3. GAISMAS VIĻŅI

	Temata apraksts	
	Skolēnam sasniedzamo rezultātu ceļvedis	
	Uzdevumu piemēri	
F_12_SP_03_P1	Gaismas viļņu difrakcija	Skolēna darba lapa
F_12_LD_03_P1	Gaismas viļņa garuma noteikšana	Skolēna darba lapa
F_12_LD_03_P2	Gaismas polarizācija	Skolēna darba lapa

Lai atvēru dokumentu aktivējiet saiti. Lai atgrieztos uz šo satura rādītāju, lietojiet taustiņu kombināciju **CTRL+Home.**

GAISMAS VIĻŅI

TEMATA APRAKSTS

Gaisma aizņem noteiktu vietu elektromagnētisko viļņu skalā. Gaismai piemīt ļoti svarīgas īpašības – interference, difrakcija un polarizācija. Šo īpašību izpratne ļauj izskaidrot optiskās informācijas ierakstu un hologrammu iegūšanu. Fizikālie pētījumi šajās optikas jomās attīstās ļoti strauji, un ir svarīgi, lai arī skolēni orientētos šajos jautājumos.

Pamatskolā skolēni jau ir uzzinājuši, ka balto gaismu var sadalīt krāsu spektrā, izmantojot prizmu. Savukārt šajā tematā viņi iemācīsies minētās gaismas īpašības izskaidrot. Skolēni veiks difrakcijas režģa lielumu aprēķinu. Viņi, vērojot demonstrējumus par gaismas spektru, labāk izpratīs *dispersiju* un *difrakciju*.

Izmantojot datorsimulāciju būs iespējams vizualizēt gaismas viļņu procesus. Tematā vērsta uzmanība uz problēmām, kas saistītas ar optisko instrumentu un dzidrinātās optikas izmantošanu. Viena no optikas izmantošanas jaunākajām metodēm ir holografija. Skolēni apgūs un analizēs holografisko attēlu veidošanos. Tāpat ir būtiski zināt, kur praksē un ar kādu nolūku izmanto hologrammas.

Ieteicams, skolēniem izvērtēt optisko pētījumu nozīmi cilvēcei svarīgāko tehnoloģiju attīstībā. Nedrīkst aizmirst pārspriest polarizētas gaismas izmantošanu zinātnē un tehnikā.

CEĻVEDIS

Galvenie skolēnam sasniedzamie rezultāti

Izskaidro elektrizācijas procesu, mehānisko, siltuma, strāvas un elektromagnētisko darbību, viļņus.	Veic aprēķinus un iegūto skaitlisko rezultātu izsaka kā aptuvenu racionālu skaitli vai skaitli normālformā.	Izskaidro iegūtos rezultātus, salīdzinot tos ar informāciju no dažādiem avotiem, un novērtē to ticamību, analizējot iespējamos kļūdu cēloņus, ierobežojumus un ietekmi uz rezultātiem.	Iepazīstina citus ar saviem vai grupas darba rezultātiem, izmantojot dažādas IT.	Apzinās tehnoloģiju attīstības fizikā ietekmi uz indivīda dzīves kvalitāti.
• Izskaidro gaismas interferenci, tās maksimuma un minimuma nosacījumus. • Apraksta gaismas dispersiju. • Izprot interferences un difrakcijas savstarpējo saistību.	• Izmantojot funkcionālās sakarības, aprēķina difrakcijas režģa lielumus. • Lieto skaitļa normālformu un decimālos daudzkārtņus.	• Plāno darba gaitu, reģistrē un apstrādā datus, izvērtē rezultātus laboratorijas darbā, nosakot gaismas viļņa garumu. • Individuāli vai grupā veic eksperimentu, iegūst un apstrādā datus, izvērtē rezultātu laboratorijas darbā par gaismas polarizāciju.	• Prezentē ziņojumu par galvenajām problēmām, kas saistītas ar optisko instrumentu izmantošanu. • Analizē un prezentē informāciju par holografisko attēlu veidošanu un izmantošanu.	• Izvērtē optisko pētījumu nozīmi sabiedrības un tehnoloģiju attīstībā. • Izvērtē informācijas optiskās ierakstes priekšrocības salīdzinājumā ar citiem informācijas saglabāšanas veidiem.
Demonstrēšana. ***Uzdevumu risināšana.*** *SP. Gaismas viļņu difrakcija.* *KD. Gaismas viļņu īpašības.* *VM. Gaismas viļņi.* *VM. Interference.* *VM. Gaisma.* *VM. Spektri.* *VM. Viļņu pārklāšanās.* *VM. Gaismas dispersija.*	*KD. Difrakcijas režģis.*	**Laboratorijas darbs.** *LD. Gaismas viļņa garuma noteikšana.* *LD. Gaismas polarizācija.* *VM. Gaismas viļņu īpašības.*	*VM. Holografiskais ieraksts.* *VM. Spektroskopa uzbūve.*	*VM. Lāzerprintera darbības princips.*

GAISMAS VIĻŅU DIFRAKCIJA

Mērķis

Pilnveidot izpratni par gaismas viļņu difrakciju, prognozējot, novērojot demonstrējumus un formulējot secinājumus.

Skolēnam sasniedzamais rezultāts

- Izprot optiskos efektus, kurus iespējams skaidrot ar gaismas difrakciju.
- Zina un lieto difrakcijas režģa formulu.
- Iegūst un apstrādā informāciju novērojumos.

Nepieciešamie resursi

- Interneta vietne http://www.falstad.com/mathphysics.html, modelis *Ripple Tank* (2-D *waves*) *Applet*; dators, multimediju projektors un ekrāns; lāzera staru ierīce; baltās gaismas avots (kodoskops); divas A4 lapas; sprauga, kuras platumu var mainīt; difrakcijas režģis; kompaktdisks.
- Izdales materiāls skolēna darba lapa „Gaismas viļņu difrakcija" (F_12_SP_03_P1).

Mācību metodes

Demonstrēšana, uzdevumu risināšana.

Mācību organizācijas forma

Frontāls darbs.

Vērtēšana

Skolotājs vizuāli novērtē, cik aktīvi strādāja skolēni, cik daudzi skolēni līdz galam atrisināja piemēru.

Skolotāja pašnovērtējums

Secina par stundas mērķa sasniegšanu, izmantotās metodes lietderību un efektivitāti, par to, kas izdevās un kādiem jautājumiem būtu jāpievērš lielāka uzmanība.

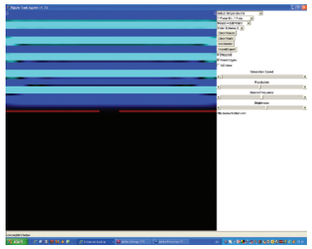
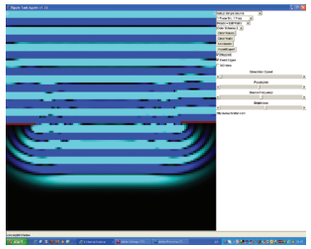
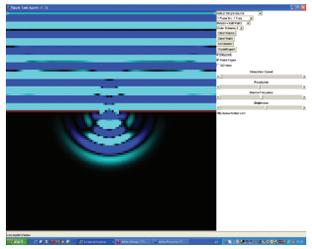
Stundas gaita

Skolotāja darbība	Skolēnu darbība
Demonstrēšana (25 minūtes)	
Stundas sākumā īsi atkārto galvenās viļņu izplatīšanas īpašības (vai arī uzdod jautajumus skolēniem). Piebilst, ka šo parādību novēro arī gaismas viļņiem. Izdala darba lapu (F_12_SP_03_P1) un lūdz izlasīt pirmā demonstrējuma aprakstu un aizpildīt prognožu ailīti. Uzdod šādus jautājumus. 1. Kas notiks, ja plakans vilnis izplatīsies cauri platai spraugai? 2. Kas notiks, ja plakans vilnis izplatīsies cauri šaurai spraugai? 3. Kā sauc šo parādību? **Demonstrē virtuālo eksperimentu viļņu vannā** (vietne http://www.falstad.com/mathphysics.html) *Virtuālajā demonstrējumā plakans vilnis izplatās cauri spraugai, kuras platumu var mainīt. Samazinot spraugas platumu, vilnis aiz šķēršļa kļūst sfērisks.*	Izlasa jautājumus un ieraksta tabulā savu prognozi.

Darba gaita.
1. Izvēlas modeli: *Ripple Tank (2-D waves) Applet.*
2. Iestata demonstrējuma īpašības.

- *Setup: Single Source.*
- *1 Plane Scr, 1 freq.*
- *Mouse = Edit Walls.*
- *Color Scheme 2.*
- Ieliek ķeksīti lodziņā Stopped.
- Izvēlas mazu simulācijas ātrumu *„Simulation Speed".*
- Izšķiršanas spēju, avota frekvenci un spožuma lielumus atstāj vidējā līmenī.

3. Ekrāna centrā izveido šķērsli ar spraugu. *To var izveidot ar peli, turot nospiestu peles kreiso taustiņu un pārvietojot to horizontālā virzienā (1. att.).*
4. Demonstrē simulāciju, izveidojot salīdzinājumā ar viļņa garumu divu dažādu izmēru spraugas: lielu (2. att.) un mazu (3. att.).

1. att.	2. att.	3. att.
		

Izņemot ķeksīti no lodziņa „Stopped" rāda simulāciju; ieliekot ķeksīti lodziņā „Stopped", apstādina simulāciju. Ar taustiņu „Clear Waves" simulācija sākas no sākuma, bet ar „Clear Walls" – nodzēš izveidoto spraugu.

Vēro demonstrējums un izsaka savas versijas. Tad visi kopīgi secina par pareizām atbildēm.
Ja plakans vilnis izplatās cauri platai spraugai, tad šķēršļa malās viļņa fronte kļūst sfēriska.
Ja plakans vilnis izplatās cauri šaurai spraugai, tad viļņa fronte kļūst sfēriska.
Eksperimentā novērojama viļņa apliekšanās ap šķērsli jeb difrakcija.

Novērojumus un pareizās atbildes ieraksta savā darba lapā.

Demonstrējums ar difrakcijas režģi
Pētāmā problēma – noskaidrot, kas ir difrakcijas režģis un kādi ir tā raksturlielumi.

Lūdz izlasīt otrā demonstrējuma aprakstu un aizpildīt prognožu ailīti.

Uzdod jautājumus.
Kas notiks, ja monohromatiska gaisma izplatīsies cauri daudzām spraugām?
Kas notiks, ja baltā gaisma izplatīsies cauri difrakcijas režģim?
Kas notiks, ja monohromatiskā gaisma atstarosies no kompaktdiska?

