

Projekta numurs: 8.3.2.1/16/I/002

Nacionāla un starptautiska mēroga pasākumu īstenošana izglītojamo talantu attīstībai

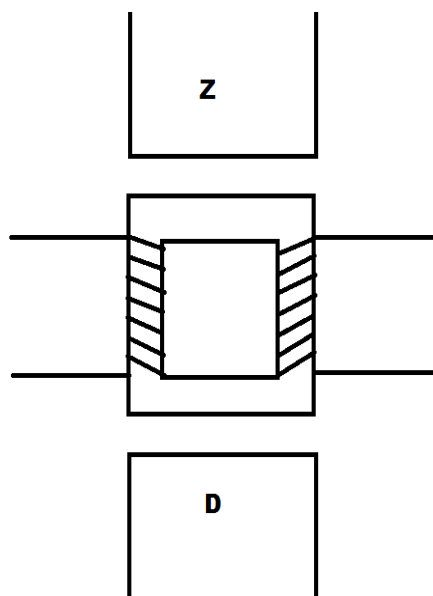
Fizikas valsts 67. olimpiāde Trešā posma uzdevumi 12. klasei

Jums tiek piedāvāti trīs uzdevumi. Par katru uzdevumu maksimāli iespējams iegūt 10 punktus. Katra uzdevuma risinājumu vēlams veikt uz atsevišķas rūtiņu lapaspuses. Neaizmirstiet uzrakstīt risināmā uzdevuma soļa numuru. Baltais papīrs paredzēts melnrakstam - to žūrijas komisija neskatīsies. Laiks - 180 minūtes

1. uzdevums

TRANSFORMATORS

Šajā uzdevumā aplūkosim transformatoru, kuram ir primārajā tinumā ir $n_1 = 1000$ vijumu un sekundārajā tinumā $n_2 = 100$ vijumu. Serdes magnētiskā caurlaidība ir bezgalīga un tajā inducētās strāvas var neievērot. Spolēm tinumu virzieni ir pretēji. Serdes posmi, ap kuriem ir aptīti vadi ir $x = 1$ cm plati, $y = 1$ cm bieži un $h = 4$ cm augsti. Transformators tiek novietots starp 2 magnētiem, kuriem katram virsmas laukums ir 10 cm^2 un magnētiskais lauks pirms transformatora ievietošanas starp magnētiem bija $B = 0,1 \text{ T}$. Pieņemsim, ka magnētiskā plūsma starp magnētiem nemainās ievietojot transformatoru starp tiem un ir vienmērīgi sadalīta starp serdes posmiem ap kuriem aptīti vadi.



1.1.attēls

- A** Uzzīmēt magnētiskā lauka līnijas starp magnētiem pēc transformatora ievietošanas starp tiem.
[1 punkts]
- B** Aprēķināt elektrodzinējspēku, kāds inducējas katrā no tinumiem, ja pieņem, ka viss magnētiskais lauks, kas bija starp magnētiem, tagad plūst tikai caur transformatoru un magnētiskā lauka indukcija transformatorā - no 0 līdz maksimālai vērtībai - vienmērīgi pieaug 1 milisekundes laikā.
[3 punkti]

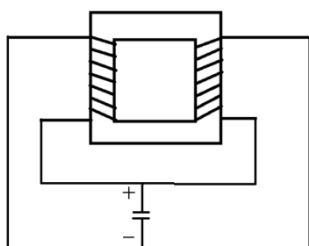
Tālākajos uzdevuma jautājumos apskatīsim situāciju, kad transformators vairs neatrodas starp magnētiem. Transformatorā izmantotā vada pretestība ir 1 oms uz metru.

C [4 punkti]

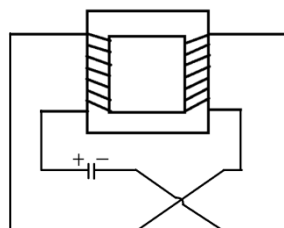
C1 Kādā slēgumā jāslēdz transformatora spoles, lai tiktu iegūts stiprākais magnētiskais lauks transformatora serdē, ja spolēm tiek pievienots nemainīgs spriegums U ? Tinumi ir satīti vienā slānī.

C2 Cik liela būs attiecība starp paralēlā un virknes slēguma magnētiskā lauku indukcijas vērtībām (aplūkot tikai situācijas, kurās abu spoļu magnētiskie lauki summējas)? (Induktivitāte ir proporcionāla vijumu skaitam).

