{-3} \text{ m} = \boxed{2{,}4 \text{ mm}}$$

Ats.: $x_{1max} = 2{,}4$ mm

4 uždavinys

Iš monochromatinės šviesos šaltinio S_1, kurio bangos ilgis 0,5 μm, į ekrano tašką A ateina du spinduliai: vienas tiesiai iš šaltinio, o kitas – atsispindėjęs nuo veidrodžio, lygiagretaus pirmajam spinduliui. Nuotolis nuo šaltinio iki ekrano 2 m, veidrodis nutolęs nuo pirmojo spindulio 4 mm. Ką matysime taške A: šviesos sustiprėjimą ar susilpnėjimą?

Duota:

$\lambda = 0{,}5$ μm

$s_1 = 2$ m

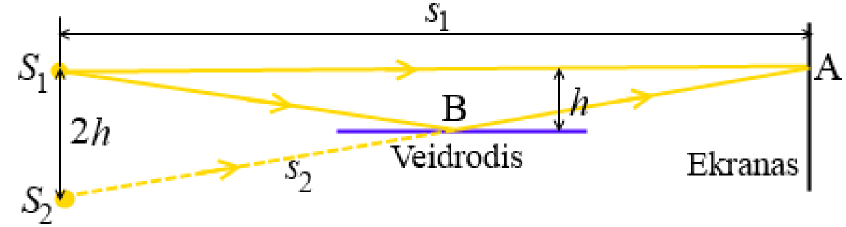
$h = 4$ mm $= 0{,}004$ m

$n_{oro} = 1$

Rasti:

max ar min– ?

Sprendimas:



Kadangi šviesa sklinda oru, tai optinis kelias lygus geometriniam. S_2 – pirmojo šaltinio menamasis atvaizdas veidrodyje. Skaičiuojame pirmojo ir antrojo spindulių optinių kelių s_1 ir s_2 skirtumą. Stačiajam trikampiui S_1S_2A taikome Pitagoro teoremą:

$$s_1^2 + (2h)^2 = s_2^2 \quad \Rightarrow \quad s_2^2 - s_1^2 = 4h^2 \quad \Rightarrow \quad (s_2 - s_1)(s_2 + s_1) = 4h^2.$$

Skaičiuojame, koks skaičius pusbangių – lyginis ar nelyginis m – telpa į optinės eigos skirtumą. $s_1 + s_2 \cong 2s_1$.

$$s_2 - s_1 = \frac{4h^2}{2s_1} = m\frac{\lambda}{2} \quad \Rightarrow \quad m = \frac{4h^2}{s_1\lambda} = \frac{4 \cdot 0{,}004^2}{2 \cdot 0{,}5 \cdot 10^{-6}} = \boxed{64.}$$

Optiniai keliai skiriasi lyginiu pusbangių skaičiumi, tačiau šviesai atsispindint nuo veidrodžio bangos fazė keičiasi į priešingą, todėl taške A bus stebimas interferencinis minimumas.

Ats.: Taške A šviesa susilpnės – susidarys interferencinis minimumas.

5 uždavinys

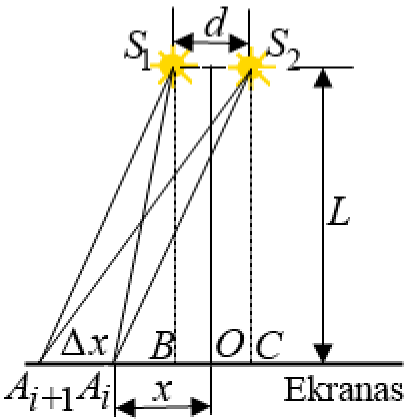
Atstumas tarp dviejų gretimų interferencinių maksimumų ekrane 1,2 mm. Apskaičiuokite, koherentinių šaltinių S_1 ir S_2 skleidžiamos šviesos bangos ilgį. Atstumas iki ekrano L = 2 m, tarp šaltinių S_1 ir S_2 d = 1 mm.

Duota:
Δx = 1,2 mm = $1{,}2\cdot10^{-3}$ m
L = 2 m
d = 1 mm = $1\cdot10^{-3}$ m

Rasti:
λ – ?