Izlasa jautājumus un ieraksta tabulā savu prognozi.

Demonstrē. **1. Monohromatiskas gaismas difrakcija.** Lāzera staru virza uz ekrānu. Stara ceļā novieto difrakcijas režģi ar lielāku periodu. *Uz ekrāna vērojama difrakcijas aina spožu punktu veidā, kas izvietojušies simetriski attiecībā pret centrālo maksimumu.*	
2. Baltās gaismas difrakcija. Kodoskopa apgaismoto laukumu aizsedz ar divām papīra lapām, atstājot aptuveni 2...10 mm platu spraugu. Spraugas attēlu projicē uz ekrāna. Virs spraugas aptuveni 10...20 cm attālumā no kodoskopa lēcas pieliek difrakcijas režģi. *Gaismas stars projicējas uz ekrāna simetriski attiecībā pret spraugas attēlu.*	Vēro demonstrējumus. Pārrunājot skolotāja vadībā, noskaidro, ka difrakcijas režģī notiek difrakcija daudzās šaurās spraugās.
3. Difrakcija, gaismai atstarojoties no kompaktdiska. Lāzera staru virza pret kompaktdisku tā, lai no diska atstarotais stars nokļūtu uz ekrāna. *Atstarotajam staram abās pusēs novērojamas krāsainas svītriņas.* Jautā, vai kompaktdisks arī ir difrakcijas režģis.	Vēro demonstrējumu. Pārrunājot skolotāja vadībā, noskaidro, ka kompaktdisks ir uzskatāms par difrakcijas režģi, kas atstaro gaismu.
Uzdevumu risināšana (15 minūtes)	
Parāda, kāda sakarība saista difrakcijas režģa periodu un uz režģi krītošās gaismas viļņa garumu un difrakcijas leņķi.	Darba lapā pieraksta difrakcijas režģa formulu ar apzīmējumu skaidrojumiem.
Apskata piemēru, kad gaisma izplatās cauri difrakcijas režģim, un parāda, kā aprēķināms difrakcijas leņķis dažādās difrakcijas kārtās, kā arī svītru skaits vienā milimetrā, ja zināma difrakcijas režģa konstante.	Darba lapā pieraksta piemēru un patstāvīgi iegūst skaitliskos rezultātus.
Uzdod divus uzdevumus (pēc skolotāja ieskatiem) par difrakcijas režģi, kuri skolēniem jāatrisina mājās. *Mājas darbs.* 1. Cik difrakcijas maksimumi ir novērojami atstarotā gaismā, ja DVD apgaismo ar diožu lāzeri, kura starojuma viļņa garums ir 0,65 μm? Attālums starp ierakstes celiņiem diskā ir 0,74 μm. 2. Smalku zīda vai kaprona audumu var uzskatīt par krustveida difrakcijas režģi, kuram svītras veido auduma šķiedras. Spīdinot cauri audumam diožu lāzera gaismu, kuras viļņa garums ir 0,65 μm, divu metru attālumā uz sienas novērojama difrakcijas aina. Attālums starp difrakcijas centrālo un pirmo maksimumu ir 1 cm. Aprēķināt, kādā attālumā cita no citas atrodas auduma šķiedras.	Mājās atrisina uzdevumus.

UZDEVUMU PIEMĒRI

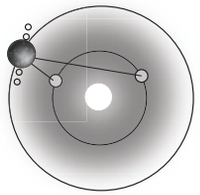
<table>
<tr><th>Sasniedzamais rezultāts</th><th>I</th><th>II</th><th>III</th></tr>
<tr>
<td>Raksturo redzamās gaismas vietu elektromagnētisko viļņu skalā.</td>
<td>Izmantojot elektromagnētisko viļņu skalu, tukšajās vietās ieraksti „lielāks” vai „mazāks”!

Redzamās gaismas viļņa garums ir .....nekā ultravioletās gaismas viļņa garums un ..... nekā radioviļņu garums.</td>
<td>Radio SWH Rīgā raida 105,2 MHz frekvenču diapazonā. Noskaidro, cik reižu raidītāja viļņu frekvence ir mazāka nekā zaļās gaismas frekvence, kuras viļņa garums ir 500 nm!</td>
<td>Iedomājies, ka Zemi apciemo citplanētieši, kuriem redzamās gaismas viļņa garumu intervāls ir no 4 μm līdz 11 μm. Kādus priekšmetus viņi varētu redzēt tavā dzīvoklī? Garo viļņu diapazonā starp temperatūru T un izstarotā viļņa garuma maksimālo vērtību λ_{max} pastāv sakarība:

$\lambda_{max}T = 2{,}90 \cdot 10^{-3}\,\mathrm{m} \cdot \mathrm{K}$.</td>
</tr>
<tr>
<td>Apraksta gaismas ātruma noteikšanas metožu attīstību.</td>
<td>Tabulā doti dati par gaismas ātruma eksperimentālajiem mērījumiem. Tukšajās ailēs ieraksti atbilstīgo gaismas ātruma skaitlisko vērtību!
<table>
<tr><th>Zinātnieks</th><th>Gads</th><th>Metode</th><th>Gaismas ātrums</th></tr>
<tr><td>O. Rēmers</td><td>1676.</td><td>Novērojot Jupitera pavadoni</td><td></td></tr>
<tr><td>A. Maikelsons</td><td>1879.</td><td>Izmantojot rotējošu spoguli</td><td></td></tr>
<tr><td>K. M. Evansons u. c.</td><td>1973.</td><td>Izmantojot lāzeri</td><td></td></tr>
</table>
Atbilžu varianti:

214 000 km/s; 299 796 km/s; 299 792,4574 km/s.</td>
<td>Galileo Galilejs 17. gs. sākumā mēģināja izmērīt gaismas ātrumu. Ar laternu rokā viņš nostājās viena pakalna virsotnē, bet asistents – otra pakalna virsotnē.

Attālums starp abiem pakalniem bija viena jūdze (1,6 km). Asistentam vajadzēja atsegt savu laternu brīdī, kad viņš ieraudzīja gaismu no Galileja laternas. Otrs asistents mērīja laika intervālu starp momentu, kad Galilejs atsedza savu laternu un laika momentu, kad ieraudzīja asistentu otrā pakalnā atsedzam laternu.

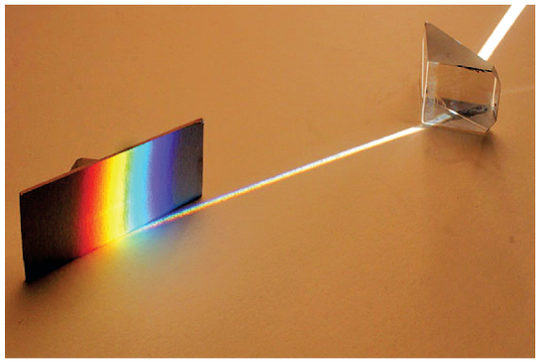
Paskaidro, kāpēc Galilejam neizdevās izmērīt gaismas ātrumu!</td>
<td>Novērojot Jupitera pavadoni Jo 17. gadsimtā, astronomi pamanīja, ka tā apriņķošanas periods periodiski mainās. Dāņu astronoms O. Rēmers pirmais ievēroja, ka Jo apriņķošanas periods kļūst lielāks tad, kad Zeme atrodas tālāk no Jupitera, un saistīja šo efektu ar gaismas izplatīšanās ātrumu.
 
O. Rēmers aprēķināja, ka gaisma šķērso Zemes orbītu aptuveni 22 minūtēs. Viņš ieguva gaismas ātruma skaitlisko vērtību, kas vienāda ar 125 000 jūdzēm sekundē (1 jūdze ≈ 1,6 km). Aprēķini tolaik pieņemto Zemes attālumu līdz Saulei un salīdzini ar pašlaik zināmo!

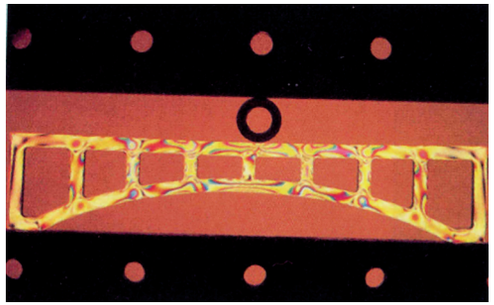
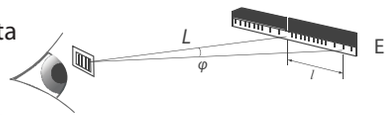
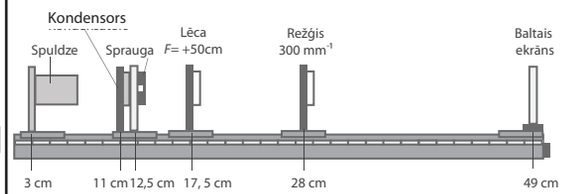
Salīdzini O. Rēmera lietoto gaismas ātruma noteikšanas metodi ar citām metodēm un izvērtē šo metožu precizitāti!</td>
</tr>
<tr>
<td>Izskaidro gaismas interferenci, tās maksimuma un minimuma nosacījumus.</td>
<td>Papildini teikumus!
Par interferenci sauc divu vai vairāku vienādu periodu viļņu ..... .
Interferences apgabalā notiek viļņu rezultējošās amplitūdas pastiprināšanās vai pavājināšanās atkarībā no .....
Interferences maksimumi novērojami visos punktos, kuriem gājienu starpība ir ..... no pusviļņa garuma.
Interferences minimumi novērojami saskaņā ar nosacījumu, ka gājienu starpība ir ..... no pusviļņa garuma.</td>
<td>1. Uzzīmē divu viļņu interferences ainu, kad viļņi viens otru

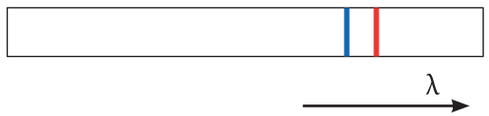
a) pastiprina,

b) pavājina!