D Transformatoram tiek pieslēgts uzlādēts kondensators ar spriegumu U_0 divos veidos (skatīt 1.2. attēlu).



Pirmais veids



Otrais veids

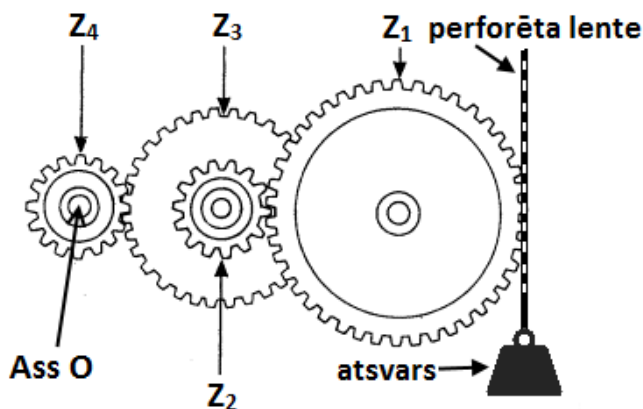
1.2. attēls. Kondensatora pieslēgšanas veidi transformatoram

Uzskicēt sprieguma uz kondensatora plāksnēm atkarību no laika un magnētiskā lauka līnijas transformatora serdē katram pieslēguma veidam (pretestību var neņemt vērā). [2 punkti]

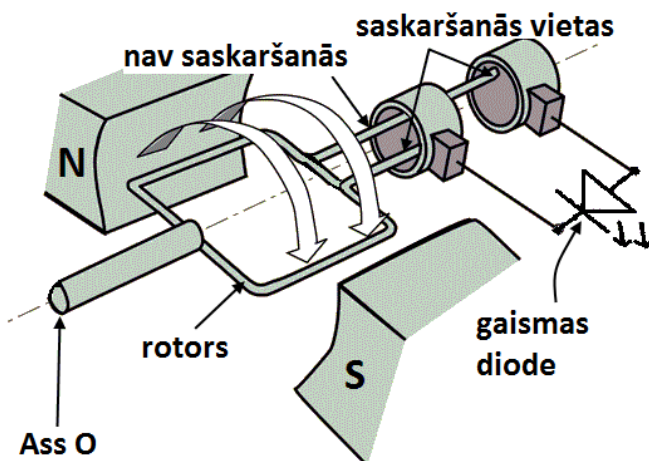
2. uzdevums

GRAVITĀCIJAS LAMPA

Izrādās, māju var apgaismot, izmantojot gravitācijas spēku. Apskatīsim ierīci, kas to realizē. Ierīce sastāv no zobratu sistēmas (2.1. att.), kam piekārts atsvars, un elektriskā ģeneratora (2.2. att.). Zobratu sistēmu ar ģeneratoru savieno ass O. Pie ģeneratora izejas pieslēdzam gaismas diodi.



2.1. attēls



2.2. attēls

Zobratam Z_1 ir $n_1 = 168$ zobi un diametrs $d_1 = 10,5$ cm, zobratam Z_2 ir $n_2 = 14$ zobi, zobratam Z_3 ir $n_3 = 160$ zobi, zobratam Z_4 ir $n_4 = 16$ zobi un diametrs $d_4 = 1$ cm. Zobrati Z_1 un Z_3 ir savienoti un griežas kopā.

Ģeneratora magnēts dod homogēnu magnētisko lauku ar magnētisko indukciju $B = 0,5$ T. Ar N un S apzīmēts attiecīgi magnēta ziemeļpols un dienvidpols. Ģeneratora rotors ir kvadrātveida rāmis ar malas garumu $a = 5$ cm. Uz rotora uztīti $N = 500$ vijumi. Pieņemt, ka starp zobratiem un starp asīm un armatūru nav berzes. Rotora masu neievērot.

Var uzskatīt, ka, saslēdzot kopā zobratu sistēmu, ģeneratoru un gaismas diodi un zobratam Z_4 pieliekot spēka momentu $0,04$ N·m, zobrats Z_4 griežīsies ar nemainīgu ātrumu 100 apgriezieni minūtē.

