

Latvijas skolēnu 61. fizikas olimpiādes III posms

Uzdevumi

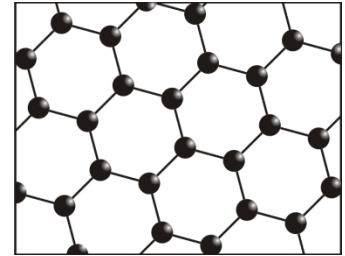
Teorētiskā kārta
2011. gada 7. aprīlī

9. klase

Jums tiek piedāvāti 3 uzdevumi. Par katru uzdevumu maksimāli iespējams iegūt 10 punktus. Katra uzdevuma risinājumu vēlams veikt uz atsevišķas rūtiņu lapašpuses. Neaizmirstiet uzrakstīt risināmā uzdevuma un soļa numuru! Baltais papīrs paredzēts melnrakstam – to žūrijas komisija neskatīsies. Laiks – 150 minūtes.

1. uzdevums

2010. gada Nobela prēmiju fizikā saņēma Andrejs Geims un Konstantīns Novosjolovs par grafēna pētījumiem. Aprakstot tuvināti, grafēnu veido oglekļa atomi, kas ir izvietojušies plaknē regulāru sešstūru virsotnēs (skatīt attēlā). Sešstūra vienas malas garums ir 0,142 nanometri.



A. Aprēķiniet vienas grafēna plaknes masu, ja tās laukums ir 1 m^2 un grafēnu veido ^{12}C atomi, bet atommasas vienība ir $1,66 \times 10^{-27} \text{ kg}$ (oglekļa ^{12}C izotopa masa ir vienāda ar 12 atommasas vienībām).

B. Aprēķiniet maksimālo teorētiski iespējamo grafēna taisnstūrveida aizkaru augstumu, pieņemot, ka oglekļa saite grafēnā spēj izturēt maksimāli 10^{-8} N lielu sastiepuma spēku. Pieņemt, ka brīvās krišanas paātrinājums ir neatkarīgs no augstuma.

2. uzdevums

Spuldzīti pieslēdzot 230 V lielam spriegumam, tās kvēldiegs uzkarst līdz 2500 K, un tajā izdalās 100 W liela jauda. Var pieņemt, ka visa jauda izdalās starojuma veidā, turklāt ir zināms, ka kvēldiega starojuma jauda ir proporcionāla tā temperatūras 4. pakāpei, bet tā elektriskā pretestība – temperatūras pirmajai pakāpei.

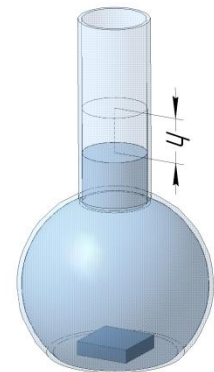
A. Kāda būs kvēldiega temperatūra, ja spuldzīti pieslēgs 100 V spriegumam?

B. Kāda būs spuldzītes izdalītā jauda šajā gadījumā?

3. uzdevums

Hermētisks konteiners ir aizpildīts ar šķidro dzīvsudrabu, un konteintera dibenā atrodas dzīvsudraba gabals cietā agregātstāvoklī. Konteintera augšdaļā atrodas ar dzīvsudrabu daļēji aizpildīta caurule, kuras rādiuss ir 20 cm un no kuras ir izsūknēts gaiss. Cieto dzīvsudraba gabalu sāk sildīt tā, lai tas no ārpusē sāktu kust. Pēc tam, kad dzīvsudrabam pieveda siltuma daudzumu Q , dzīvsudrabs pilnībā neizkūst, taču dzīvsudraba līmenis caurulē palielinās par $h = 50 \text{ cm}$.

Dzīvsudraba blīvums cietā stāvoklī ir $14,2 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, šķidrā stāvoklī – $13,5 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, bet dzīvsudraba īpatnējais kušanas siltums ir $11,8 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$. Siltuma zudumus neņem vērā. Uzskatīt, ka dzīvsudraba temperatūra jebkurā konteintera punktā ir viena un tā pati.