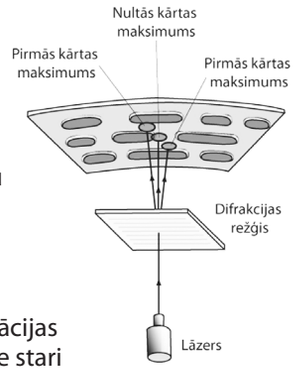
2. Pirms pārplīšanas ziepju burbulis kļūst violets. Ziepjūdens laušanas koeficients ir 1,33. Paskaidro, kā var aprēķināt tā biezumu pirms pārplīšanas!</td>
<td>Jūras līcī no tankkuģa izplūdusi nafta (gaismas laušanas koeficients naftai ir n = 1,50). Kādas krāsas gaisma ūdenī pastiprinās tajās vietās, kur naftas slāņa biezums ir 0,46 μm? Gaismas laušanas koeficients ūdenim ir 1,30. Pieņem, ka naftas plankumu vēro no helikoptera un Saule atrodas tieši virs tā! Pamato, kāpēc naftas plankums šajā vietā nav novērojamas citās krāsās!</td>
</tr>
</table>

Sasniedzamais rezultāts	I	II	III
Apraksta gaismas dispersiju.	1. Izvēlies vienu pareizo atbildi! Gaismas dispersija novērojama, ja: a) gaisma krīt uz vidi 90° leņķī; b) vides laušanas koeficients mainās atkarībā no gaismas viļņa garuma vakuumā; c) vidē mainās gaismas viļņa frekvence; d) polarizēta gaisma atstarojas no virsmas 47° leņķī. 2. Papildini teikumus! Par gaismas dispersiju sauc ..... . Sarkanās gaismas stari ūdenī izplatās ..... nekā zilās gaismas stari, jo ..... . Savācējlēcas fokusa attālums zaļajai gaismai ir .....nekā dzeltenajai gaismai, jo	Balto gaismu var sadalīt spektrā ar prizmu.  Izskaidro, kā iespējams, izmantojot otru prizmu, spektru pārvērst atkal baltajā gaismā!	Analizē nosacījumus, ar kādiem var novērot attēlā redzamo dabas parādību! Pamato, kāpēc abos varavīksnes lokos krāsu secība ir pretēja!
Izprot interferences un difrakcijas savstarpējo saistību.	Papildini teikumus! Caur necaurspīdīgā ekrānā ar kniepadatu izdurtu caurumiņu raida gaismas kūli, kas krīt uz diviem tuvu esošiem caurumiņiem otrā necaurspīdīgā ekrānā. Otrpus abiem caurumiņiem abi staru kūļi ..... ap caurumiņu malām – notiek ..... . Abi kūļi .... – notiek ..... Tās rezultātu var novērot uz trešā ekrāna. Ja vienu no caurumiņiem aizklāj, tad ..... , jo	Paskaidro, kāpēc, skatoties ar piemiegtām acīm caur skropstām uz spilgtu gaismas avotu, var novērot varavīksnes krāsas!	Salīdzini baltās gaismas spektru, ko iegūst ar difrakcijas režģi, un spektru, kuru iegūst ar prizmu! Izskaidro spektru atšķirības cēloņus!
Apraksta informācijas optisko ieraksti.	Izmantojot lāzerprintera darbības principa attēlu (F_12_VM_03_04), paskaidro kāda loma lāzerprinterī ir lāzerim?	Paskaidro, kā notiek informācijas ieraksts fotoemulsijā (F_12_VM_03_03), uzņemot baltās gaismas hologrammu!	Paskaidro, kā holografiskajā diskā (HVD) ieraksta 1 TB (1 terabaitu) lielu informāciju! Analizē šāda veida informācijas ieraksta un saglabāšanas priekšrocības un nepilnības!

Sasniedzamais rezultāts	I	II	III
Izprot polarizētās gaismas izmantošanu zinātnē un tehnikā.	Izvēlies pareizo atbildi! Gaisma var kļūt polarizēta: a) atstarojoties; b) lūstot; c) izkliedes rezultātā; d) visu minēto procesu rezultātā.	1. Pieņem, ka tev ir divas saulesbrilles, vienām ir polarizējoši stikli. Kā tu pārbaudīsi, vai arī otrajām brillēm ir polarizējoši stikli? 2. Pieņem, ka tavā rīcībā ir divi polarizatori un tu skaties caur tiem. Cik reižu novērojama gaismas pastiprināšanās un pavājināšanās, ja: a) vienu no polarizatoriem pagriež par 360°; b) abus polarizatorus ar vienādu ātrumu pagriež pretējos virzienos par 360°; c) abus polarizatorus ar vienādu ātrumu pagriež vienā virzienā par 360°; d) abus polarizatorus griež pretējos virzienos, turklāt vienu griež divas reizes ātrāk nekā otru?	Attēlā redzams no plastmasas izgatavots tilta modelis, kas ievietots starp krustotiem polarizatoriem. Tilta modelis tiek slogots. Izskaidro, kāpēc tas redzams dažādās krāsās!  Analizē šādu modelēšanas paņēmienu nozīmi inženierzinātnēs!
Plāno darba gaitu, reģistrē un apstrādā datus, izvērtē rezultātus laboratorijas darbā, nosakot gaismas viļņa garumu.	Fizikas laboratorijā Agnese un Mārcis veica eksperimentu ar attēlā parādīto ierīci, lai noteiktu dažādu krāsu gaismas viļņa garumu. Ierīci veido statīvs, kura vienā galā nostiprināts difrakcijas režģis, bet otrā galā – lineāls, kura vidū ir šaura sprauga. Lineālu ar spraugu var pārvietot pa statīvu attiecībā pret difrakcijas režģi. Eksperimenta shēma parādīta attēlā. Vēršot spraugu pret gaismas avotu  un skatoties caur difrakcijas režģi, spraugas abās pusēs novēro difrakcijas spektru, uz lineāla nolasa attiecīgās spektra sastāvdaļas attālumu no spraugas viduspunkta.	Inese un Valdis vēlējās noteikt lāzera gaismas viļņa garumu, izmantojot difrakcijas režģi, kuram ievilktas 300 paralēlas līnijas 1 milimetrā. Eksperimenta shēma parādīta attēlā. Plāno atbilstīgu eksperimenta gaitu! Norādi, a) kādi mērījumi Inesei un Valdim jāveic; b) kādā veidā viņi, izmantojot iegūtos rezultātus, noteiks gaismas viļņa garumu!	Pēteris vēlējās noteikt dzeltenās gaismas viļņa garumu, izmantojot attēlā redzamo eksperimentālo iekārtu.  Eksperimenta sākumā difrakcijas režģis netika ievietots, Pēteris ieslēdza spuldzi, ieregulēja nelielu spraugu un, pārbīdot lēcu, ieguva uz ekrāna asu spraugas attēlu. Pēc tam viņš ievietoja difrakcijas režģi un novēroja eksperimenta rezultātu uz ekrāna. Izspried, kādus datus Pēteris ieguva, lai noteiktu dzeltenās gaismas viļņa garumu! Izvērtē iespējas paaugstināt rezultāta precizitāti!

<table>
<tr><th>Sasniedzamais rezultāts</th><th>I</th><th>II</th><th>III</th></tr>
<tr>
<td></td>
<td>Eksperimentā izmantoja difrakcijas režģi, kuram ievilktas 100 paralēlas līnijas 1 milimetrā. Eksperimenta rezultāti parādīti tabulā, kur k – spektra kārta.
<table>
<tr><td>k</td><td>1</td><td>1</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>1</td><td>2</td></tr>
<tr><td>L, cm</td><td>25</td><td>35</td><td>40</td><td>45</td><td>50</td><td>45</td><td>60</td></tr>
<tr><td>l, mm</td><td>14</td><td>20</td><td>44</td><td>50</td><td>55</td><td>25</td><td>66</td></tr>
</table>
Pārveidojot difrakcijas režģa formulu $k\lambda = d\sin\varphi$, iegūst formulu viļņa garuma aprēķināšanai:
$$\lambda = \frac{d\sin\varphi}{k}.$$
Savukārt no eksperimenta shēmas redzams, ka
$$\sin\varphi = \frac{l}{\sqrt{L^2 + l^2}}.$$
Aprēķini gaismas viļņa garumu un nosaki gaismas krāsu!</td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Izmantojot funkcionālās sakarības, aprēķina difrakcijas režģa lielumus. Izmanto fizikālo lielumu apzīmējumus, SI mērvienības un tās saista ar ārpussistēmas mērvienībām. Lieto skaitļa normālformu un decimālos daudzkārtņus.</td>
<td>1. Skolas fizikas laboratorijā esošajam difrakcijas režģim ir 300 svītras 1 milimetrā. Aprēķini šī difrakcijas režģa konstanti!
2. Izmantojot difrakcijas režģa formulu, paskaidro, kāpēc difrakcijas spektrs uz ekrāna kļūst plašāks, ja režģi attālina no ekrāna!</td>
<td>1. Attēlā redzamas divas spektrāllīnijas, kas iegūtas ar difrakcijas režģi.


a) Uz kuru pusi pārbīdīsies līnijas, ja izmantos difrakcijas režģi ar mazāku konstanti?
b) Kā mainīsies attālums starp spektrāllīnijām, ja izmantos difrakcijas režģi ar mazāku konstanti?
2. Attālums starp informācijas ieraksta celiņiem kompaktdiskā ir 1,2 μm, kompaktdisku apgaismo ar lāzera staru, kura viļņa garums ir 650 nm.
Aprēķini
a) celiņu skaitu vienā milimetrā;
b) leņķi, kādā novērojams pirmais difrakcijas maksimums!</td>
<td>Veicot eksperimentu ar lāzeri, kura gaismas viļņa garums ir 746 nm, un difrakcijas režģi, leva mērīja attālumu L no difrakcijas režģa līdz ekrānam un 2. kārtas difrakcijas maksimuma attālumu l no centrālā maksimuma. Viņas mērījumu rezultāti doti tabulā.
<table>
<tr><td>L, cm</td><td>30</td><td>45</td><td>50</td><td>60</td><td>75</td></tr>
<tr><td>l, mm</td><td>45</td><td>67</td><td>75</td><td>90</td><td>120</td></tr>
</table>
Aprēķini difrakcijas maksimumu skaitu, ko leva varēja novērot ar šo difrakcijas režģi!</td>
</tr>
</table>