Sprendimas:

Skaičiuojame optinių kelių nuo šaltinių S_1 ir S_2 iki taškų A_i ir A_{i+1}skirtumus tokiu pat būdu, kaip ir trečiajame uždavinyje ir taikome interferencinio maksimumo sąlygą:



$$S_2A_i - S_1A_i = \frac{x_i d}{L} = m\lambda \quad ir \quad S_2A_{i+1} - S_1A_{i+1} = \frac{x_{i+1} d}{L} = (m+1)\lambda.$$

Išreiškiame gretimų interferencinių maksimumų padėtis:

$$x_i = \frac{mL\lambda}{d} \quad ir \quad x_{i+1} = \frac{(m+1)L\lambda}{d}.$$

Atstumas tarp gretimų interferencinių maksimumų: $\Delta x = x_{i+1} - x_i = \dfrac{L\lambda}{d}.$

Išreiškiame bangos ilgį: $\lambda = \dfrac{\Delta x d}{L} = \dfrac{1,2\cdot10^{-3}\cdot1\cdot10^{-3}}{2} = 0,6\cdot10^{-6} = \boxed{0,6\ \mu\text{m}.}$

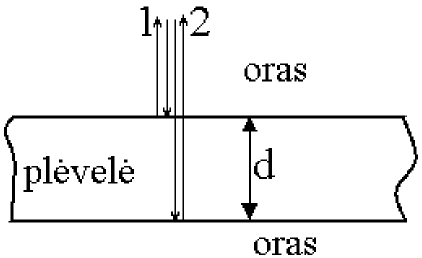
Ats.: λ = 0,6 μm

6 uždavinys

Į muilo plėvelę statmenai krenta baltos šviesos pluoštelis. Atsispindėjusioje šviesoje plėvelė matoma žalios spalvos (λ = 500 nm). Koks minimalus plėvelės storis? Muilo plėvelės absoliutusis lūžio rodiklis n = 1,33.

Sprendimas:

Duota:
$\lambda = 500$ nm = $= 500 \cdot 10^{-9}$ m $n = 1{,}33$ $n_{oro} = 1$
Rasti: d_{min} – ?



Balta šviesa apšviestos skaidrios plėvelės nusidažymas žalia spalva paaiškinamas šviesos interferencijos reiškiniu. Dalis šviesos atsispindi nuo plėvelės paviršiaus (1 spindulys), o kita dalis, perėjusi plėvelę, atsispindi nuo kito jos paviršiaus (2 spindulys). Abi nuo plėvelės atsispindėjusios bangos yra koherentinės ir tarpusavyje interferuoja.

Plėvelė nusidažo tokia spalva, kokiam bangos ilgiui susidaro maksimumo sąlyga:

$$\Delta = 2dn + \frac{\lambda}{2} = m\lambda.$$

$\lambda/2$ reikia pridėti dėl to, kad spindulys 1, atsispindėdamas nuo optiškai tankesnės terpės, keičia svyravimų fazę į priešingą. Ploniausia plėvelė bus tuomet, kai m = 1:

$$d_{\min} = \frac{\lambda}{4n} = \frac{500 \cdot 10^{-9}}{4 \cdot 1{,}33} = 94 \cdot 10^{-9}\ \text{m} = \boxed{94\ \text{nm.}}$$

Ats.: d_{min} = 94 nm

7 uždavinys

Į difrakcijos gardelę statmenai krinta šviesos pluoštelis. Trečios eilės spektro raudona linija (λ_3 = 630 nm) matoma φ_3 = 60° kampu. Kokia ketvirtos eilės spektro linija matoma šiuo kampu? Kam lygus difrakcijos gardelės periodas?

Duota: λ_3 = 630 nm $\varphi_3 = \varphi_4 = 60°$
Rasti: λ_4 – ? d – ?

Sprendimas:

Užrašome difrakcijos gardelės lygtis abiems bangos ilgiams:

$$d \sin \varphi_3 = 3\lambda_3;$$

$$d \sin \varphi_4 = 4\lambda_4.$$

Padaliname pirmąją lygtį iš antrosios ir išreiškiame λ_4 :

$$\frac{d \sin \varphi_3}{d \sin \varphi_4} = \frac{3\lambda_3}{4\lambda_4} \quad \Rightarrow \quad \lambda_4 = \frac{3\lambda_3}{4} = \frac{3 \cdot 630}{4} = \boxed{473 \text{ nm.}}$$

Difrakcijos gardelės periodas:

$$d = \frac{3\lambda_3}{\sin \varphi_3} = \frac{3 \cdot 630}{0,866} = 2182 \text{ nm} = \boxed{2,18 \ \mu\text{m.}}$$

Ats.: λ_4 = 473 nm; d = 2,18 μm.

8 uždavinys

Difrakcijos gardelė, kurios periodas lygus 4,0 μm, apšviesta 400 nm monochromatine šviesa. Apskaičiuokite penktojo difrakcijos maksimumo šviesos atlenkimo kampą.

Duota:
$d = 4{,}0\ \mu m = 4{,}0\cdot 10^{-6}$ m $\lambda = 400$ nm $= 400\cdot 10^{-9}$ m $m = 5$
Rasti:
φ_5 – ?