A. Aprēķiniet dzīvsudrabam pievadīto siltuma daudzumu Q .

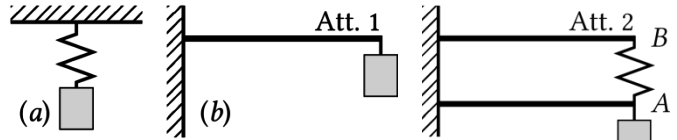
B. Aprēķiniet dzīvsudraba staba potenciālās enerģijas izmaiņas attiecību pret pievadīto siltuma daudzumu.

10. klase

Jums tiek piedāvāti 3 uzdevumi. Par katru uzdevumu maksimāli iespējams iegūt 10 punktus. Katra uzdevuma risinājumu vēlams veikt uz atsevišķas rūtiņu lapaspuses. Neaizmirstiet uzrakstīt risināmā uzdevuma un soļa numuru! Baltais papīrs paredzēts melnrakstam – to žūrijas komisija neskatīsies. Laiks – 150 minūtes.

1. uzdevums

Pieejamas identiskas atsperes. Ja vienā nostiprinātā atsperē iekarina etalona atsvaru ar masu m_0 (att. 1a), tad atsperē izstiepjas par $\Delta l_1 = 20$ mm.

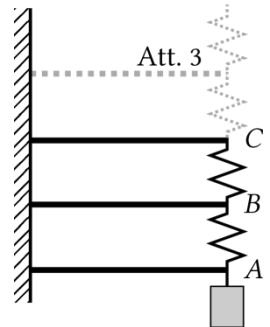


Pieejamas identiskas plāksnes. Ja pie sienas piestiprinātas horizontālas plāksnes otrā galā iekarina to pašu etalona atsvaru ar masu m_0 (att. 1b), tad plāksnes gals noliecas par $\Delta l_2 = 10$ mm.

A. Par cik mm pārvietosies punkti A un B konstrukcijā, kas veidota no 2 plāksnēm un vienas atsperes (att. 2), ja konstrukcijā iekarina etalona atsvaru?

B. Par cik mm pārvietosies punkti A, B un C konstrukcijā, kas veidota no bezgalīgi daudz plāksnēm un atsperēm (att. 3), ja konstrukcijā iekarina etalona atsvaru?

C. Kas mainīsies, ja uzdevumā būs jāievēro atsperu un plāksņu masa? Uzskatīt, ka visi pārvietojumi ir nelieli attiecībā pret konstrukciju raksturīgajiem izmēriem.



2. uzdevums

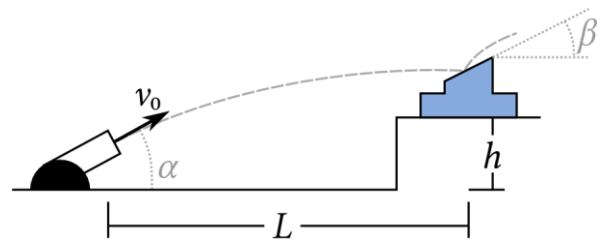
Spuldzīti pieslēdzot 230 V lielam spriegumam, tās kvēldiegs uzkarst līdz 2500 K, un tajā izdalās 100 W liela jauda. Var pieņemt, ka visa jauda izdalās starojuma veidā, turklāt ir zināms, ka kvēldiega starojuma jauda ir proporcionāla tā temperatūras 4. pakāpei, bet tā elektriskā pretestība – temperatūras pirmajai pakāpei.

A. Kāda būs kvēldiega temperatūra, ja spuldzīti pieslēgs 100 V spriegumam?

B. Kāda būs spuldzītes izdalītā jauda šajā gadījumā?

3. uzdevums

Lielgabals no zemiens šauj pa tanku ar šāviņu, kura masa $m = 8$ kg un sākuma ātrums $v_0 = 800$ m/s vērsts gandrīz horizontāli. Tanks atrodas uz plato malas, $h = 50$ m augstāk par lielgabalu, attālums līdz tankam pa horizontāli L nav zināms, tomēr tas ir daudzkārt lielāks par plato augstumu ($L \gg h$). Šāviņš trāpa tankam brīdī, kad tā trajektorija ir praktiski horizontāla. Brīvās krišanas paātrinājumu pieņem kā $g = 10$ m/s². Gaisa pretestību neievērot.