<table>
<tr><th>Sasniedzamais rezultāts</th><th>I</th><th>II</th><th>III</th></tr>
<tr>
<td>Izvērtē optisko pētījumu nozīmi sabiedrības un tehnoloģiju attīstībā.</td>
<td>Pabeidz teikumus!
a) Sākotnēji fotoaparātos objektīva vietā bija .....
b) Gaismas viļņa garumu iespējams izmērīt, izmantojot .....
c) Lai veiktu Mēness lokāciju ar lāzerstaru, iespējami precīzi jāzina ....
d) Lai samazinātu gaismas zudumus lēcās un objektīvos, lieto .....
e) Zinātniskos pētījumos difrakcijas režģus izmanto, lai .....
f) Holografiskajā diskā iespējams ierakstīt vairāk informācijas nekā parastajā kompaktdiskā, jo .....
g) Gaismas polarizācijas efekti sniedz informāciju par .....</td>
<td>Izmantojot informācijas avotus, ieraksti tabulā atbilstīgā gadsimta atklājumu optikā un piemērus iespējām, kādas šis atklājums pavēra zinātnē!
<table>
<tr><th>Laiks</th><th>Atklājums</th><th>Radušās iespējas</th></tr>
<tr><td>17. gs.</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>18. gs.</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>19. gs.</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>20. gs.</td><td></td><td></td></tr>
</table></td>
<td>1848. gadā austriešu fiziķis K. Doplers atklāja parādību, ko viņam par godu nosauca par Doplera efektu: ja viļņu avots un reģistrētājs savstarpēji tuvojas viens otram, tad reģistrētā viļņa svārstību frekvence palielinās; turpretī, ja notiek savstarpēja attālināšanās, tad frekvence samazinās. Šis efekts izpaužas arī gadījumā, ja viļņu avots un reģistrētājs atrodas vienā un tajā pašā vietā, viļņi no avota nokļūst līdz kādam objektam, kas vai nu tuvojas, vai attālinās, atstarojas no tā un atgriežas reģistrētājā.
Izspried, kādas funkcijas var veikt ierīces, kurās Doplera efektu izmanto kopā ar interferenci! Analizē šādu ierīču praktiskā lietojuma iespējas!</td>
</tr>
<tr>
<td>Izvērtē informācijas optiskā ieraksta priekšrocības salīdzinājumā ar citiem informācijas saglabāšanas veidiem.</td>
<td>Papildini teikumus!
a) Kompaktdiskā var ierakstīt ..... informācijas ....., nekā tikpat lielā magnētiskajā disketē.
b) Novietojot kompaktdisku ārējā magnētiskajā laukā, tas ierakstīto informāciju ....</td>
<td>1. Paskaidro, kādas krāsas gaismas lāzers labāk būtu izmantojams optiskajai ierakstei – sarkanās vai violetās!
2. Izmantojot magnētiskās ierakstes metodi, vienā collā parasti tiek ierakstīti 135 celiņi. Abpusējā ieraksta 3,5” disketē var ierakstīt 1,44 MB informācijas. Cik lielai jābūt disketei, kurā var ierakstīt viena 700 MB kompaktdiska saturu?</td>
<td>Lai nodrošinātu kvalitatīvu ieraksta atskaņošanu, kompaktdisku atskaņotājos bieži izmanto trīs staru metodi.
Lāzera staru ar difrakcijas režģi sadala trijos staros, iegūstot difrakcijas centrālo maksimumu un tam abās pusēs – pirmās kārtas maksimumus. Centrālais stars tiek virzīts tieši pa informācijas celiņu, bet abi malējie stari atstarojas no diska gludās virsmas ieraksta celiņam abās pusēs. Kāpēc šādi ir jāsadala stars?
 
</td>
</tr>
</table>

Sasniedzamais rezultāts	I	II	III
Izvērtē hologrammu lietojumu vērtspapīru un dokumentu drošības aizsardzībai.	Nosauc pazīmes, kas raksturo hologrammu kā drošības elementu vērtspapīru pasargāšanai no viltojumiem!	Paskaidro, kādas ir tās hologrammu īpašības, uz kurām pamatojas hologrammu izmantošana efektīvai aizsardzībai pret naudas zīmju viltošanu!	Izveido reklāmu, kas pārliecinātu ražotāju izmantot hologrammu kā drošības elementu saražotās produkcijas aizsardzībai! Kādi ir tavi ierosinājumi, lai vēl vairāk varētu paaugstināt hologrammas drošības līmeni?
Analizē gaismas viļņu īpašību apguves nozīmi inženiertehniskajās profesijās.	Uzskaiti, kādu optisku ierīču projektēšanā vajadzīgas zināšanas par interferenci un difrakciju!	Paskaidro, kādus astronomiskos pētījumus veicot, zinātniekiem ir svarīgi labi pārzināt interferences un difrakcijas problēmas!	Optometrija ir redzes aprūpes nozare, kurā nodarbojas ar redzes spēju noteikšanu, redzes un acu defektu novēršanu. Izmantojot informācijas avotus, analizē optometrista profesiju un izvērtē, kāda nozīme tajā ir zināšanām par gaismas viļņu īpašībām!

....
Vārds uzvārds klase datums

GAISMAS VIĻŅU DIFRAKCIJA

Vēro demonstrējumus un izpildi uzdevumus!

1. uzdevums
Virtuālais demonstrējums ar viļņu vannu

a) Aizpildi prognožu aili tabulā!

Demonstrējums	Prognoze	Novērojums
Kas notiks, ja plakans vilnis izplatīsies cauri platai spraugai?		
Kas notiks, ja plakans vilnis izplatīsies cauri šaurai spraugai?		

b) Vēro virtuālo demonstrējumu un pieraksti savus novērojumus!

Secinājumi

.....
.....
.....
.....

2. uzdevums
Demonstrējums ar difrakcijas režģi

a) Aizpildi prognožu aili tabulā!

Demonstrējums	Prognoze	Novērojums
Kas notiks, ja monohromatiska gaisma izplatīsies cauri daudzām spraugām?		
Kas notiks, ja baltā gaisma izplatīsies cauri difrakcijas režģim?		
Kas notiks, ja monohromatiska gaisma atstarosies no kompaktdiska?		

b) Vēro demonstrējumus un pieraksti vai uzzīmē savus novērojumus!

Secinājumi

.....
.....
.....
.....

3. uzdevums

Difrakcijas režģis un tā raksturlielumi

Uzzīmē difrakcijas režģi palielinātā mērogā! Uzraksti difrakcijas režģa formulu!

Difrakcijas režģa zīmējums	Difrakcijas režģa formula	Režģa raksturlielumu aprēķināšanas piemērs

Mājas darbs

4. uzdevums

Cik difrakcijas maksimumi ir novērojami atstarotā gaismā, ja DVD apgaismo ar diožu lāzeri, kura starojuma viļņa garums ir 0,65 μm? Attālums starp ieraksta celiņiem diskā ir 0,74 μm.

5. uzdevums

Smalku zīda vai kaprona audumu var uzskatīt par krustveida difrakcijas režģi, kuram svītras veido auduma šķiedras. Spīdinot cauri audumam diožu lāzera gaismu, kuras viļņa garums ir 0,65 μm, divu metru attālumā uz sienas novērojama difrakcijas aina. Attālums starp difrakcijas centrālo maksimumu un pirmo maksimumu ir 1 cm. Aprēķini, kādā attālumā cita no citas atrodas auduma šķiedras!

....
Vārds uzvārds klase datums

GAISMAS VIĻŅA GARUMA NOTEIKŠANA

Situācijas apraksts

Elektromagnētisko viļņu skalā redzamās gaismas viļņa garums ir mikrometra desmitdaļas. Ar bīdmēru var izmērīt milimetra desmitdaļas, bet ar mikrometru – dažus desmitus mikrometrus.

Pētāmā problēma

Kā var izmērīt viļņa garumu gaismai?

Hipotēze

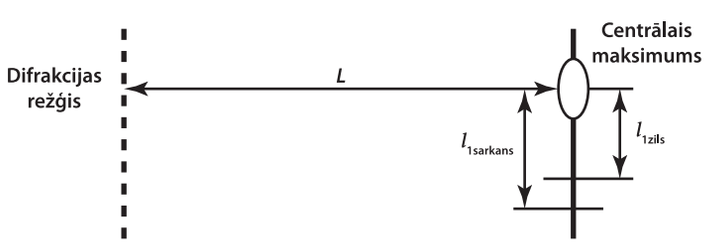
Tā kā gaisma ir elektromagnētiskais vilnis, tad, izmantojot gaismas īpašību – difrakciju, var noteikt gaismas viļņa garumu.

Darba piederumi

Optiskā sliede ar piederumiem, baltās gaismas avots, sprieguma avots, savienotājvadi, sprauga, divi difrakcijas režģi ar zināmām konstantēm, ekrāns, mērlente/lineāls.

Darba gaita

1. Izveido eksperimentālo iekārtu un parādi to skolotājam!
2. Papildini datu ieguves un apstrādes tabulas ailes ar atbilstīgo lielumu apzīmējumiem un mērvienībām!
3. Ieslēdz sprieguma avotu!
4. Gaismu no avota virzi cauri spraugai un difūzijas režģim!
5. Noregulē iekārtu tā, lai abi pirmās kārtas maksimumi atrastos iespējami simetriski (vienādā attālumā) attiecībā pret difrakcijas centrālo maksimumu!
6. Pieraksti difrakcijas režģa periodu d_1 un d_2 atbilstīgajai tabulai!
7. Izmēri attālumu L no difrakcijas režģa līdz ekrānam!
8. Izmēri attālumu $l_{1\ zils}$ no centrālā maksimuma līdz pirmās kārtas maksimumam tumši zilajai krāsai! Datus ieraksti 1. tabulā!
9. Izmēri attālumu $l_{1\ sarkans}$ no centrālā maksimuma līdz pirmās kārtas maksimumam sarkanajai krāsai! Datus ieraksti 1. tabulā!
10. Papildini zīmējumu, atliekot centrālo maksimumu un attālumus L, l_{1zils}, $l_{1sarkans}$.



11. Izņem difrakcijas režģi un ievieto turētājā otru difrakcijas režģi!
12. Atkārto mērījumus, mērot attālumu l arī līdz augstāko kārtu (otrās, trešās, ...) difrakcijas maksimumiem! Rezultātus ieraksti 2. tabulā!
13. Izslēdz sprieguma avotu!
14. Aprēķini sinφ, λ, λ_{vid}!

Piezīme. Gaismas viļņa garumu iespējams noteikt arī, skatoties uz gaismas avotu caur difrakcijas režģi un mērot atbilstīgos attālumus.

Iegūto datu reģistrēšana un apstrāde

1. tabula

Gaismas viļņa garuma noteikšana difrakcijas režģim, kura periods d_1 = ...

2. tabula

Gaismas viļņa garuma noteikšana difrakcijas režģim, kura periods d_2 = ...

Rezultātu analīze, izvērtēšana un secinājumi

1. Salīdzini darbā iegūtos viļņa garumus ar elektromagnētisko viļņu skalā dotajiem (sk. uzziņas literatūru)!

.....

.....

.....

.....

.....

2. Salīdzini ar abiem difrakcijas režģiem novēroto gaismas spektru platumu uz ekrāna! Izskaidro atšķirību!

.....