- A** Ar cik lielu ātrumu (apgriezieni minūtē) ir jāgriežas zobratam Z_1 , lai zobrats Z_4 grieztos ar ātrumu 100 apgriezieni minūtē? [2 punkti]
- B** Cik lielas masas atsvars ir jāpiekar uz zobrata Z_1 , lai uz zobratu Z_4 darbotos spēka moments $0,04$ N·m? [2 punkti]
- C** Atsvaru piekaram augstumā $h = 2$ m virs zemes. Cik ilgi atsvars darbinās ģeneratoru? Laiku, kamēr atsvars paātrinās līdz vienmērīgam ātrumam, neņem vērā. [1 punkts]

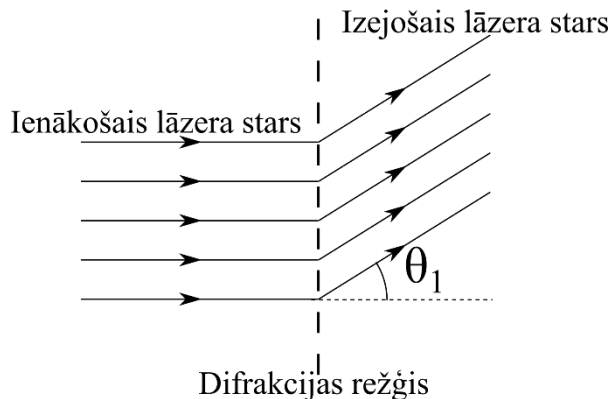
- D** Norādīt, kādā virzienā plūst strāva caur gaismas diodi 2.2. att. parādītajā situācijā! Paskaidrot! Uzrakstīt izteiksmi, kā mainās magnētiskā plūsma caur rotoru atkarībā no laika $\Phi(t)$! Uzskatīt, ka sākuma momentā rotors novietots horizontāli. [2 punkti]
- E** Aplūkosim vienu ģenerators periodu T , t.i., laika sprīdi, kurā rotors ir izdarījis vienu pilnu apgriezību. Novērtēt ģenerators inducēto elektrodzinējspēku (EDS) sākuma laika momentā! [1 punkts]
- F** Ja zobratam Z_1 piekārto atsvaru tur nekustīgu un tad palaiž vaļā, tad sākotnēji atsvara ātrums palielinās. Bet pēc kāda brīža var uzskatīt, ka atsvara ātrums vairs nemainās. Paskaidrot, kāpēc atsvara ātrums neturpina palielināties visu laiku! Kas mainīsies, ja piekārsim smagāku atsvaru? [2 punkti]

3. uzdevums

AKUSTI-OPTISKAIS STARU NOLIECĒJS

Akusti-optiskais staru noliecējs ir ierīce, kas ar skaņas viļņa palīdzību ir spējīga noliekt lāzera staru. Apskatīsim fizikālos principus, kas ļauj to izdarīt.

Akusti-optiskais staru noliecējs ir kristāls. Ja kristāla vienā galā tiek radīta ultraskaņa, tad tā izplatās pa kristālu, radot telpā periodiskas spiediena izmaiņas. Tiek izmantots kristāls, kura laušanas koeficients ir atkarīgs no spiediena (var pieņemt, ka atkarība ir lineāra). Rezultātā rodas telpā periodiskas laušanas koeficienta izmaiņas, kas uzvedās kā lineārs difrakcijas režģis. Pareizi novietojot kristālu var panākt, ka lielākā daļa gaismas nonāk izejošās gaismas pirmajā maksimumā. Šī maksimuma vietas novietojums ir atkarīgs no difrakcijas režģa konstantes, tātad no skaņas frekvences. Jāņem vērā, ka skaņas radītā gaismas laušanas koeficienta izmaiņas ir tik niecīgas, ka neizmaina gaismas izplatīšanās ātrumu, bet tikai atstaro daļu gaismas tādā veidā radot difrakcijas režģi.

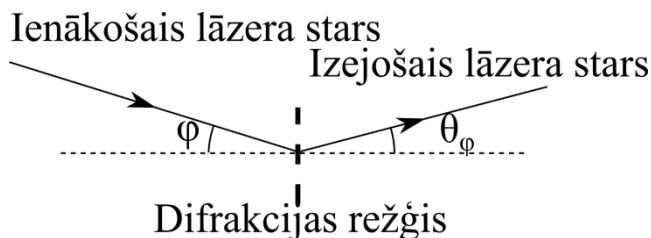


3.1. attēls

A Aprēķināt skaņas viļņa garumu λ_s , ja skaņas ātrums kristālā ir $v_s = 5000$ m/s un skaņas viļņa frekvence ir $f_s = 20$ MHz. [1 punkts]

