

# Latvijas Skolēnu 62. fizikas olimpiādes III posms

Uzdevumi

Teorētiskā kāрта  
2012. gada 12. aprīlī

## 9. klase

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 un soļa numuru! Baltais papīrs paredzēts melnrakstam – to žūrijas komisija neskatīsies. Laiks – 150 minūtes.

**1. Uzdevums** Apskatīt nelielu hidroelektrostaciju (HES) ar ūdens kritumu 8 metri upē, kuras vidējais ūdens caurplūdums ir  $2 \text{ m}^3/\text{s}$ . Ūdens iztek no hidroelektrostacijas ūdenskrātuves pa cauruli, kurā ir ievietota turbīna. Ūdens griež turbīnu, kura ūdens mehānisko enerģiju pārverš elektroenerģijā. Caurules diametrs 800 mm. Ūdens viskozitāti aprēķinos neievērot. Pieņemt, ka ūdenskrātuve ir pietiekoši liela un ūdens tajā ir praktiski nekustīgs. Ūdens blīvums ir  $1000 \text{ kg/m}^3$ .

- Aprēķināt kādam ir jābūt minimālajam ūdens plūsmas ātrumam caurulē, lai viss ūdens spētu iztecēt caur cauruli.
- Aprēķināt kāds ir maksimālais HES lietderības koeficients.
- Aprēķināt kāda ir maksimālā HES jauda.

**2. Uzdevums** Trauka dibenā ir izveidots caurums, kurš ir aizbāzts ar korķa tapu. Tapas augstums ir  $L = 6 \text{ cm}$ , tapa ir ievietota caurumā tā, ka puse no tapas ar augstumu  $L/2$  ir trauka iekšpusē, bet otra puse ir trauka ārpusē. Cauruma šķērsriezuma laukums sakrīt ar tapas šķērsriezuma laukumu un ir  $S = 6 \text{ cm}^2$ , bet trauka sienu biezums ir neievērojams. Tapu caurumā notur berzes spēks ar trauka cauruma sienām, un šī spēka maksimālā vērtība ir 0.4 ņūtoni. Traukā lēnām tiek ieliets ūdens. Korķa blīvums ir  $200 \text{ kg/m}^3$ . Ūdens blīvums ir  $1000 \text{ kg/m}^3$ .

- Atrast, kā mainās kopējais ūdens radītais spēks uz korķa tapu atkarībā no ūdens līmeņa augstuma traukā  $h$ .
- Attēlot doto atkarību grafiski.
- Aprēķināt ūdens līmeņa augstumu  $h$ , pie kura tapa vairs nenoturēsies caurumā.
- Vārdiem raksturot tapas kustību, kad tā vairs neturēsies caurumā.

**3. Uzdevums** Divi rezistori ( $R_A$  un  $R_B$ ) un slēdzis ir saslēgti mums nezināmā elektriskā slēgumā ar vadiem, kuru pretestību šajā uzdevumā var neievērot. Ir iespējams pieslēgties pie slēguma, lai nomērītu tā kopējo pretestību, kā arī mainīt slēdža stāvokli starp „ieslēgts” stāvokli ar slēdža pretestību  $0 \Omega$  un „izslēgts” stāvokli, kuram varam pieņemt bezgalīgi lielu slēdža pretestību. Nomērīts, ka pārslēdzot slēdzi no „ieslēgts” stāvokļa uz „izslēgts” stāvokli kopējā slēguma pretestība pieaug 2.7 reizes.

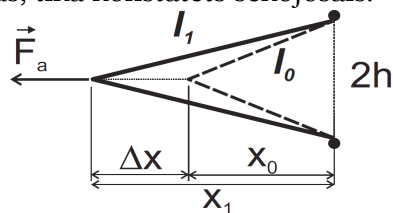
- Uzzīmēt iespējamās uzdevuma nosacījumiem atbilstošos rezistoru un slēdža slēgumus.
- Pieņemot, ka  $R_A \leq R_B$ , katram iepriekšējā punktā uzzīmētam slēgumam uzrakstīt kopējā slēguma pretestības izteiksmes atkarībā no  $R_A$  un  $R_B$  pretestībām
  - slēdža „ieslēgts” stāvoklī;
  - slēdža „izslēgts” stāvoklī.
- Katram uzzīmētam slēgumam aprēķināt  $R_A/R_B$  pretestību attiecības vērtību.

## 10. klase

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 un soļa numuru! Baltais papīrs paredzēts melnrakstam – to žūrijas komisija neskatīsies. Laiks – 150 minūtes.

**1. Uzdevums** Iedvesmojušies no spēles ANGRY BIRDS, Anna un Pēteris nolēma pārbaudīt šīs spēles fiziku. Šai nolūkā tika izveidota „katapultā”, kas šauj ar „lielā” tenisa bumbiņu, kuras masa ir  $m = 50$  g. „Aktīvo sastāvdaļu” katapultai iegūst no riepas kameras izgriežot gumijas lentu. Pārbaudot gumijas lentas elastīgās īpašības, tika konstatēts sekojošais.

Ja garu gumijas lentu ar garumu  $l_{150} = 1.5$  m nostiprina aiz viena gala, bet galā otrā brīvi iekarina  $M_0 = 10$  kg smagu atsvaru, tad lenta izstiepjjas par  $\Delta l_{150} = 12$  cm. Pēc gumijas lentas piestiprināšanas pie divu zaru „dakšas” ar attālumu  $2h = 40$  cm starp zariem, izrādījās, ka kopējais brīvās gumijas gabals starp zariem ir 80 cm garš, puse no tā ir  $l_0 = 40$  cm. Pēteris spēj „atvilkt” (nosprīgot) katapultu, bumbiņu pārvietojot par  $\Delta x = 5$  cm (sk. att.).



Uzskatīt, ka katapultā izvietota uz zemes virsmas, bet var šaut dažādos leņķos pret horizontu. Zemes virsmu aplūkojam kā horizontālu plakni. Uzskatīt, ka gumijas lenta ļoti labi pakļaujas Huka likumam. Vienkāršības pēc tenisa bumbiņas izmērus neievērot, uzskatīt, ka sprīgojot gumijas formu veido divi nogriežņi, kā parādīts attēlā. Gaisa pretestību neņem vērā, arī gumijas lentas masu neievērot.