.....

.....

.....

.....

3. Kā varētu precīzāk noteikt gaismas viļņa garumu?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

....
Vārds uzvārds klase datums

GAISMAS POLARIZĀCIJA

Uzdevums

Novērot gaismas polarizāciju un aprakstīt novērojumus.

Darba piederumi

Gaismas avots, savienotājvadi, gaismas avota barošanas bloks, optiskā sliede ar papildu piederumiem, 2 polarizatori, ekrāns.

Darba gaita

1. Izveido eksperimentālo iekārtu gaismas polarizācijas pētīšanai un parādi to skolotājam!
2. Uzzīmē eksperimentālās iekārtas shēmu!

3. Ieslēdz sprieguma avotu!
4. Gaismu no avota *S* virzi cauri polarizatoriem *P*1 un *P*2 uz ekrānu *E*!
5. Pagriez abus polarizatorus tā, lai to rokturi atrastos pretī 0^0 iedaļai!
6. Griez vienu polarizatoru ap asi veselu apli un ik pēc noteikta pagrieziena leņķa ieraksti tabulā polarizatora pagrieziena leņķi un gaismas intensitātes izmaiņu uz ekrāna!
7. Izslēdz sprieguma avotu!

Iegūto datu reģistrēšana un apstrāde

Gaismas intensitātes maiņa atkarībā no polarizatoru savstarpējās orientācijas

Polarizatora pagrieziena leņķis, grādos	Gaismas intensitātes izmaiņa uz ekrāna

Rezultātu analīze, izvērtēšana un secinājumi

1. Izskaidro eksperimentā iegūtos rezultātus!

.....

.....

.....

.....

.....

2. Par ko liecina gaismas polarizācija?

.....

.....

.....

.....

.....

3. Kādiem nolūkiem izmanto gaismas polarizāciju? Uzraksti piemērus!

.....

.....

.....

.....

.....

4. Kāpēc, griežot polarizatoru virs mobilā telefona ekrāna, mainās uzrakstu redzamība uz tā?

.....

.....

.....

.....

.....

GAISMAS VIĻŅA GARUMA NOTEIKŠANA

Darba izpildes laiks 40 minūtes F_12_LD_03_01

Mērķis

Veidot izpratni par gaismas difrakcijas izmantošanu gaismas viļņa garuma noteikšanai, lietojot optisko solu, difrakcijas režģi un analizējot iegūtos rezultātus.

Sasniedzamais rezultāts

- Veic eksperimentu un mērījumus, izmantojot optisko solu un difrakcijas režģus.
- Aprēķina difrakcijas režģa periodu un nosaka redzamās gaismas viļņa garumu.
- Salīdzina iegūtos rezultātus ar literatūras avotos dotajiem.
- Izdara secinājumus par darbā iegūtajiem rezultātiem un mērījumu precizitāti.

Saskata un formulē pētāmo problēmu	Dots
Formulē hipotēzi	Dots
Saskata (izvēlas) un sagrupē lielumus, pazīmes	Dots
Izvēlas atbilstošus darba piederumus un vielas	Dots
Plāno darba gaitu, izvēloties drošas, videi nekaitīgas darba metodes	Dots
Novēro, mēra un reģistrē datus	Patstāvīgi
Lieto darba piederumus un vielas	Mācās
Apstrādā datus	Patstāvīgi
Analizē, izvērtē rezultātus, secina	Patstāvīgi
Prezentē darba rezultātus	
Sadarbojas, strādājot grupā (pārī)	

Darbu skolēni var veikt pāros.

Darbs veidots sarkanas un zilās gaismas viļņa garuma noteikšanai, bet to var veikt arī citas krāsas gaismai.

Vērst skolēnu uzmanību uz to, ka attāluma mērīšana jāveic nesteidzīgi un precīzi.

Šajā darbā vēlams strādāt daļēji aptumšotā telpā.

Darba veikšanai skolēniem ir nepieciešamas priekšzināšanas par difrakcijas maksimuma nosacījumu:

$$d \sin \varphi = k\lambda,$$

kur d – difrakcijas režģa periods, φ – difrakcijas leņķis (gaismas nolieces leņķis), k – difrakcijas kārta, λ – gaismas viļņa garums. Novērojot difrakcijas ainu uz ekrāna un izmērot atbilstīgos attālumus, aprēķina difrakcijas leņķi. Pēc tam aprēķina gaismas viļņa garumu.

Situācijas apraksts

Elektromagnētisko viļņu skalā redzamās gaismas viļņa garums ir mikrometra desmitdaļas. Ar bīdmēru var izmērīt milimetra desmitdaļas, bet ar mikrometru – dažus desmitus mikrometrus.

Pētāmā problēma

Kā var izmērīt viļņa garumu gaismai?

Hipotēze

Tā kā gaisma ir elektromagnētiskais vilnis, tad, izmantojot gaismas īpašību – difrakciju, var noteikt gaismas viļņa garumu.

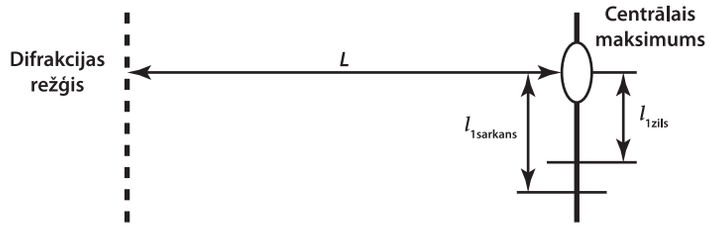
Darba piederumi

Optiskā sliede ar piederumiem, baltās gaismas avots, sprieguma avots, savienotājvadi, sprauga, divi difrakcijas režģi ar zināmām konstantēm, ekrāns, mērlente/lineāls.

Darba gaita

1. Izveido eksperimentālo iekārtu un parāda skolotājam.
2. Papildina datu ieguves un apstrādes tabulas ailes ar atbilstīgo lielumu apzīmējumiem un mērvienībām.
3. Ieslēdz sprieguma avotu.
4. Gaismu no avota virza cauri spraugai un difrakcijas režģim. Uz ekrāna novērojams nulltais jeb centrālais un pirmās kārtas difrakcijas maksimums.
5. Noregulē iekārtu tā, lai abi pirmās kārtas maksimumi atrastos iespējami simetriski (vienādā attālumā) attiecībā pret difrakcijas centrālo maksimumu.
6. Pieraksta difrakcijas režģa periodu d_1 un d_2 atbilstīgajai tabulai.
7. Izmēra attālumu L no difrakcijas režģa līdz ekrānam.
8. Izmēra attālumu $l_{1\ \mathrm{zils}}$ no centrālā maksimuma līdz pirmās kārtas maksimumam tumši zilajai krāsai. Datus ieraksta 1. tabulā.
9. Izmēra attālumu $l_{1\ \mathrm{sarkans}}$ no centrālā maksimuma līdz pirmās kārtas maksimumam sarkanajai krāsai. Datus ieraksta 1. tabulā.

10. Papildina zīmējumu, atliekot centrālo maksimumu un attālumus L, l_{1zils}, $l_{1sarkans}$.



11. Izņem difrakcijas režģi un ievieto otru difrakcijas režģi turētājā.
12. Atkārto mērījumus, mērot attālumu l arī līdz augstāko kārtu (otrās, trešās, ...) difrakcijas maksimumiem. Rezultātus ieraksta 2. tabulā.
13. Izslēdz sprieguma avotu.
14. Aprēķina sinφ, λ, λ_{vid}.

Piezīme. Gaismas viļņa garumu iespējams noteikt arī, skatoties uz gaismas avotu caur difrakcijas režģi un mērot atbilstīgos attālumus.

Iegūto datu reģistrēšana un apstrāde

Iegūtos mērījumus skolēni patstāvīgi ieraksta tabulā.

1. tabula

Gaismas viļņa garuma noteikšana difrakcijas režģim, kura periods d_1 = 1,9 μm

Krāsa	L, cm	k	l, cm	sin$\varphi \approx l/L$	λ, m	λ_{vid}, m
Tumši zila	10	+1	2,5	0,25	$4{,}8\cdot10^{-7}$	$4{,}7\cdot10^{-7}$
		-1	2,4	0,24	$4{,}6\cdot10^{-7}$	
Sarkana		+1	3,4	0,34	$6{,}5\cdot10^{-7}$	$6{,}6\cdot10^{-7}$
		-1	3,5	0,35	$6{,}7\cdot10^{-7}$	

2. tabula

Gaismas viļņa garuma noteikšana difrakcijas režģim, kura periods d_2 = 3,3 μm

Krāsa	L, cm	k	l, cm	sin$\varphi \approx l/L$	λ, m	λ_{vid}, m
Tumši zila	3,5	+1	0,5	0,14	$4{,}3\cdot10^{-7}$	$4{,}7\cdot10^{-7}$
		+2	1,0	0,29	$4{,}8\cdot10^{-7}$	
Sarkana		+1	0,8	0,23	$7{,}6\cdot10^{-7}$	$7{,}6\cdot10^{-7}$
		+2	1,6	0,46	$7{,}6\cdot10^{-7}$	

Rezultātu analīze, izvērtēšana un secinājumi

Skolēni izvērtē iegūtos rezultātus, atbildot uz jautājumiem.

1. Salīdzina darbā iegūtos viļņa garumus ar elektromagnētisko viļņu skalā dotajiem (sk. uzziņu literatūru).
   Darbā iegūtie viļņa garumi zilai un sarkanai krāsai atbilst elektromagnētisko viļņu skalā norādītajiem viļņu garumiem.
   Tabulās dotie viļņu garumi:
   Zila 0,45... 0,48 μm
   Sarkana 0,62... 0,76 μm
2. Salīdzina ar abiem difrakcijas režģiem novēroto gaismas spektru platumu uz ekrāna. Izskaidro atšķirību.
   Platāks spektrs ir režģim ar mazāku periodu. Difrakcija labāk novērojama struktūrās, kuru izmēri ir samērojami ar gaismas viļņa garumu.
3. Kā varētu precīzāk noteikt gaismas viļņa garumu?

Precīzāk viļņa garumu iespējams noteikt, izmantojot gaismas avotu ar vienu viļņa garumu vai precīzāku leņķu mērīšanas ierīci (piemēram, goniometru).

GAISMAS POLARIZĀCIJA

Darba izpildes laiks 15 minūtes F_12_LD_03_02

Mērķis

Veidot izpratni par gaismas polarizāciju, izmantojot polarizatorus un analizējot novērojumus.