B Aprēķināt 1. maksimuma atrašanās vietu Θ_1 , pieņemot, ka lāzera stari krīt perpendikulāri plānam lineāram difrakcijas režģim (3.1. att.), ko veido akusti-optiskais staru noliecējs. Pirmā maksimuma atrašanās vieta ir vismazākais leņķis $\Theta > 0$, pie kura dotā viļņa garuma gaismai ir intensitātes maksimums. Pieņem, ka tiek izmantots lāzers ar viļņa garumu $\lambda = 700$ nm un difrakcijas režģi veido A jautājumā iegūtais skaņas vilnis. [1 punkts]

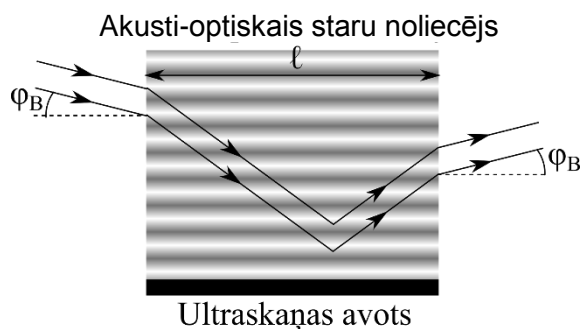
C Ja lāzera stars uz difrakcijas režģi krīt nevis perpendikulāri, bet leņķī φ (3.2. att.), tad pirmais maksimums būs novērojams leņķī Θ_φ . Uzrakstīt sakarību, kas saista Θ_φ ar φ un Θ_1 (definētu B punktā). [1 punkts]



3.2. attēls

Līdz šim mēs pieņemām, ka akusti-optiskais staru noliecējs ir plāns, bet patiesībā tā biezums ir ap 1 cm, kā rezultātā ir jāņem vērā arī staru gaita kristālā. Tādā gadījumā var uzskatīt, ka katrs skaņas viļņa maksimums (laušanas koeficienta maksimums) atstaro daļu krītošās gaismas, kas pēc tam tā spēj interferēt.

D Aprēķināt gājumu diferenci Δs paralēliem gaismas stariem, kas krīt uz akusti-optiskā staru noliecēja leņķī φ_B (3.3. att.) un vienu reizi atstarojas no blakus esošiem ultraskaņas maksimumiem. Izmantot, ka akusti-optiskā staru noliecēja biezums ir ℓ un gaismas laušanas koeficients ir n . Pieņem, ka skaņas radītā gaismas laušanas koeficienta izmaiņas ir tik niecīgas, ka neizmaina gaismas izplatīšanās ātrumu, bet pietiekami ievērojamas, lai daļa gaismas tiktu atstarota. Rezultātu izteikt ar lielumiem φ_B , ℓ , n , un skaņas viļņa garumu λ_s . [1 punkts]



3.3. attēls

E Izmantojot D jautājumā iegūto rezultātu aprēķināt mazāko $\varphi_B > 0$, pie kura novērojams interferences maksimums. Izmantot parametrus, kas doti un aprēķināti A un B jautājumā. [1 punkts]

Līdz šim tika pieņemts, ka skaņas vilnis ir nekustīgs (stāvvilnis), tomēr līdzīgu ainu var iegūt arī ar skrejvilni, kas kustas ar ātrumu $v_s = 5000$ m/s. Tā rezultātā, lāzera staram atstarojoties no viļņa maksimuma, jābūt novērojamai gaismas viļņa Doplera nobīdei.

F Aprēķināt izejošā lāzera stara frekvences nobīdi Δf , ja gaisma krīt uz paraugu E jautājumā iegūtajā leņķī φ_B . Aprēķinos var būt nepieciešams izmantot sakarības

$$\sqrt{1+x} \approx 1 + \frac{x}{2} \text{ un } \frac{1}{1+x} = 1 - x, \text{ ja } x \ll 1$$

[3,75 punkti]

G Vai lāzera stara frekvence ir palielinājusies vai samazinājusies par F jautājumā izrēķināto lielumu, ja ultraskaņas avots un stara virziens ir tāds, kā redzams 3.2. attēlā. [0,25 punkti]

H Vai lāzera stara viļņa garums palielinās vai samazinās F jautājumā izrēķinātajā gadījumā? Par cik lielu vērtību? Ja lāzera viļņa garums ir $\lambda = 700$ nm. Aprēķinos var būt nepieciešams izmantot sakarību

$$\frac{1}{1+x} = 1 - x, \text{ ja } x \ll 1$$

[1 punkts]