A. Kādā leņķī α pret horizontu šāviņš izlidoja no lielgabala?

B. Nosakiet attālumu L līdz tankam.

Šāviņš trāpa pa $M = 25$ t smagā tanka slīpajām bruņām un atlec uz augšu, kā attēlots skicē. Bruņu slīpums pret horizontu $\beta = 30^\circ$. Sadursmi uzskatiet par elastīgu, šāviņu tuvināti var iedomāties kā lodi.

C. Kur nokrīt šāviņš, pieņemot, ka tas skar zemi plato robežās (tai pašā augstumā virs jūras līmeņa, kur tanks)?

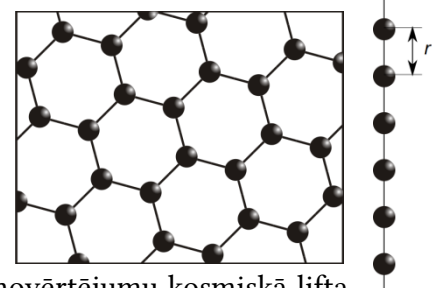
D. Par cik lielu attālumu tanku „atsit” atpakaļ sadursmes rezultātā, ja berzes koeficients pret zemi $k = 0,2$?

11. klase

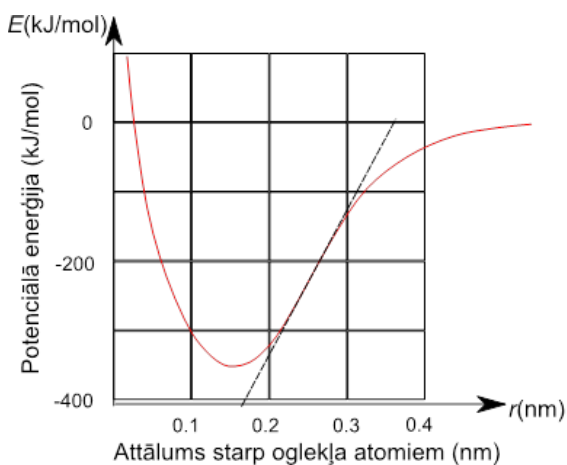
Jums tiek piedāvāti 3 uzdevumi. Par katru uzdevumu maksimāli iespējams iegūt 10 punktus. Katra uzdevuma risinājumu vēlams veikt uz atsevišķas rūtiņu lapaspuses. Neaizmirstiet uzrakstīt risināmā uzdevuma un soļa numuru! Baltais papīrs paredzēts melnrakstam – to žūrijas komisija neskatīsies. Laiks – 150 minūtes.

1. uzdevums

2010. gada Nobela prēmiju fizikā saņēma Andrejs Geims un Konstantīns Novosjolovs par grafēna pētījumiem. Aprakstot tuvināti, grafēnu veido oglekļa atomi, kas ir izvietojušies plaknē regulāru sešstūru virsotnēs (skatīt attēlā). Sešstūra vienas malas garums ir 0,142 nm.



A. Aprēķiniet vienas grafēna plaknes masu, ja tās laukums ir 1 m^2 un grafēnu veido ^{12}C atomi, bet atommasas vienība ir $1,66 \times 10^{-27} \text{ kg}$ (oglekļa ^{12}C izotopa masa ir vienāda ar 12 atommasas vienībām).

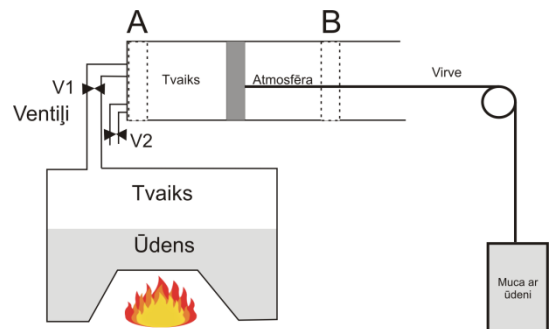


B. Iegūstiet teorētisku novērtējumu kosmiskā lifta kabeļa maksimālajam garumam, ja kabelis taisīts no materiāla, kurā oglekļa atomi ir izkārtoti kā ķēdītē kā parādīts zīmējumā pa labi. Viena oglekļa atoma ķēdītes posma garums ir vienāds ar attālumu starp diviem blakusesošiem oglekļa atomiem un šī posma mehāniskā enerģija atkarībā no posma garuma parādīta grafikā ar sarkanas krāsas līkni. Ērtākam pierakstam posma enerģija ir pareizināta ar Avogadro skaitli $N_0 = 6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$. Ar raustītu svītru ir uzzīmēta līknes pieskaire tās stāvākā kāpuma punktā. Aprēķinos neņem vērā brīvās krišanas paātrinājuma atkarību no augstuma.