Sasniedzamais rezultāts

- Mācās novērot gaismas intensitātes maiņu, izmantojot polarizatorus.
- Secina, pamatojoties uz eksperimenta novērojumiem, pētot gaismas polarizāciju.

Saskata un formulē pētāmo problēmu	–
Formulē hipotēzi	–
Saskata (izvēlas) un sagrupē lielumus, pazīmes	–
Izvēlas atbilstošus darba piederumus un vielas	Dots
Plāno darba gaitu, izvēloties drošas, videi nekaitīgas darba metodes	Dots
Novēro, mēra un reģistrē datus	Patstāvīgi
Lieto darba piederumus un vielas	Mācās
Apstrādā datus	Patstāvīgi
Analizē, izvērtē rezultātus, secina	Patstāvīgi
Prezentē darba rezultātus	–
Sadarbojas, strādājot grupā (pārī)	Patstāvīgi

Darbu skolēni veic pāros, mācās strādāt ar gaismas polarizatoriem, aprakstīt savus novērojumus un analizēt tos.

Uzdevums

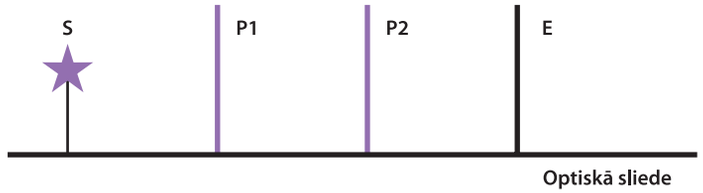
Novērot gaismas polarizāciju un aprakstīt novērojumus.

Darba piederumi

Gaismas avots, savienotājvadi, gaismas avota barošanas bloks, optiskā sliede ar papildu piederumiem, 2 polarizatori, ekrāns.

Darba gaita

1. Izveido eksperimentālo iekārtu gaismas polarizācijas pētīšanai un parāda to skolotājam.
2. Uzzīmē eksperimentālās iekārtas shēmu.



3. Ieslēdz sprieguma avotu.
4. Gaismu no avota *S* virza cauri polarizatoriem *P*1 un *P*2 uz ekrānu *E*.
5. Pagriež abus polarizatorus tā, lai to rokturi atrastos pretī 0° iedaļai.
6. Griež vienu polarizatoru ap asi veselu apli un ik pēc noteikta pagrieziena leņķa ieraksta tabulā polarizatora pagrieziena leņķi un gaismas intensitātes izmaiņu uz ekrāna.
7. Izslēdz sprieguma avotu.

Iegūto datu reģistrēšana un apstrāde

Gaismas intensitāte atkarībā no polarizatoru savstarpējās orientācijas

Polarizatora pagrieziena leņķis, grādos	Gaismas intensitātes izmaiņa uz ekrāna
0°	liela
30°	samazinās
60°	samazinās
90°	gandrīz 0
120°	palielinās
150°	palielinās
180°	liela
210°	samazinās
240°	samazinās
270°	gandrīz 0
300°	palielinās
330°	palielinās
360°	liela

Rezultātu analīze, izvērtēšana un secinājumi

Skolēni izvērtē iegūtos rezultātus, atbildot uz jautājumiem.

1. Izskaidro eksperimentā iegūtos rezultātus.
   Cauri polarizatoram virzās gaisma, kuras elektriskā lauka intensitātes virziens sakrīt ar polarizatora caurlaidības virzienu. Gaisma, kas izgājusi cauri pirmajam polarizatoram, nevar iziet cauri otrajam polarizatoram, ja otrā polarizatora caurlaidības ass ir perpendikulāra pirmā polarizatora caurlaidības asij.
2. Par ko liecina gaismas polarizācija?
   Gaismas polarizācija liecina par to, ka gaisma ir šķērsvilnis.
3. Kādiem nolūkiem izmanto gaismas polarizāciju? Uzraksta piemērus.
   Polarizāciju mūsdienās izmanto, lai samazinātu gaismas intensitāti. Autobraucēji izmanto polarizētas saulesbrilles. Polarizējošs slānis ir briļļu lēcām, kas paredzētas, piemēram, darbā ar datoru. Mūsdienās polarizatorus izmanto ikvienā šķidro kristālu monitorā.
4. Kāpēc, griežot polarizatoru virs mobilā telefona ekrāna, mainās uzrakstu redzamība uz tā?
   Mobilā telefona ekrāns ir pārklāts ar polarizējoša materiāla kārtiņu, tāpēc gaisma, kas nāk no mobilā telefona ekrāna ir polarizēta.

....
Vārds uzvārds klase datums

DIFRAKCIJAS REŽĢIS

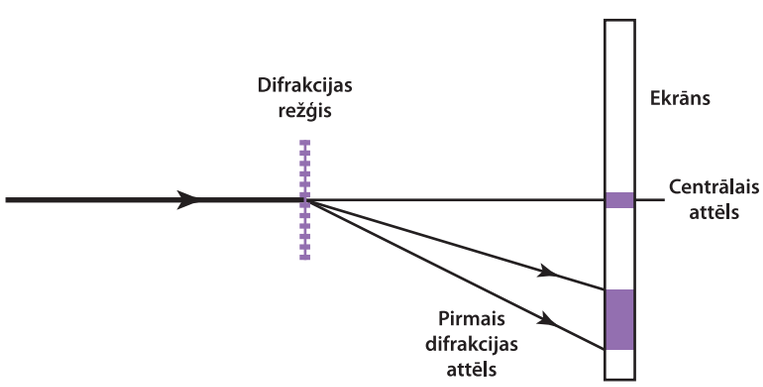
1. uzdevums *(9 punkti)*

Vai apgalvojums ir patiess? Ievelc krustiņu atbilstīgajā ailē!

Apgalvojums		Jā	Nē
a)	Difrakcijas režģis ir vienādu, paralēlu un vienādos attālumos izvietotu spraugu sistēma.		
b)	Difrakcijas režģi var būt caurspīdīgi, bet nevar būt gaismu atstarojoši.		
c)	Gaismai difraģējot režģī, maksimumi izvietojas simetriski attiecībā pret centrālo maksimumu.		
d)	Gaisma noliecas (difraģē) vairāk režģī, kuram ir lielāka konstante.		
e)	Apgaismojot difrakcijas režģi ar balto gaismu, centrālais maksimums ir balts.		
f)	Ar difrakcijas režģi var noteikt gaismas viļņa garumu.		
g)	Gaismas difrakcijas maksimumi pakļaujas nosacījumam $d\sin\varphi = m\lambda$, kur d ir difrakcijas režģa diametrs.		
h)	Difrakcijas dēļ sarkanā gaisma noliecas vairāk nekā zilā gaisma.		
i)	Apgaismojot difrakcijas režģi ar balto gaismu, uz ekrāna novērojamie augstāku kārtu difrakcijas maksimumi ir platāki nekā zemāko kārtu difrakcijas maksimumi.		
j)	Difrakcijas režģa konstante ir 1 μm. Apgaismojot režģi ar zaļo gaismu (λ = 0,5 μm), veidojas ne tikai centrālais maksimums, bet no tā uz katru pusi redzami vēl pieci augstāku kārtu maksimumi.		

2. uzdevums *(2 punkti)*

Baltās gaismas stars apgaismo difrakcijas režģi. Uzzīmē pirmajā difrakcijas attēlā sarkanās un violetās gaismas joslas novietojumu!



....
Vārds uzvārds klase datums

GAISMAS VIĻŅU ĪPAŠĪBAS

Katram jautājumam ir tikai viena pareiza atbilde. Izvēlies pareizo atbildi un pasvītro to!

Uzdevums (*10 punkti*)

1. Kuras krāsas gaismas vilnim atbilst vislielākā frekvence?

Sarkanas. Dzeltenas. Zaļas. Zilas.

2. Kura no minētajām gaismas parādībām ir noteicošā, ja, baltai gaismai izejot caur stikla prizmu, veidojas krāsaina josla?

Interference. Absorbcija. Difrakcija. Dispersija.

3. Kādēļ optiskajos instrumentos lēcas pārklāj ar plānu caurspīdīgu kārtiņu?

Lai novērstu polarizāciju. Lai samazinātu atstarošanos.
Lai novērstu dispersiju. Lai palielinātu redzes leņķi.

4. Ar kuru no minētajām ierīcēm visērtāk var noteikt gaismas viļņa garumu?

Ar izkliedētājlēcu. Ar polarizatoru. Ar difrakcijas režģi. Ar savācējlēcu.

5. Ar ko polarizēta gaisma atšķiras no dabiskas gaismas?

Ar krāsu. Ar viļņa garumu.
Ar elektriskā lauka intensitātes vektora svārstību virzienu. Ar elektriskā lauka intensitātes vektora svārstību frekvenci.

6. Kura no minētajām parādībām visvairāk ierobežo mikroskopa izšķiršanas spēju?

Polarizācija. Difrakcija. Atstarošana. Absorbcija.

7. Ar kuru no minētajām parādībām var izskaidrot to, ka plāna eļļas kārtiņa uz ūdens virsmas izskatās krāsaina?

Ar interferenci. Ar dispersiju. Ar polarizāciju. Ar absorbciju.

8. Kuras krāsas gaismas stars, izejot caur difrakcijas režģi, novirzās visvairāk?

Oranžas. Zilas. Dzeltenas. Violetas.

9. Uz kuru no minētajām parādībām var attiecināt sakarību $d\sin\varphi = k\lambda$?

Uz dispersiju. Uz absorbciju. Uz polarizāciju. Uz difrakciju.

10. Kā sauc telpiskus attēlus, kurus iegūst, pamatojoties uz difrakcijas un interferences parādībām?

Tetraedri. Hologrammas. Polaroīdi. Monogrammas.

....
Vārds uzvārds klase datums

GAISMAS VIĻŅI

1. variants

Darbā izmanto formulu lapu un kalkulatoru ar trigonometriskajām funkcijām!

1. uzdevums *(6 punkti)*

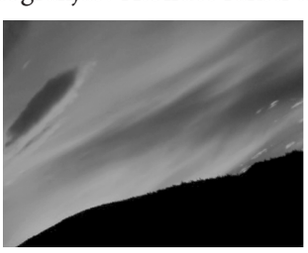
Vai apgalvojums ir patiess? Ievelc krustiņu atbilstīgajā ailē!