- Ar kādu spēku Pēteris atvelk bumbiņu, ja tā atvelkot pārvietojas par 5 cm?
- Cik tālu no Pētera jāattālinās Annai, lai viņa varētu droši novērot bumbiņas lidojumu (cik tālu Pēteris var aizšaut bumbiņu, atvelkot to par 5 cm)?

**2. Uzdevums** No SWEDBANK augstceltnes „Saules akmens” dažādu stāvu logiem ļauj krist bumbiņai. Bumbiņa bezvēja apstākļos krīt vertikāli, bez sākuma ātruma, tās sadursmi ar zemi var uzskatīt par absolūti elastīgu. Novērots, ka paaugstinot krišanas augstumu, bumbiņas atlēciena augstums palielinās, bet augstceltnes augstākajos sešos stāvos tas vairs nemainās un ir praktiski viens un tas pats.

Izanalizējiet bumbiņas kritienu no „Saules akmens” augstceltnes jumta, sniedzot atbildes uz sekojošiem jautājumiem.

- Cik liels ir bumbiņas paātrinājums, un kā tas ir vērsts ļoti īsu brīdi pēc kritiena sākuma?
- Cik liels ir bumbiņas paātrinājums, un kā tas ir vērsts ļoti īsu brīdi pirms sadursmes ar zemi?
- Cik liels ir bumbiņas paātrinājums, un kā tas ir vērsts ļoti īsu brīdi pēc sadursmes ar zemi?
- Cik liels ir bumbiņas paātrinājums, kad tā pēc atsietiena pret zemi sasniedz trajektorijas maksimālo augstumu?
- Salīdziniet maksimālos augstumus, kādus bumbiņa sasniedz pēc pirmā un otrā atsietiena pret zemi. Pamatot salīdzinājumu.

**3. Uzdevums** Šajā uzdevumā mēs salīdzināsim slidēšanu ar ripošanu un noskaidrosim, kura no šīm kustībām ļauj ķermenim ātrāk nonākt lejā no slīpās plaknes.

**I.** Uz slīpās plaknes uzliek nelielu klucīti, kas sākuma momentā ir nekustīgs pret plakni. Plakne veido leņķi  $\alpha$  ar horizontu. Berzes koeficients starp plakni un klucīti ir  $\mu$ . Brīvās krišanas paātrinājums  $g$  ir vērsts vertikāli uz leju.

- (a) Pie kādām slīpuma leņķa vērtībām klucītis noslidēs no plaknes?
- (b) Cik liela daļa no klucīša potenciālās enerģijas pāriet kinētiskajā, ja klucīti slīd?

Lai izteiktu atbildi uz jautājumu (b), apzīmē ar  $W_K$  klucīša virzes kustības kinētisko enerģiju sasniedzot plaknes zemāko daļu, bet ar  $W_0$  – potenciālo enerģiju pirms kustības sākuma;  $W_0$  tiek skaitīta no plaknes zemākās daļas. Izsakiet attiecību  $W_K/W_0$  kā funkciju no  $\mu$  un  $\alpha$ . Pārliecinieties, ka atbildes uz jautājumiem (a) un (b) saskan!

**II.** Klucīša vietā aplūkosim gredzenu ar rādiusu  $R$ , kas izgatavots no tievas stieples (stieples šķērsriezuma diametrs ir daudzkārt mazāks par  $R$ ). Gredzena masa ir  $m$ .

- (a) Cik liela ir gredzena rotācijas kustības kinētiskā enerģija  $W_{RK}$ , ja gredzens ir griežas ar leņķisko ātrumu  $\omega$  ap asi, kas iet caur gredzena centru perpendikulāri gredzena plaknei?
- (b) Gredzens ripo ar ātrumu  $v$  pa horizontālu virsmu bez izslidēšanas. Gredzena plakne ir vertikāla un nemainīga, rites berze ir neievērojami maza. Cik liela ir gredzena pilnā kinētiskā enerģija  $W_K$ ?  $W_K$  ir rotācijas kustības kinētiskās enerģijas  $W_{RK}$  un masas centra virzes kustības kinētiskās enerģijas  $W_{VK}$  summa.

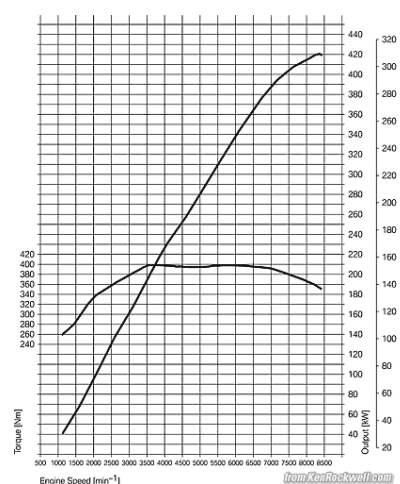
**III.** Gredzenu, kas aprakstīts uzdevuma II daļā uzliek uz slīpās plaknes, kas aprakstīta uzdevuma I daļā.

- (a) Cik liela daļa no gredzena potenciālās enerģijas pāriet virzes kustības kinētiskajā enerģijā, ja gredzens noripo no plaknes bez izslidēšanas?
- (b) Pie kādas slīpās plaknes leņķa  $\alpha$  vērtības klucītis un gredzens nonāks lejā vienlaicīgi, ja abus palaiž no vienāda augstuma bez sākuma ātruma?