Sprendimas:

Taikome difrakcijos gardelės lygtį:

$$d \sin\varphi = m\lambda.$$

Išreiškiame maksimumo susidarymo kampą:

$$\sin\varphi_5 = \frac{m\lambda}{d} \quad \Rightarrow \quad \varphi_5 = \arcsin\left(\frac{m\lambda}{d}\right) = \arcsin\left(\frac{5\cdot 400\cdot 10^{-9}}{4\cdot 10^{-6}}\right) = \boxed{30^\circ}.$$

Ats.: $\varphi_5 = 30^\circ$

9 uždavinys

Į difrakcijos gardelę, kurios milimetre yra 400 rėžių, statmenai krinta lygiagrečių 600 nm bangos ilgio monochromatinių spindulių pluoštas. Apskaičiuokite bendrą pagrindinių difrakcijos maksimumų skaičių *k*, kurį galima stebėti šia gardele.

Duota: $N = 400$ $l = 1$ mm $\lambda = 600$ nm $= 600 \cdot 10^{-9}$ m
Rasti: k – ?

Sprendimas:

Taikome difrakcijos gardelės lygtį: $d \sin \varphi_{max} = m_{max} \lambda.$

Difrakcijos gardelės periodas: $d = \dfrac{l}{N}.$

Didžiausias kampas, kuriuo gali užlinkti spinduliai yra artimas 90°.

Įvertinę, kad sin90° = 1, difrakcijos gardelės lygtį perrašome taip:

$$\frac{l}{N} = m_{max}\lambda \quad \Rightarrow \quad m_{max} = \frac{l}{N\lambda} = \frac{10^{-3}}{400 \cdot 600 \cdot 10^{-9}} = 4{,}17 \boxed{= 4.}$$

Kadangi sinuso vertė ne didesnė kaip vienetas, tai didžiausiu kampu bus matomas ketvirtasis maksimumas, ir iš viso bus galima stebėti 9 maksimumus: centrinį ir po 4 iš abiejų pusių.

Ats.: $k = 9$

10 uždavinys

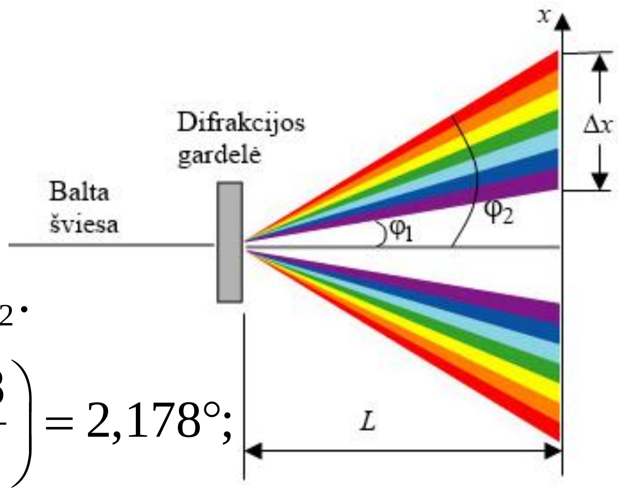
Ekranas yra per 3 m nuo 10 µm periodo difrakcinės gardelės. Apskaičiuokite pirmos eilės spektro plotį ekrane (bangų ilgių intervalas nuo 0,38 µm iki 0,76 µm).

Duota: $L = 3$ m $d = 10$ µm $= 10\cdot10^{-6}$ m $\lambda_1 = 0{,}38$ µm $= 0{,}38\cdot10^{-6}$ m $\lambda_2 = 0{,}76$ µm $= 0{,}76\cdot10^{-6}$ m
Rasti: Δx – ?

Sprendimas:

Iš difrakcijos gardelės lygties apskaičiuojame kampus, kuriais susidaro maksimumai:

$$d\sin\varphi_1 = \lambda_1; \quad d\sin\varphi_2 = \lambda_2.$$



$$\varphi_1 = \arcsin\left(\frac{\lambda_1}{d}\right) = \arcsin\left(\frac{0{,}38}{10}\right) = 2{,}178°;$$

$$\varphi_2 = \arcsin\left(\frac{\lambda_2}{d}\right) = \arcsin\left(\frac{0{,}76}{10}\right) = 4{,}359°$$

Maksimumų padėtys ekrane: $x_1 = L\,\mathrm{tg}\varphi_1; \quad x_2 = L\,\mathrm{tg}\varphi_2.$ Spektro plotis ekrane:

$$\Delta x = x_2 - x_1 = L\left(\mathrm{tg}\varphi_2 - \mathrm{tg}\varphi_1\right) = 3\cdot\left(\mathrm{tg}\left(4{,}359°\right) - \mathrm{tg}\left(2{,}178°\right)\right) = 0{,}115\text{ m} = \boxed{11{,}5\text{ cm.}}$$

Ats.: $\Delta x = 11{,}5$ cm