	Apgalvojums	Jā	Nē
a)	Ja baltā gaisma izplatās caur gaisā novietotu stikla prizmu, tad spektrā sarkanā gaisma ir vairāk lauzta nekā violetā gaisma.		
b)	Gaismas dispersiju var novērot, ja gaisma atstarojas no ieliekta spoguļa.		
c)	Attālums Mēness–Zeme vidēji ir 384 400 km, un gaisma to veic 1,0 sekundēs.		
d)	Divi gaismas viļņi ar garumu 620 nm pārklājoties, veido interferences minimumu, ja spēkā ir nosacījums, ka abos viļņos svārstības notiek vienādās fāzēs.		
e)	Fotoaparāta objektīvs atstarotā gaismā izskatās sārti violets (ceriņu ziedu krāsā), jo uz lēcas uzklātā plānā kārtiņa interferences dēļ nodrošina maksimālu dzelteni zaļās gaismas caurlaidību.		
f)	Difrakcija labāk novērojama, ja šķēršļa izmērs ir samērojams ar gaismas viļņa garumu.		

2. uzdevums *(6 punkti)*

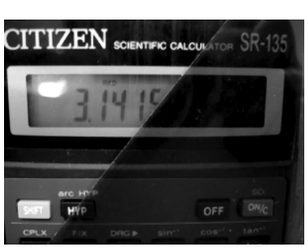
Kādas gaismas viļņu īpašības redzamas fotogrāfijās? Atbildes raksti tabulā!

1.



2.

3. a, b (mainītas ir tikai brilles)



4.

5.

6.

Atbildes	
Fotogrāfijas numurs	Gaismas viļņu īpašības
1.	
2.	
3. a, b	a) b)
4.	
5.	
6	

3. uzdevums *(5 punkti)*

Uz mitra asfalta izlijis benzīns. Benzīna laušanas koeficients ir 1,20, ūdens laušanas koeficients 1,33.

a) Kāpēc benzīns izskatās krāsains? Uzzīmē skaidrojošu attēlu, parādot uz benzīna kārtiņas krītošo gaismas staru un atstarotos starus!

b) Aprēķini, cik liels ir benzīna kārtiņas minimālais biezums vietās, kur tā izskatās zila (λ=450 nm)!

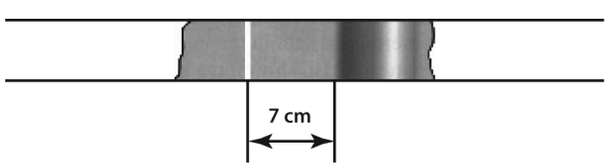
c) Vai kārtiņa var būt arī 3 reizes biezāka nekā aprēķināts punktā b? Paskaidro!

.....

.....

4. uzdevums *(4 punkti)*

Magnētiskās vētras laikā pētītas izmaiņas Saules spektrā. Uz ekrāna bijusi redzama difrakcijas aina. Tā nofotografēta, taču fotogrāfija nejauši saplēsta. Saglabājies tikai difrakcijas ainas fragments (sk. attēlu). Zināms, ka attālums no režģa līdz ekrānam ir 27 cm.



a) Kuras kārtas difrakcijas attēls redzams fotogrāfijas fragmentā?

b) Aprēķini difrakcijas režģa konstanti!

c) Aprēķini difrakcijas režģim svītru skaitu vienā milimetrā!

5. uzdevums *(6 punkti)*

Aizpildi tabulu par informācijas ierakstes un nolasīšanas atšķirībām ar magnētisko materiālu pārklātajos datora cietajos diskos un optiskajos kompaktdiskos!

	Jautājums	Cietais disks	Kompaktdisks
a)	Informācijas saglabāšanā lietotais fizikālais process		
b)	Informācijas nolasīšanā lietotais fizikālais process		

c) Ir jāieraksta informācija par attēlu un tekstu, kura apjoms ir 12 megabaiti. Kuru informācijas uzglabātāju tu izvēlētos? Atbildi pamato!

.....

.....

6. uzdevums *(3 punkti)*

a) Uzraksti, kāda gaismas viļņu īpašība tiek izmantota, veidojot uz fotoplates holografisku attēlu!

.....

.....

b) Paskaidro, kāpēc hologrammu veidošana strauji attīstījās tikai pēc 20. gs. sešdesmitajiem gadiem, lai gan tās teorija tika izstrādāta jau 1948. gadā!

.....

.....

c) Uzraksti divus hologrammu izmantošanas piemērus!

.....

.....

....
Vārds uzvārds klase datums

GAISMAS VIĻŅI

2. variants

Darbā izmanto formulu lapu un kalkulatoru ar trigonometriskajām funkcijām!

1. uzdevums *(6 punkti)*

Vai apgalvojums ir patiess? Ievelc krustiņu atbilstīgajā ailē!

	Apgalvojums	Jā	Nē
a)	Ja baltā gaisma izplatās caur gaisā novietotu stikla prizmu, tad spektrā violetā gaisma ir mazāk lauzta nekā sarkanā gaisma.		
b)	Gaismas dispersija novērojama, gaismai lūstot ūdens pilienos.		
c)	Gaisma perpendikulāri caur loga stiklu izplatās aptuveni $1 \cdot 10^{-8}$ sekundēs.		
d)	Gaismas viļņi ar garumu 0,60 μm pārklājoties, veido interferences maksimumu tad, ja abi viļņi svārstās vienādās fāzēs.		
e)	Ziepju burbulis zaigo dažādās krāsās, jo ziepjūdens plēvītei dažādās vietās ir atšķirīgs laušanas koeficients.		
f)	Difrakcija vislabāk novērojama, ja objekta izmēri ievērojami pārsniedz gaismas viļņa garumu.		

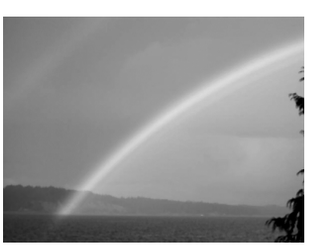
2. uzdevums *(6 punkti)*

Kādas gaismas viļņu īpašību izpausmes ir redzamas fotogrāfijās? Atbildes raksti tabulā!

1.

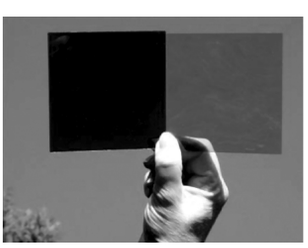
2.

3.



4.

5.



6.

Atbildes	
Fotogrāfijas numurs	Gaismas viļņu īpašības
1.	
2.	
3.	
4.	
5.	
6.	

3. uzdevums *(5 punkti)*

Lai samazinātu atstarošanos, gaismjutīgos elementus Saules baterijās pārklāj ar plānu, caurspīdīgu silīcija oksīda kārtiņu. Kārtiņas laušanas koeficients ir 1,45, bet gaismjutīgā elementa laušanas koeficients ir 3,5.

a) Kāpēc šāda caurspīdīga kārtiņa spēj samazināt gaismas atstarošanas spēju? Uzzīmē skaidrojošu attēlu!

b) Cik lielam jābūt kārtiņas minimālam biezumam, lai maksimāli samazinātu atstarošanu gaismai ar viļņa garumu 0,55 μm, kas atbilst redzamās gaismas spektra vidusdaļai?

c) Vai kārtiņa var būt arī 4 reizes biezāka? Paskaidro!

.....

.....

4. uzdevums *(4 punkti)*

Lai noteiktu temperatūru Oriona miglājā, izmanto spektrā redzamās skābekļa un slāpekļa spektrāllīnijas. Skābekļa spektrāllīniju viļņa garums ir 0,496 μm un 0,501 μm, bet slāpekļa – 0,658 μm.

Lai līnijas izšķirtu un izmērītu to intensitāti, izmanto difrakcijas režģi, kura konstante 1,0 μm.

Attēlā parādīts difrakcijas centrālais attēls un pirmās kārtas attēls skābekļa līnijām.

a) Papildini to ar pirmās kārtas difrakcijas attēlu slāpekļa līnijai!

b) Cik difrakcijas maksimumi slāpekļa līnijai (0,658 μm) būs novērojami ar doto režģi?

c) Aprēķini difrakcijas režģim svītru skaitu vienā milimetrā!

5. uzdevums *(6 punkti)*

Aizpildi tabulu par informācijas ierakstes un nolasīšanas atšķirībām ar magnētisko materiālu pārklātajos datora cietajos diskos un optiskajos kompaktdiskos.

	Jautājums	Cietais disks	Kompaktdisks
a)	Informācijas saglabāšanā lietotais fizikālais process		
b)	Informācijas nolasīšanā lietotais fizikālais process		

c) Ir jāieraksta informācija par attēlu un tekstu, kura apjoms ir 12 megabaiti. Kuru informācijas uzglabātāju tu izvēlētos? Atbildi pamato!

.....

.....

6. uzdevums *(3 punkti)*

a) Uzraksti, ar ko holografiskais attēls uz fotoplates atšķiras no attēla, ko iegūst uz fotoplates kā tiešu priekšmeta kopiju!

.....

.....

.....

b) Paskaidro, kāpēc hologrammu veidošana strauji attīstījās tikai pēc 20. gs sešdesmitajiem gadiem, lai gan tās teorija tika izstrādāta jau 1948. gadā!

.....

.....

c) Uzraksti divus hologrammu izmantošanas piemērus!

.....

.....

GAISMAS VIĻŅI

1. variants

Darbā izmanto formulu lapu un kalkulatoru ar trigonometriskajām funkcijām.

1. uzdevums (*6 punkti*)

Vai apgalvojums ir patiess? Ievelc krustiņu atbilstīgajā ailē!

	Apgalvojums	Jā	Nē
a)	Ja baltā gaisma izplatās caur gaisā novietotu stikla prizmu, tad spektrā sarkanā gaisma ir vairāk lauzta nekā violetā gaisma.		
b)	Gaismas dispersiju var novērot, ja gaisma atstarojas no ieliekta spoguļa.		
c)	Attālums Mēness–Zeme vidēji ir 384 400 km, un gaisma to veic 1,0 sekundēs.		
d)	Divi gaismas viļņi ar garumu 620 nm pārklājoties, veido interferences minimumu, ja spēkā ir nosacījums, ka abos viļņos svārstības notiek vienādās fāzēs.		
e)	Fotoaparāta objektīvs atstarotā gaismā izskatās sārti violets (ceriņu ziedu krāsā), jo uz lēcas uzklātā plānā kārtiņa interferences dēļ nodrošina maksimālu dzelteni zaļās gaismas caurlaidību.		
f)	Difrakcija labāk novērojama, ja šķēršļa izmērs ir samērojams ar gaismas viļņa garumu.		

2. uzdevums (*6 punkti*)

Kādas gaismas viļņu īpašības redzamas fotogrāfijās? Atbildes raksti tabulā!