## 11. klase

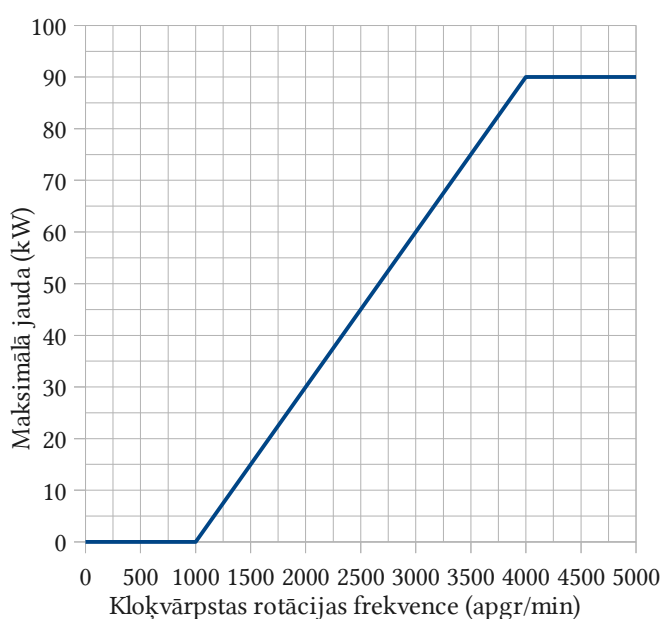
Jums tiek piedāvāti trīs uzdevumi. Par katru uzdevumu maksimāli iespējams iegūt 10 punktus. Katra uzdevuma risinājumu vēlams veikt uz atsevišķas rutiņu lapaspuses. Neaizmirstiet uzrakstīt risināmā uzdevuma un soļa numuru! Baltais papīrs paredzēts melnkrakstam – to žūrijas komisija neskatīsies. Laiks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

**1. Uzdevums** Automobiļos plaši izmanto iekšdedzes dzinējus, piemēram, benzīna dzinējus. Šiem dzinējiem ir raksturīgi, ka katrai dzinēja kloķvārpstas rotācijas frekvencei (to tradicionāli norāda kā apgriezienu skaitu minūtē) ir sava maksimālās jaudas vērtība, ko iegūst dzinējam pievadot optimālo degvielas daudzumu (tas ir „nospiežot gāzes pedāli līdz galam”). Jo lielāka ir kloķvārpstas rotācijas frekvence, jo biežāk laika vienībā notiek dzinēja tā saucamais darba gājienš. Atgādinām, ka dzinēja darba gājienā cilindrā tiek iesmidzināta degviela, kas sadegot rada cilindrā gāzes ar augstu temperatūru un tādējādi lielu spiedienu, kas savukārt liek virzulim cilindrā kustēties, proti, karstās gāzes izplešoties cilindrā veic darbu. Acīmredzami, ka, jo biežāk laika vienībā šādi darba gājieni notiek, jo lielāka ir dzinēja jauda. Tāpēc līknei, kas attēlo dzinēja maksimālās jaudas atkarību no kloķvārpstas rotācijas frekvences, ir galvenokārt augošs raksturs.



Tomēr ir jāuzsver, ka pie ļoti zemām kloķvārpstas rotācijas frekvencēm darba gājieni notiek tik reti, ka darba gājienos iegūtā jauda nepietiek, lai uzturētu paša dzinēja darbībai nepieciešamo mehānismu funkcionēšanu, kā arī berzes dzinējā pārvarēšanu. Tādējādi pie ļoti zemām rotācijas frekvencēm dzinējs nespēj strādāt, proti, dzinēja jauda, ko tas varētu dot patērētājam ir nulle. Sākot ar kādu noteiktu kloķvārpstas rotācijas frekvenci (parasti 500–1000 apgr/min), dzinējs spēj sevi uzturēt un pat atdot jaudu kādam patērētājam. Tālāk, pieaugot rotācijas frekvencei, pieaug dzinēja jauda, ko tas var atdot. Pie vēl augstākām rotācijas frekvencēm līkne pārstāj augt, sāk noliekties un pat sāk iet uz leju, jo pie ļoti augstām frekvencēm darba gājiena laikā degviela cilindrā nespēj pilnvērtīgi sadegt.

**I.** Aplūkojam automobili, kura masa (ieskaitot šoferi, pasažierus un bagāžu) ir 1500 kg. Aplūkotā automobiļa dzinēja vienkāršota līkne maksimālās jaudas atkarībai no kloķvārpstas rotācijas frekvences ir parādīta grafikā, kur uz horizontālās ass ir atlikta kloķvārpstas rotācijas frekvence (apgr/min) un uz vertikālās ass ir atlikta jauda (kW). Turpmāk visā šajā uzdevumā uzskatīsim, kā pārnese (ātrumu) kārbā netiek pārslēgta un ka tā vienmēr ir ieslēgta tā saucamajā pirmajā ātrumā. Par aplūkoto automobili ir zināms, ka tad, kad tas brauc ar ātrumu 20 km/h (spidometra rādījums), tā dzinēja apgriezienu sasniedz 2000 apgr/min (tahometra rādījums). Automobiļa riteņu rādiuss ir 0.3 m.



(a) Aprēķināt automobiļa ātrumu m/s, automobiļa riteņa rotācijas frekvenci pie dotā

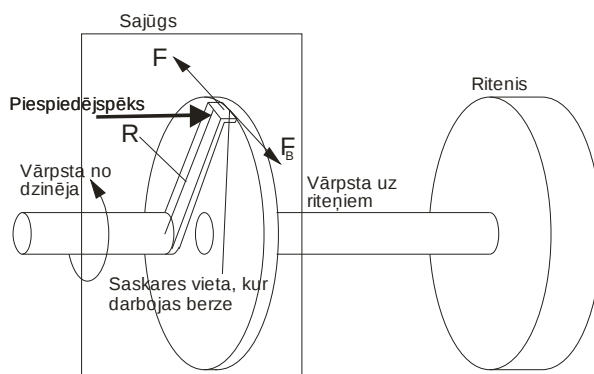
ātruma apgriezienos sekundē, pārrēķināt kloķvārpstas rotācijas frekvenci apgriežienos sekundē, kā arī aprēķināt dzinēja kloķvārpstas un automobiļa riteņa rotācijas frekvenču attiecību.

- Izmantojot doto dzinēja maksimālās jaudas likni, noteikt kādu maksimālo jaudu dzinējs var dot pie 2000 apgr/min.
- Uzskatot, ka visa šī jauda bez zudumiem tiek nodota automobiļa dzenošajiem riteņiem un pieņemot, ka riteņu mijiedarbībā ar ceļa segumu zudumu nav, aprēķināt ar kādu kopīgo virzošo spēku automobiļa dzenošie riteņi darbojas uz automobili, kad tā brauc ar minēto ātrumu 20 km/h.
- Zinot automobiļa masu, aprēķināt, ar kādu momentāno paātrinājumu kustas automobilis minētajā situācijā.
- Izmantojot doto likni dzinēja maksimālās jaudas atkarībai no kloķvārpstas rotācijas frekvences, konstruēt grafiku, kurā ir parādīta kopīgā virzošā spēka ( $N$ ), kas darbojas uz automobili atkarība no kloķvārpstas rotācijas frekvences (apgr/min) un grafiku, kurā ir parādīta tā paša kopīgā virzošā spēka ( $N$ ), kas darbojas uz automobili, atkarība no automobiļa ātruma (m/s).
- Ja pēdējais grafiks ir uzkonstruēts pareizi, tad no tā ir redzams, ka no nulles atšķirīgs virzošais spēks darbosies uz automobili tikai tad, ja automobiļa ātrums būs lielāks par kādu zemāko kritisko vērtību. Kāda tā ir?