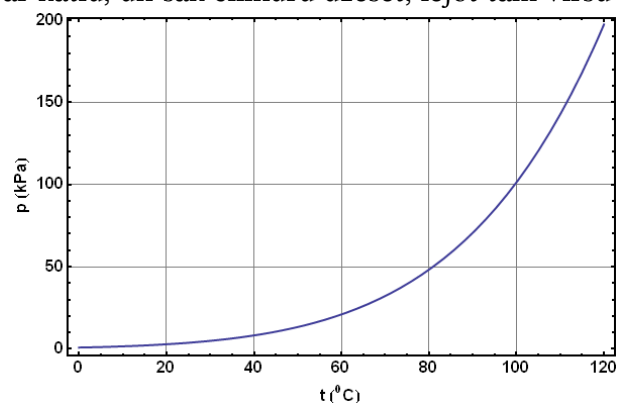
2. uzdevums

Pirmās tvaika mašīnas tika uzbūvētas 18. gadsimta beigās Anglijā, lai sūknētu ūdeni no akmeņogļu pazemes raktuvēm, kas applūda gruntsūdeņu dēļ. Aplūkosim pirmās tvaika mašīnas, kas ļāva aizstāt zirgu darbu ar vienkāršotas shēmas darba ciklu.

Horizontāli novietotā cilindrā ir ievietots virzulis ar virsmas laukumu $S = 1 \text{ m}^2$, kas var slīdēt bez berzes. Ar cauruli cilindrs ir savienots ar katlu, kurā vārās ūdens. Darba cikls sākas virzulim atrodoties cilindra galā A. No katla, kurā spiediens vienāds ar atmosfēras spiedienu, cilindrā ieplūst tvaiks un lēnām pārvieto virzuli. Virzulis var slīdēt līdz pozīcijai B, turklāt attālums starp pozīcijām A un B ir $\ell = 2 \text{ m}$.



Virzulim sasniedzot punktu B, tam pievienotajā virvē iesien mucu ar ūdeni, kuru kopējā masa ir $m = 4000 \text{ kg}$, aizgriež ventili V1, kas savieno cilindru ar katlu, un sāk cilindru dzesēt, lejoj tam virsū aukstu ūdeni. Pieņemsim, ka cilindra un virzuļa silnumietilpību var neievērot un ka aukstais ūdens tieši dzesē tvaiku cilindrā. Tvaiks atdziestot kondensējas, un virzulis sāk pārvietoties virzienā no punkta B uz A, paceļot arī mucu. Cilindrā esošo ūdens tilpumu var neievērot. Virzulim sasniedzot punktu A, virvi atvieno no ūdens mucas un atver ventili V2, kas ļauj iztecēt ūdenim un izplūst tvaikam no cilindra. Pēc tam šis ventilis tiek aizvērts un tiek atvērts ventilis V1 un mašīnas darba cikls var sākties no jauna. Tuvināti var uzskatīt, ka laikā no mucas ie-



siešanas virvē līdz virves atvienošanai katlā tvaika spiediens nemainījās.

Īpatnējais iztvaikošanas siltums ūdenim ir $\lambda = 2257$ kJ/kg. Piesātināta tvaika spiediena atkarība no temperatūras $p(T)$ ir dota grafikā.

A. Aprēķiniet vienā ciklā tvaika mašīnas veikto mehānisko darbu, kurināmā atdoto siltuma enerģiju un mašīnas lietderības koeficientu. Uzskatīt, ka viss kurināmā siltums pāriet iztvaikošanai nepieciešamā siltumā, proti, katls un kurtuve ir ļoti labi siltumizolēti.

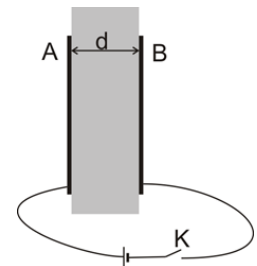
B. Aprēķiniet tvaika spiedienu un temperatūru laikā, kad virzulis kustās no punkta B uz punktu A .