1.

2.

3. a, b
(mainītas ir tikai brilles)

4.

5.

6.

Atbildes	
Fotogrāfijas numurs	Gaismas viļņu īpašības
1.	
2.	
3. a, b	a) b)
4.	
5.	
6	

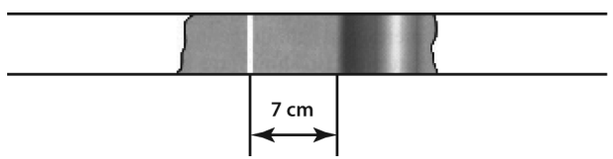
3. uzdevums (*5 punkti*)

Uz mitra asfalta izlijis benzīns. Benzīna laušanas koeficients ir 1,20, ūdens laušanas koeficients 1,33.

a) Kāpēc benzīns izskatās krāsains? Uzzīmē skaidrojošu attēlu, parādot uz benzīna kārtiņas krītošo gaismas staru un atstarotos starus!
b) Aprēķini, cik liels ir benzīna kārtiņas minimālais biezums vietās, kur tā izskatās zila (λ=450 nm)!
c) Vai kārtiņa var būt arī 3 reizes biezāka nekā aprēķināts punktā b? Paskaidro!

4. uzdevums (*4 punkti*)

Magnētiskās vētras laikā pētītas izmaiņas Saules spektrā. Uz ekrāna bijusi redzama difrakcijas aina. Tā nofotografēta, taču fotogrāfija nejauši saplēsta. Saglabājies tikai difrakcijas ainas fragments (sk. att.). Zināms, ka attālums no režģa līdz ekrānam ir 27 cm.



a) Kuras difrakcijas kārtas attēls redzams fotogrāfijas fragmentā?
b) Aprēķini difrakcijas režģa konstanti!
c) Aprēķini difrakcijas režģim svītru skaitu vienā milimetrā!

5. uzdevums (*6 punkti*)

Aizpildi tabulu par informācijas ierakstes un nolasīšanas atšķirībām ar magnētisko materiālu pārklātajos datora cietajos diskos un optiskajos kompaktdiskos!

	Jautājums	Cietais disks	Kompaktdisks
a)	Informācijas saglabāšanā lietotais fizikālais process		
b)	Informācijas nolasīšanā lietotais fizikālais process		

c) Ir jāieraksta informācija par attēlu un tekstu, kura apjoms ir 12 megabaiti. Kuru informācijas uzglabātāju tu izvēlētos? Atbildi pamato!

6. uzdevums (*3 punkti*)

a) Uzraksti, kāda gaismas viļņu īpašība tiek izmantota, veidojot uz fotoplates holografisku attēlu!
b) Paskaidro, kāpēc hologrammu veidošana strauji attīstījās tikai pēc 20. gs. sešdesmitajiem gadiem, lai gan tās teorija tika izstrādāta jau 1948. gadā!
c) Uzraksti divus hologrammu izmantošanas piemērus!

GAISMAS VIĻŅI

2. variants

Darbā izmanto formulu lapu un kalkulatoru ar trigonometriskajām funkcijām.

1. uzdevums (*6 punkti*)

Vai apgalvojums ir patiess? Ievelc krustiņu atbilstīgajā ailē!

	Apgalvojums	Jā	Nē
a)	Ja baltā gaisma izplatās caur gaisā novietotu stikla prizmu, tad spektrā violetā gaisma ir mazāk lauzta nekā sarkanā gaisma.		
b)	Gaismas dispersija novērojama, gaismai lūstot ūdens pilienos.		
c)	Gaisma perpendikulāri caur loga stiklu izplatās aptuveni $1 \cdot 10^{-8}$ sekundēs.		
d)	Gaismas viļņi ar garumu 0,60 μm pārklājoties, veido interferences maksimumu tad, ja abi viļņi svārstās vienādās fāzēs.		
e)	Ziepju burbulis zaigo dažādās krāsās, jo ziepjūdens plēvītei dažādās vietās ir atšķirīgs laušanas koeficients.		
f)	Difrakcija vislabāk novērojama, ja objekta izmēri ievērojami pārsniedz gaismas viļņa garumu.		

2. uzdevums (*6 punkti*)

Kādas gaismas viļņu īpašību izpausmes ir redzamas fotogrāfijās? Atbildes raksti tabulā!

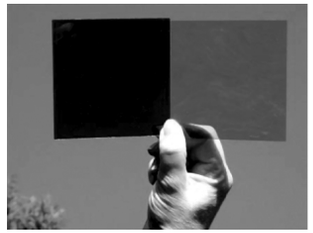
1.

2.

3.

4.

5.



6.

Atbildes	
Fotogrāfijas numurs	Gaismas viļņu īpašības
1.	
2.	
3.	
4.	
5.	
6.	

3. uzdevums (*5 punkti*)

Lai samazinātu atstarošanos, gaismjutīgos elementus Saules baterijās pārklāj ar plānu, caurspīdīgu silīcija oksīda kārtiņu. Kārtiņas laušanas koeficients ir 1,45, bet gaismjutīgā elementa laušanas koeficients ir 3,5.

a) Kāpēc šāda caurspīdīga kārtiņa spēj samazināt gaismas atstarošanas spēju? Uzzīmē skaidrojošu attēlu!
b) Cik lielam jābūt kārtiņas minimālam biezumam, lai maksimāli samazinātu atstarošanu gaismai ar viļņa garumu 0,55 μm, kas atbilst redzamā spektra vidusdaļai?
c) Vai kārtiņa var būt arī 4 reizes biezāka? Paskaidro!

4. uzdevums (*4 punkti*)

Lai noteiktu temperatūru Oriona miglājā, izmanto spektrā redzamās skābekļa un slāpekļa spektrāllīnijas. Skābekļa spektrāllīniju viļņa garums ir 0,496 μm un 0,501 μm, bet slāpekļa – 0,658 μm.

Lai līnijas izšķirtu un izmērītu to intensitāti, izmanto difrakcijas režģi, kura konstante 1,0 μm.

Attēlā parādīts difrakcijas centrālais attēls un pirmās kārtas attēls skābekļa līnijām.

a) Papildini to ar pirmās kārtas difrakcijas attēlu slāpekļa līnijai!
b) Cik difrakcijas maksimumi slāpekļa līnijai (0,658 μm) būs novērojami ar minēto režģi?
c) Aprēķini difrakcijas režģim svītru skaitu vienā milimetrā!

5. uzdevums (*6 punkti*)

Aizpildi tabulu par informācijas ierakstes un nolasīšanas atšķirībām ar magnētisko materiālu pārklātajos datora cietajos diskos un optiskajos kompaktdiskos.

	Jautājums	Cietais disks	Kompaktdisks
a)	Informācijas saglabāšanā lietotais fizikālais process		
b)	Informācijas nolasīšanā lietotais fizikālais process		

c) Ir jāieraksta informācija par attēlu un tekstu, kura apjoms ir 12 megabaiti. Kuru informācijas uzglabātāju tu izvēlētos? Atbildi pamato!

6. uzdevums (*3 punkti*)

a) Uzraksti, ar ko holografiskais attēls uz fotoplates atšķiras no attēla, ko iegūst uz fotoplates kā tiešu priekšmeta kopiju!
b) Paskaidro, kāpēc hologrammu veidošana strauji attīstījās tikai pēc 20. gs sešdesmitajiem gadiem, lai gan tās teorija tika izstrādāta jau 1948. gadā!
c) Uzraksti divus hologrammu izmantošanas piemērus!

GAISMAS VIĻŅI

Vērtēšanas kritēriji

Uzd.	Kritēriji	Punkti
1.	Izprot gaismas dispersijas parādību – 1 punkts	6
	Zina dispersijas fizikālo izcelsmi – 1 punkts	
	Novērtē gaismas izplatīšanās laiku – 1 punkts	
	Izprot gaismas interferences fizikālo būtību – 1 punkts	
	Izprot interferences norisi plānās plēvītēs – 1 punkts	
	Zina difrakcijas fizikālo izcelsmi – 1 punkts	
2.	Izprot difrakcijas režģa darbības principu un atpazīst difrakcijas ainu (1. var.) vai atpazīst gaismas izkliedi (2. var.) – 1 punkts	6
	Zina gaismas izkliedes atkarību no gaismas viļņa garuma un izskaidro mākoņu sarkano krāsu (1. var.) vai atpazīst difrakcijas parādību (2. var.) – 1 punkts	
	Zina gaismas atstarošanas īpašību – 1 punkts Izprot interferences rašanos plānos pārklājumos – 1 punkts	
	Izprot gaismas polarizācijas virziena maiņas fizikālos principus un atkarību no viļņa garuma (1. var.) vai gaismas dispersijas rašanos (2. var.) – 1 punkts	
	Zina gaismas interferences efektus plānās kārtiņās – 1 punkts	
	Zina gaismas dispersijas fizikālo būtību un izskaidro varavīksnes krāsu veidošanos ūdens pilienos (1. var.) vai izskaidro polarizāciju (2. var.) – 1 punkts	
3.	Izprot gaismas intensitātes pastiprināšanos, notiekot interferencei – 1 punkts Parāda zīmējumā interferējošos starus – 1 punkts	5
	Nosaka optiskā ceļa garumu atšķirību gaismas viļņiem – 1 punkts Aprēķina kārtiņas biezumu – 1 punkts	
	Zina interferences maksimuma nosacījumu – 1 punkts	
4.	Zina difrakcijas ainas struktūru – 1 punkts	4
	Aprēķina difrakcijas leņķi – 1 punkts Aprēķina režģa konstanti (1. var.) vai spektra kārtu (2. var.) – 1 punkts	
	Aprēķina svītru skaitu garuma vienībā – 1 punkts	
5.	Zina izmantojamos fizikālos procesus informācijas saglabāšanā cietajā diskā – 1 punkts Zina izmantojamos fizikālos procesus informācijas saglabāšanā kompaktdiskā – 1 punkts	6
	Zina izmantojamos fizikālos procesus informācijas nolasīšanā no cietā diska – 1 punkts Zina izmantojamos fizikālos procesus informācijas nolasīšanā no kompaktdiska – 1 punkts	
	Izprot katra ieraksta priekšrocības – 1 punkts Pamato savus spriedumus – 1 punkts	
6.	Zina gaismas īpašību lietojumu hologrammu veidošanā – 1 punkts	3
	Analizē optisko pētījumu nozīmi tehnoloģiju attīstībā – 1 punkts	
	Zina piemērus hologrammu lietošanai – 1 punkts	
	Kopā	30