**II.** Aplūkotajam automobilim ir jāuzbrauc uz augšu pa slīpu plakni, kas veido leņķi ar horizontu  $30^\circ$ . Tuvināti pieņemam, ka brīvās krišanas paātrinājums ir  $10 \text{ m/s}^2$ .

- Kāda ir smaguma spēka komponente, kas darbojas uz automobili paralēli plaknes virsmai?
- Lai automobilis vienmērīgi brauktu augšā pa slīpo plakni, kāds dzinējam ir jānodrošina riteņu kopīgais virzošais spēks?
- Pie kādiem dzinēja apgriezieniem (apgr/min) tas ir iespējams, ja dzinēju darbina maksimālās jaudas režīmā, tas ir, „gāzes pedālis ir nospiests līdz galam” (izmantojot konstruētos grafikus)?
- Kādam būtu jābūt automobiļa ātrumam pie šādiem apgriezieniem (izmantojot konstruētos grafikus)?
- Kādu jaudu dzinējs pievada automobiļa riteņiem, lai nodrošinātu šādu automobiļa ātrumu augšup pa slīpo plakni?
- Kas notiks ar automobili, ja „gāzes pedālim paliekot nospiestam līdz galam” aplūkotajā situācijā kaut kāda iemesla dēļ automobiļa ātrums un kloķvārpstas rotācijas frekvence būs nedaudz mazāki?

**III.** Lai ar dzinēju varētu iekustināt nekustīgu automašīnu, starp riteņiem un dzinēju tiek ielēgta papildus ierīce, ko sauc par sajūgu. Lai vienkāršotu analīzi, pieņemsim, ka sajūgs tiek ielēgts starp ātrumkārbu (kurā ar zobratiem samazina dzinēja doto vārpstas rotācijas frekvenci) un automobiļa riteņiem. Ļoti vienkāršots un shematiskais sajūga attēls ir parādīts zīmējumā. No dzinēja un ātrumkārbas nākošai vārpstai ar vienu galu ir piestiprināts

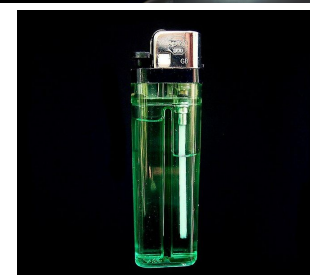


stienis, kura otrs gals pieskaras diskam. Disks savukārt ir piestiprināts vārpstai, kas kustību nodod tālāk uz riteņiem. Diska un stieņa gala saskares vietā darbojas berzes spēks. Berzes spēka lielumu var mainīt, izmainot piespiedējspēku, ar kuru stieņa gals tiek piespiests diskam. Piespiedējspēku savukārt nodrošina speciāla ierīce, kuru vada ar sajūga pedāli. Ja sajūga pedālis ir atlaists, piespiedējspēks un līdz ar to berzes spēks ir ļoti liels, tāpēc abas vārpstas ir cieši mehāniski savienotas un griežas vienādi. Ja sajūga pedālis ir pilnīgi nospiests, piespiedējspēks un līdz ar to berzes spēks ir nulle, tāpēc vārpstas var griezties viena no otras neatkarīgi. Tādējādi sajūgs pieļauj to, ka dzinēja vārpstas un riteņu vārpstas rotācijas frekvences var atšķirties, ja ir daļēji vai pilnīgi nospiests sajūga pedālis. Pieņemsim, ka aplūkotajā vienkāršotajā sajūgā saskares vieta atrodas attālumā  $R = 0.3 \text{ m}$  no rotācijas ass, proti, šis attālums ir vienāds ar automobiļa riteņu rādiusu.

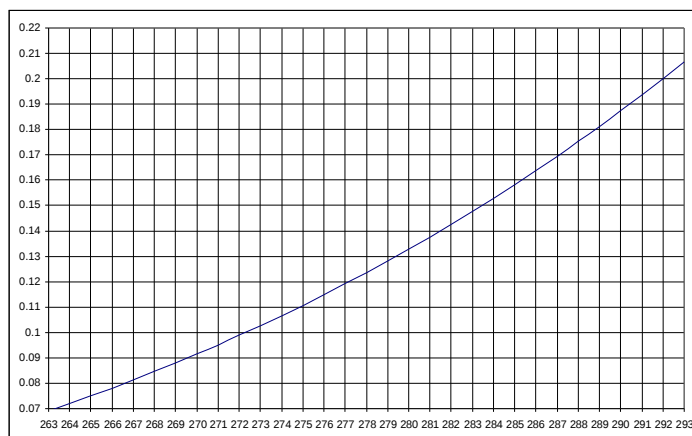
- Autovadītājs vēlas uzsākt automobiļa kustību no automobiļa nulles ātruma pie dzinēja apgriezieniem  $2000 \text{ apgr/min}$ , izmantojot pie šiem apgriezieniem iespējamo maksimālo dzinēja jaudu. Izmantojot iepriekš uzkonstruētos grafikus, noteikt kāds berzes spēks ir jāiestāda sajūgā stieņa gala un diska saskares vietā (ar sajūga pedāli mainot piespiedējspēku).
- Kāds kopīgais virzošais spēks darbosies uz automobiļa riteņiem?
- Kāds būs automobiļa paātrinājums?
- Pie kāda automobiļa ātruma no ātrumkārbas nākošās vārpstas un riteņu vārpstas rotācijas ātrumi sakrītīs?
- Cik ilgā laikā automobilis paātrināsies no nulles ātruma līdz ātrumam, kad no ātrumkārbas nākošās vārpstas un riteņu vārpstas rotācijas ātrumi sakrīt?
- Tanī brīdī, kad dzinēja un riteņu vārpstas rotācijas ātrumi sakrīt, sajūga pedālis tiek pilnīgi atlaists, tad piespiedējspēks ir maksimāls un tādējādi abas vārpstas tiek mehāniski cieti sasaistītas. Ja joprojām dzinējā turpina padot degvielas daudzumu, kas nodrošina maksimālo jaudu, kā turpmāk kustēsies automašīna – raksturot kvalitatīvi. Vai tā būs vienmērīgi paātrināta kustība?