Pieņemsim, apkārtējās vides un dzesējošā ūdens temperatūra ir 20 grādi Celsija, tas ir, tvaiku cilindrs nevar atdzesēt zemāk par 20 grādi Celsija.

C. Kāda ir maksimālā ūdens un mucas kopējā masa, ko šī mašīna var pacelt? Kāds ir lietderības koeficients šajā gadījumā?

3. uzdevums

Starp plakana kondensatora klājumiem A un B ir ievietots elastīgs dielektrisks materiāls ar relatīvo dielektrisko caurlaidību 1.00, kas sākuma stāvoklī nav deformēts. Apskatāmās sistēmas shematiskais attēls ir parādīts attēlā. Uzskatīt, ka materiāla dielektriskā cauralidība nav atkarīga no deformācijas.

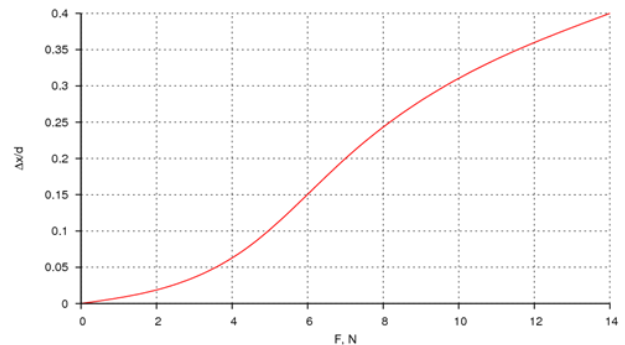


Noslēdzot kontaktu K un turot to noslēgtu, dielektriskā starplika tika saspiesta – kad sistēma bija nonākusi jaunajā līdzsvara stāvoklī, attālums d starp kondensatora klājumiem bija samazinājies par 20%.

Uzskatīt, ka, ātri nospiežot un atlaižot slēdzi, attālums starp klājumiem nepaspēj izmainīties, bet kondensators paspēj uzlādēties.

A. Aprēķiniet attāluma starp klājumiem d izmaiņu gadījumā, ja slēdzis K tiktu nospiests īslaicīgi un starplikas deformācijām ir spēkā Huka likums.

B. Aprēķiniet attāluma starp klājumiem d izmaiņu gadījumā, ja slēdzis K tiktu nospiests īslaicīgi un starplikas deformācijas atkarība no pieliktā spēka ir uzdota grafiski.



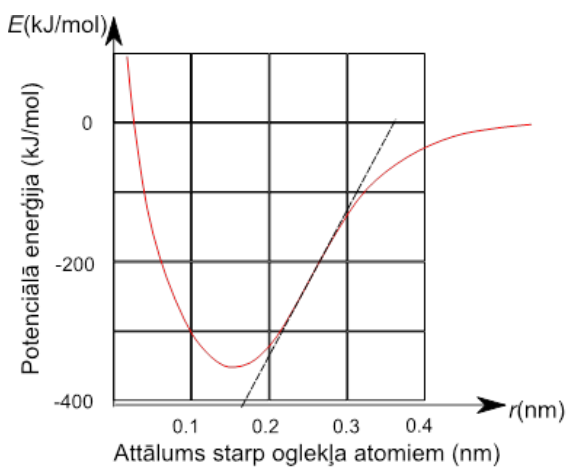
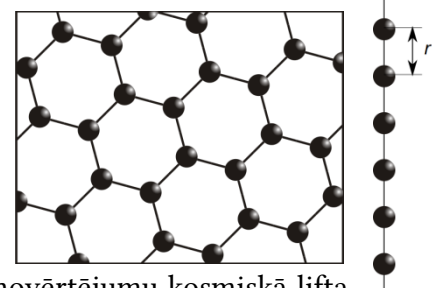
12. klase

Jums tiek piedāvāti 3 uzdevumi. Par katru uzdevumu maksimāli iespējams iegūt 10 punktus. Katra uzdevuma risinājumu vēlams veikt uz atsevišķas rūtiņu lapaspuses. Neaizmirstiet uzrakstīt risināmā uzdevuma un soļa numuru! Baltais papīrs paredzēts melnrakstam – to žūrijas komisija neskatīsies. Laiks – 150 minūtes.