## 2. Uzdevums

Mūsdienās aerosola baloniņos parasti kā nesošo gāzi izmanto butānu (ķīmiskā formula  $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ), kas istabas temperatūrā  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  var būt šķidrā stāvoklī, ja ir saspiesta līdz noteiktam spiedienam. Pie šāda spiediena butāna tvaiki ir līdzsvarā ar butāna šķidrums, proti, tvaiki ir piesātinātā stāvoklī. Šādas sašķidrinātas gāzes lietošana ir ļoti praktiska, jo tādējādi ilgstoši baloniņā tiek nodrošināts vajadzīgais spiediens. Ja lietotu gāzi, kas istabas temperatūrā nav sašķidrināma (ideāla gāze), tad tai izplūstot no baloniņa gāzes spiediens nepārtraukti kristos. Tā kā butāns labi deg, to izmanto arī šķiltavās. Ja šķiltavu korpuss ir caurspīdīgs, tad caur to var labi redzēt gan butāna šķidro fāzi, gan tās robežu ar piesātināto butāna tvaiku, kura spiediens nodrošina labu šķidrums padevi uz degli. Savukārt, ja butāna gāzes spiedienu virs šķidrās fāzes strauji samazina, tad butāns sāk intensīvi iztvaikot un, ja butānam papildus siltumu nepievada, iztvaikošanas siltums tiek paņemts no butāna siltumietilpības, tādējādi iztvaikojot butāns atdziest. Tāpēc butānu izmanto kā darba vielu ledusskapjos. Šo atdzišanas parādību var novērot arī lietojot aerosola baloniņu, proti, pie ilgstošākas gāzes izplūdes tas paliek manāmi vēss.



Butāna piesātināta tvaika spiediena atkarība no temperatūras ir dota grafikā, uz vertikālās ass ir dots spiediens MPa, uz horizontālās temperatūra ir K. Butāna molmasa  $M = 0.05812 \text{ kg/mol}$ . Šķidra butāna blīvums ir  $\rho = 600 \text{ kg/m}^3$ , pieņemt, ka aplūkotajos temperatūras un spiediena intervālos to labā tuvinājumā var uzskatīt par neatkarīgu no temperatūras un spiediena. Šķidra butāna īpatnējā siltumietilpība  $c = 2278 \text{ J/(kg K)}$  un iztvaikošanas siltums  $q = 320 \text{ kJ/kg}$ . Pieņemt, ka aplūkotajos temperatūras un spiediena intervālos šos divus lielumus var uzskatīt par neatkarīgiem no temperatūras un spiediena. Universālā gāzu konstante ir  $R = 8.314 \text{ J/(mol K)}$ . Šajā uzdevumā tuvināti uzskatām, ka temperatūra kelvīnos ir vienāda ar temperatūru grādos celsija plus 273.



**I.** Aplūkojam istabas temperatūrā  $20^\circ\text{C}$  normālos apstākļos (atmosfēras spiediens ir  $p_0 = 101325 \text{ Pa}$ ) baloniņu, kura tilpums ir  $200 \text{ ml}$ . Tajā atrodas šķidr butāns ar tilpumu  $100 \text{ ml}$ . Virs šķidruma atrodas tikai piesātināts butāna tvaiks. Labā tuvinājumā pašu piesātināto tvaiku var uzskatīt par gāzi, kurai ir spēkā ideālās gāzes Mendeļejeva–Klapeirona vienādojums.

- (g) Cik liela masa ir butāna šķidrai fāzei?
- (h) Kāds ir gāzes (piesātināta tvaika) spiediens baloniņā (izmantojot doto grafiku)?
- (i) Kāda ir butāna piesātināta tvaika masa baloniņā?
- (j) Kāds būtu spiediens aplūkotajā baloniņā, ja tajā atrastos kāda ideāla gāze (kas neveido šķidrumu) ar tādu pašu molmasu kā butānam un masu, kas ir vienāda ar butāna masu aplūkotajā baloniņā? Izteikt šo spiedienu gan paskālos, gan atmosfērās.

**II.** Atverot vārstu, no baloniņa sāk izplūst butāna gāze. Pēc kāda laika pēc baloniņa atvēršanas gāzes izplūšanas ātrums samazinās līdz nullei, tanī momentā baloniņa vārstu aizver. Aizvēršanas brīdī baloniņš ir palicis jūtami auksts. Tomēr baloniņa vēl ir šķidrums, jo pakratot baloniņu, var sajūst šķidrums kustību tajā. Labā tuvinājumā var pieņemt, ka gāzes izplūšana ir pietiekoši lēna, lai baloniņā piesātinātais tvaiks vienmēr būtu līdzsvarā ar šķidrumu un tās temperatūra būtu vienāda ar šķidrums temperatūru. No otras puses, var arī pieņemt, ka izplūšanas process tomēr ir tik straujš, ka baloniņš gāzes izplūšanas laikā nespēj saņemt siltumu no apkārtējās vides.

- (a) Kāpēc gāzes izplūšanas ātrums samazinās līdz nullei?
- (b) Kāds ir gāzes spiediens baloniņā tad, kad izplūšanas ātrums palika vienāds ar nulli (īsi pirms vārsta aizvēršanas momenta)?
- (c) Kāda ir šķidrums un gāzes temperatūra baloniņā vārsta aizvēršanas momentā (izmantojot doto grafiku)?
- (d) Aprēķināt, cik daudz šķidrums iztvaikoja laikā, kad bija atvērts baloniņa vārsts. Gāzes siltumietilpību var neievērot, jo šķidrums masa baloniņā ir daudzārt lielāka par gāzes masu. Aplūkojot šķidrums siltumietilpību, tuvināti var uzskatīt, ka no šķidrums iztvaikoja tikai neliela šķidrums daļa, ko, aprēķinot šķidrums atdoto siltumu, var neņemt vērā, proti, ir jāievēro tikai šķidrums temperatūras izmaiņa.



III. Aplūkojam baloniņu tūlīt pēc tam, kad tā vārsts ir aizvērts un gāzes izplūde ir beigusies.

- (a) Kāds ir šķidruma tilpums baloniņā?
- (b) Kāds ir gāzes tilpums baloniņā?
- (c) Kāda ir gāzes masa baloniņā?

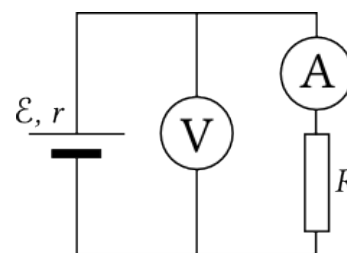
IV. Aizvērtais baloniņš tika ilgstoši atstāts vidē, kurai ir istabas temperatūra  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , un siltumapmaiņas starp baloniņu un apkārtējo vidi rezultātā butāns baloniņa iekšpusē uzsila un atkal ieguva atkal temperatūru  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

- (a) Kāds ir tvaiku spiediens baloniņā pēc uzsilšanas beigām?
- (b) Kāda ir tvaiku masa baloniņā pēc uzsilšanas beigām? Tā kā tvaiku masa baloniņā vienmēr ir daudzārt mazāka par šķidruma masu, šeit var uzskatīt, ka šķidruma tilpums baloniņam uzsilstot labā tuvinājumā nemainījās.
- (c) Cik šķidruma iztvaikoja uzsilšanas laikā?
- (d) Kādu siltuma daudzumu saņēma baloniņš uzsilšanas laikā?

### 3. Uzdevums

Autovadītājiem ir pieredze, ka ziemā un lielā salā automašīnu nereti ir grūti iedarbināt, jo automašīnas akumulators nespēj dot pietiekošu strāvu starterim (elektromotoram, kas iegriež iekšdedzes dzinēju). Viens būtisks šīs parādības iemesls ir tas, ka akumulatora elektrolītam zemās temperatūrās ir lielāka viskozitāte, tāpēc jonu kustība elektrolītā ir apgrūtināta un tāpēc elektrolīta īpatnējā pretestība un atbilstoši akumulatora iekšējā pretestība ir lielāka. Lai akumulators dotu lielāku strāvu, ir nepieciešams akumulatoru uzsildīt. Savukārt akumulatora uzsildīšanai var izmantot to siltuma jaudu, kas izdalās uz akumulatora iekšējās pretestības, ja cauri akumulatoram plūst strāva, proti, ja akumulatoram ir pieslēgts kāds patērētājs. Tāpēc reizēm šoferi bargā salā pirms dzinēja iedarbināšanas uz īsu brīdi ieslēdz automašīnas lielās gaismas.

Aplūkojam automašīnas akumulatoru ar nemainīgu elektrodzinējspēku  $12\text{ V}$ . Akumulatoram ir pieslēgta ārējā pretestība  $R$ , skatīt doto shēmu. Ar ampērmetru mēra strāvas stiprumu ķēdē, ar voltmetru mēra spriegumu uz akumulatora spailēm. Uzskatīt, ka ampērmetra pretestība strāvai ir nulle, bet voltmetra pretestība strāvai ir bezgalīga (mēraparāti ir ideāli). Akumulators atrodas apkārtējā vidē, kuras temperatūra ir  $t_A = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

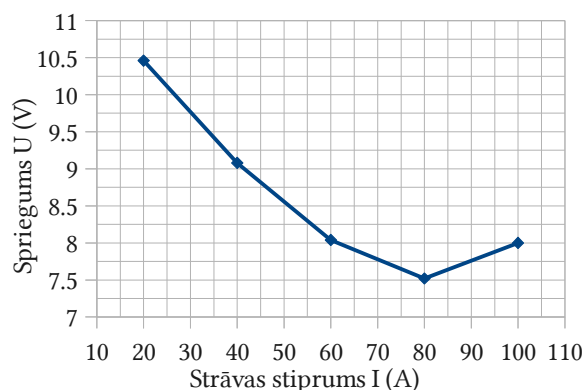


I. Akumulatoram pieslēdza noteiktu ārējo pretestību  $R$ , ampērmetrs rādīja strāvu  $I = 20\text{ A}$ , voltmetrs rādīja spriegumu  $U = 10.46\text{ V}$ .

- (a) Kāda ir pieslēgtās ārējās pretestības  $R$  vērtība?
- (b) Kāda tobrīd ir akumulatora iekšējā pretestība?
- (c) Kāda jauda izdalās ārējā pretestībā?
- (d) Kāda siltuma jauda izdalās akumulatora iekšienē uz akumulatora iekšējās pretestības?

**II.** Akumulatoram veica mērījumu sēriju, mainot ārējās pretestības  $R$  vērtību, katrai pretestības vērtībai  $R$  tika pierakstītas sprieguma  $U$  un strāvas  $I$  vērtības, pie kam katram mērījumam pirms rezultātu pierakstīšanas tika pagaidītas vairākas minūtes, līdz akumulatora temperatūra nostabilizējās. Mērījuma rezultāti ir doti tabulā un ir parādīti grafikā.