1. uzdevums

2010. gada Nobela prēmiju fizikā saņēma Andrejs Geims un Konstantīns Novosjolovs par grafēna pētījumiem. Aprakstot tuvināti, grafēnu veido oglekļa atomi, kas ir izvietojušies plaknē regulāru sešstūru virsotnēs (skatīt attēlā). Sešstūra vienas malas garums ir 0,142 nm.

A. Aprēķiniet vienas grafēna plaknes masu, ja tās laukums ir 1 m^2 un grafēnu veido ^{12}C atomi, bet atommasas vienība ir $1,66 \times 10^{-27} \text{ kg}$ (oglekļa ^{12}C izotopa masa ir vienāda ar 12 atommasas vienībām).



B. Iegūstiet teorētisku novērtējumu kosmiskā lifta kabeļa maksimālajam garumam, ja kabelis taisīts no materiāla, kurā oglekļa atomi ir izkārtoti kā ķēdītē kā parādīts zīmējumā pa labi. Viena oglekļa atoma ķēdītes posma garums ir vienāds ar attālumu starp diviem blakusesošiem oglekļa atomiem un šī posma mehāniskā enerģija atkarībā no posma garuma parādīta grafikā ar sarkanas krāsas likni. Ērtākam pieņemšanai posma enerģija ir pareizināta ar Avogadro skaitli $N_0 = 6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$. Ar raustītu svītru ir uzzīmēta liknes pieskare tās stāvākā kāpuma punktā. Aprēķinos neņem vērā brīvās krišanas paātrinājuma atkarību no augstuma.

2. uzdevums

Vakuuma fotoelementa katods tiek apgaismots ar noteiktas frekvences un noteiktas intensitātes gaismu. Planka konstantes vērtība ir $h = 6,6 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$. Gaismas ātrums ir $c = 3,0 \times 10^8 \text{ m/s}$. Elektronu lādiņš ir $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$. Katoda materiāla elektrona izejas darbs ir 1,2 eV. Fotoelementa katoda un anoda izvadiem tiek pieslēgts voltmets ar ļoti lielu (praktiski bezgalīgu) ieejas pretestību. Voltmets rāda spriegumu 0,80 V.

- Paskaidrojiet sprieguma, ko rāda voltmets, rašanos.
- Aprēķiniet uz katodu krītošās gaismas viļņa garumu.
- Gaismas intensitāti palielināja 2 reizes. Kā mainījās voltmetra rādījums?
- Gaismas frekvenci palielināja 1,5 reizes. Kā mainījās voltmetra rādījums?

Noteiktā tuvinājumā var uzskatīt, ka tikai ļoti nelielai daļai elektronu ir tieši maksimālā kinētiskā enerģija un ka visi elektroni lido tieši (perpendikulāri) uz anodu. Fotonu izsisto elektronu ātrumu sadalījumu tuvināti var uzskatīt par vienmērīgu, proti, ja aplūko visus vienā sekundē izsistos elektronus, kuru kinētiskās enerģijas vērtības ir kādā intervālā ΔW , tad šādu elektronu skaits Δn ir aprēķināms kā $\Delta n = B \Delta W$, kur B ir konstante, kas nav atkarīga no elektronu ātruma, bet ir atkarīga no apgaismojuma intensitātes.

Pieņemsim, ka krītošās gaismas frekvence ir tāda pati kā uzdevuma punktos A – C. Fotoelementam tagad pievienoja voltmets, kas vairs nav ar bezgalīgu ieejas pretestību: tā ieejas pretestība ir $R = 10 \text{ M}\Omega$. Šāds voltmets rāda spriegumu 0,70 V.

- Kāda ir konstantes B vērtība?
- Kāda būs konstantes B vērtība, ja gaismas intensitāti palielina 2 reizes?
- Kādu spriegumu rādīs uzdevuma otrajā daļā minētais voltmets, ja gaismas intensitāti palielinās 2 reizes?