$I$ (A)	20	40	60	80	100
$U$ (V)	10.46	9.08	8.04	7.52	8.00



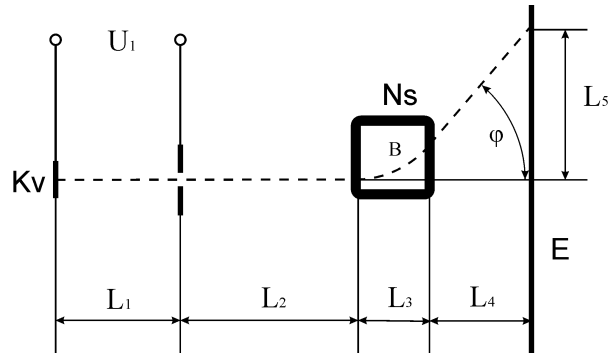
- (a) Izmantojot tabulu, aprēķināt un uzkonstruēt grafiku akumulatora iekšējās pretestības atkarībai no strāvas ķēdē. Grafikos izmantot tikai trekni izceltos (tabulā dotos) punktus.
- (b) Izmantojot iegūtos rezultātus aprēķināt un uzkonstruēt grafiku siltuma jaudas, kas izdalās akumulatora iekšpusē, atkarībai no strāvas ķēdē.
- (c) Akumulators atrodas apkārtējā vidē, kuras temperatūra ir  $t_A = 0^\circ\text{C}$ . Tā kā akumulatorā, ja tam ir pieslēgts patērētājs, izdalās noteikta siltuma jauda, tad akumulatora iekšpusē pēc darba režīma nostabilizēšanās katrai pieslēgtai pretestībai  $R$  izveidojas sava temperatūra  $t$ , kas ir augstāka par apkārtējās vides temperatūru. Starpība starp temperatūru akumulatora iekšpusē  $t$  un apkārtējās vides temperatūru  $t_A$  nodrošina siltuma aizplūšanu no akumulatora uz apkārtējo vidi (siltums iet no karstāka ķermeņa uz vēsāku). Labā tuvinājumā var pieņemt, ka siltuma jauda, kas aizplūst no akumulatora uz apkārtējo vidi ir proporcionāla temperatūru starpībai  $P = K(t - t_A)$ , kur  $K$  ir siltumapmaiņu raksturojoša konstante. Pieņemsim, ka  $K = 20 \text{ W}/^\circ\text{C}$ . Aprēķināt un uzkonstruēt grafiku temperatūras akumulatora iekšpusē atkarībai no strāvas ķēdē, pie kam aplūkot gadījumus, kad temperatūra akumulatora iekšpusē ir nostabilizējusies.
- (d) Izmantojot iegūtos rezultātus, uzkonstruēt grafiku akumulatora iekšējās pretestības atkarībai no temperatūras  $t$  akumulatora iekšpusē.
- III.** Šo pašu aplūkoto akumulatoru novietoja siltākā apkārtējā vidē, kuras temperatūra ir  $t_A = 10^\circ\text{C}$ . Akumulatoram pieslēdza ārējo pretestību  $R = 0.523 \Omega$ .

- (a) Izmantojot iepriekš iegūto grafiku akumulatora iekšējās pretestības atkarībai no temperatūras  $t$  akumulatora iekšpusē un grafisku konstrukciju (līkņu krustošanos), noteikt kāda būs akumulatora iekšējā pretestība šajā gadījumā pēc temperatūras nostabilizēšanās.
- (b) Aprēķināt, kāda strāva plūdis ķēdē šajā gadījumā.

## 12. klase

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 un soļa numuru! Baltais papīrs paredzēts melnrakstam – to žūrijas komisija neskatīsies. Laiks – 150 minūtes.

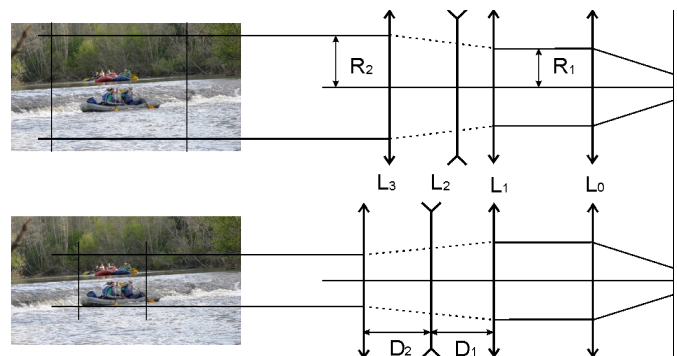
**1. Uzdevums** Iepriekšējās paaudzes datoru monitoru un televizoru galvenā komponente ir īpaša vakuuma caurule – kineskops. Tajā ar elektromagnētisko lauku palīdzību tiek radīts, modulēts, paātrināts un stūrēts elektronu kūlis. Elektroniem nonākot luminescējošā ekrāna iekšējā pusē tie ierosina gaismas izstarošanu (luminescenci), kas arī veido nepieciešamo attālo. Šajā uzdevumā mēs apskatīsim vienkāršotu kineskopa modeli.



Elektrons izlido no sakarsēta kvēldiega  $K_v$  un tiek paātrināts ar potenciālu starpību  $U_1 = 140 \text{ V}$ , šajā laikā veicot attālumu  $L_1 = 2 \text{ cm}$ . Tālāk tas nonāk noliecošajā sistēmā  $N_s$ , ko veido taisnstūrveida apgabals ar homogēnu magnētisko lauku, kura indukcija  $B = 0.001 \text{ T}$  ir vērsta perpendikulāri zīmējuma plaknei. Šā apgabala platums ir  $L_3 = 2 \text{ cm}$ . Visbeidzot, elektrons nonāk līdz luminescējošam ekrānam  $E$  (sk. att.). Dots, ka  $L_4 = 30 \text{ cm}$ , elektrona masa ir  $m = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$ , un lādiņš ir  $q = 1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$ .

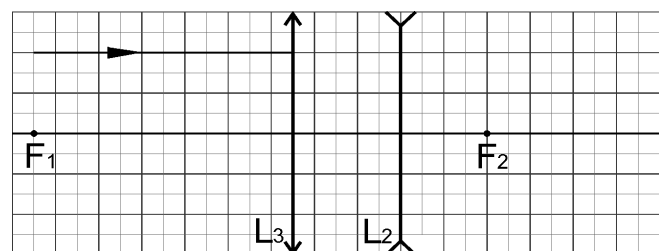
- Atrast ātrumu  $v$ , kādu elektrons sasniedz pabeidzot posmu  $L_1$ .
- Paskaidrot kā noliecošā sistēma ietekmē elektrona kustības ātrumu. Kādā virzienā ir jābūt vērstam magnētiskā lauka indukcijas vektoram  $\vec{B}$ , lai elektrons lidotu pa zīmējumā attēlotu trajektoriju?
- Atrast lenķi  $\varphi$ , par kādu tiek noliekta elektrona trajektorija.
- Atrast attālumu  $L_5$ , kurā elektrons nonāk pie ekrāna (sk. att.).

**2. Uzdevums** Fotoaparātus bieži aprīko ar objektīvu, kas ļauj lietotājam „pievilkt” vai „attālināt” fotografējamo objektu. Šādu fotoaparāta iespēju tehniskajā dokumentācijā sauc par *optical zoom* funkciju. Uzmanīgs lietotājs pamanīs, ka šādu manipulāciju laikā ar servomotoru palīdzību fotoaparāta objektīvs maina savu garumu.