H. Kādu spriegumu rādīs uzdevuma otrajā daļā minētais voltmeters, ja gaismas intensitāti palielinās ļoti daudz reižu?

3. uzdevums

Skolnieks Andris nolēma novērot ar osciloskopu mācību grāmatā aprakstītās svārstības LC kontūrā, kas sastāv no spoles un kondensatora. Spoles un kondensatora izvadi tika savienoti, tādējādi iegūstot svārstību kontūru. Pie kondensatora izvadiem (paralēli kondensatoram) tika pieslēgts osciloskops, lai varētu novērot sprieguma uz kondensatora svārstības laikā (tika lietots kvalitatīvs osciloskops, kas rādīja spriegumu uz kondensatora, bet pats elektriskos procesus kontūrā praktiski neieiekmēja). Lai uzlādētu kondensatoru, Andris ar kondensatora izvadiem īsu laika brīdi pieskārs 1,5 V baterijas izvadiem, pēc tam bateriju atvienoja. Kondensatoram izlādējoties caur spoli uz osciloskopa ekrāna patiešām varēja novērot rimstošas svārstības. Atkārtojot šo eksperimentu vairākas reizes, Andris ievēroja, ka dažos gadījumos, bet ne vienmēr, viņa pirksti sajuta strāvas triecienu, neskatoties uz to, ka uzlādēšanai izmantotās baterijas spriegums bija tikai 1,5 V. Lai saprastu šo parādību, Andris secīgi meklēja atbildes uz sekojošiem jautājumiem.

Vispirms Andris aplūkoja gadījumu, kad baterija tiek pieslēgta vienam pašam kondensatoram.

Kondensatoram ar kapacitāti $0,20 \mu\text{F}$ tiek pieslēgta 1,5 V baterija ar iekšējo pretestību $0,30 \Omega$, un kondensators tiek uzlādēts.

A. Kāda strāva plūst kondensatora pievados uzlādes procesa pašā sākumā?

B. Kāds lādiņš ir uz kondensatora pēc uzlādes procesa beigām? Kāda strāva plūst kondensatora pievados pēc uzlādes procesa beigām?

C. Cik liels, aptuveni, ir kondensatora uzlādes laiks?

Pēc tam Andris aplūkoja gadījumu, kad baterija tiek pieslēgta vienai pašai spolei.

Spolei ar induktivitāti $L = 15 \text{ H}$ un aktīvo pretestību $R = 20 \Omega$ tiek pieslēgta 1,5 V baterija ar iekšējo pretestību $0,30 \Omega$, un spolē sāk pieaugt strāva (tā saucamā ieslēgšanas strāva), līdz tā iziet uz piesātinājuma vērtību un tālāk vairs nemainās.

D. Kāda ir strāvas piesātinājuma vērtība? Kāda ir strāvas vērtība spolē momentā, kad spole ir tikko pieslēgta?

E. Kāds ir strāvas spolē izmaiņas ātrums sākuma momentā, kad spole ir tikko pieslēgta? Kāds ir strāvas spolē izmaiņas ātrums tad, kad strāva ir sasniegusi piesātinājuma vērtību?

F. Cik liels laiks, aptuveni, paiet, līdz spolē sāk plūst piesātinājuma strāva?

Tad Andris aplūkoja gadījumu, kad baterijai tiek pieslēgts viss kontūrs, turklāt pieslēgšana ilgst īsu brīdi $\tau = 0,1 \text{ ms}$.

G. Kāds ir lādiņš un spriegums uz kondensatora šādas pieslēgšanas beigās? Kāda ir kondensatora enerģija?

H. Kāda strāva plūst spolē šādas pieslēgšanas beigās? Kāda ir spoles magnētiskā lauka enerģija?

I. Kura enerģija (spoles vai kondensatora) ir noteicošā, sākoties svārstībām kontūrā?

J. Kāda būs sprieguma amplitūda uz kondensatora svārstību pirmajos periodos?

Tad Andris aplūkoja gadījumu, kad kontūrs tiek pieslēgts baterijai, pie kam pieslēgšana ilgst 5 s.

K. Kāds ir lādiņš un spriegums uz kondensatora šādas pieslēgšanas beigās? Kāda ir kondensatora enerģija?

L. Kāda strāva plūst spolē šādas pieslēgšanas beigās? Kāda ir spoles magnētiskā lauka enerģija?

M. Kura enerģija (spoles vai kondensatora) ir noteicošā, sākoties svārstībām kontūrā?

N. Kāda būs sprieguma amplitūda uz kondensatora svārstību pirmajos periodos?

O. Kurā gadījumā ir iespējams sajust strāvas triecienu: tad, kad kontūra uzlāde ilgst ļoti īsu laika sprīdi, vai tad, kad uzlāde ir vairākas sekundes ilga?