Attēls 1: Fotoaparāta objektīva ar maināmu optisko palielinājumu darbības princips. Foto no [www.fizmati.lv/zinas](http://www.fizmati.lv/zinas).

Fotoaparāta objektīva ar maināmu optisko palielinājumu darbības principu vienkāršoti izskaidro izmantojot paralēlo staru tuvinājumu, sk. 1. att. Lēca  $L_0$  fokusē staru kūli uz CCD matricu vai fotofilmu. Objektīva daļu, kas nodrošina maināmu optisko palielinājumu, veido divas savācējlēcas  $L_1$  un  $L_3$  ar vienādu fokusa attālumu  $F_1$  kā arī izkliedētājlēca  $L_2$  ar fokusa attālumu  $F_2$ . Lēca  $L_1$  ir nekustīga, bet lēcas  $L_2$  un  $L_3$  pārvietojas pa sistēmas galveno optisko asi. Galvenajai optiskajai asij paralēls ienākošo staru kūlis ar platumu  $R_2$  tiek pārveidots par paralēlu staru kūli ar



Attēls 2: Konstruēt staru gaitu.  $F_1 = 6$ ,  $F_2 = 2$  un  $D_2 = 2.5$ .

optimālu platumu  $R_1$ . Šaurāks ienākošais staru kūlis atbilst „pievilktam” attēlam.

- Konstruēt staru gaitu 2. att. attēlotajā optiskajā sistēmā, kuru veido attālumā  $D_2$  novietotas lēcas  $L_3$  un  $L_2$ .
- Ievietot 2. att. lēcu  $L_1$  tā, lai aiz tās tiktu iegūts paralēlu staru kūlis. Pamatot konstrukciju.
- Atrast vispārīgu sakarību, kas izsaka paralēlo staru platumu attiecību  $R_1/R_2$ , izmantojot lēcu fokusa attālumus  $F_1$  un  $F_2$  kā arī attālumu starp lēcām  $L_3$  un  $L_2$ , kuru apzīmējam ar  $D_2$ . Salīdziniet ar punktā (b) veiktās konstrukcijas rezultātu.
- Atrast attālumu starp lēcām  $L_2$  un  $L_1$ , kuru apzīmējam ar  $D_1$ , izmantojot attiecību  $R_1/R_2$  un lēcu fokusa attālumus  $F_1$  un  $F_2$ . Salīdziniet ar punktā (b) veiktās konstrukcijas rezultātu.

### 3. Uzdevums

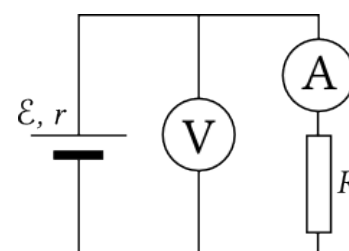
Autovadītājiem ir pieredze, ka ziemā un lielā salā automašīnu nereti ir grūti iedarbināt, jo automašīnas akumulators nespēj dot pietiekošu strāvu starterim (elektromotoram, kas iegriež iekšdedzes dzinēju). Viens būtisks šīs parādības iemesls ir tas, ka akumulatora elektrolītam zemās temperatūrās ir lielāka viskozitāte, tāpēc jonu kustība elektrolītā ir apgrūtināta un tāpēc elektrolīta īpatnējā pretestība un atbilstoši akumulatora iekšējā pretestība ir lielāka. Lai akumulators dotu lielāku strāvu, ir nepieciešams akumulatoru uzsildīt. Savukārt akumulatora uzsildīšanai var izmantot to siltuma jaudu, kas izdalās uz akumulatora iekšējās pretestības, ja cauri akumulatoram plūst strāva, proti, ja akumulatoram ir pieslēgts kāds patērētājs. Tāpēc reizēm šoferi bargā salā pirms dzinēja iedarbināšanas uz īsu brīdi ieslēdz automašīnas lielās gaismas.

Aplūkojam automašīnas akumulatoru ar nemainīgu elektrodzinējspēku 12 V. Akumulatoram ir pieslēgta ārējā pretestība  $R$ , skatīt doto shēmu. Ar ampērmetru mēra strāvas stiprumu ķēdē, ar voltmetru mēra spriegumu uz akumulatora spailēm. Uzskatīt, ka ampērmetra pretestība strāvai ir nulle, bet voltmetra pretestība strāvai ir bezgalīga (mēraparāti ir ideāli). Akumulators atrodas apkārtējā vidē, kuras temperatūra ir  $t_A = 0\text{ }^\circ\text{C}$ .

Aplūkojam automašīnas akumulatoru ar nemainīgu elektrodzinējspēku 12 V. Akumulatoram ir pieslēgta ārējā pretestība  $R$ , skatīt doto shēmu. Ar ampērmetru mēra strāvas stiprumu ķēdē, ar voltmetru mēra spriegumu uz akumulatora spailēm. Uzskatīt, ka ampērmetra pretestība strāvai ir nulle, bet voltmetra pretestība strāvai ir bezgalīga (mēraparāti ir ideāli). Akumulators atrodas apkārtējā vidē, kuras temperatūra ir  $t_A = 0\text{ }^\circ\text{C}$ .

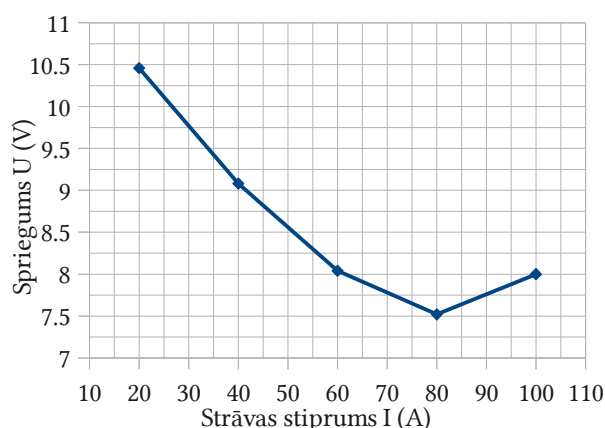
**I.** Akumulatoram pieslēdza noteiktu ārējo pretestību  $R$ , ampērmetrs rādīja strāvu  $I = 20\text{ A}$ , voltmetrs rādīja spriegumu  $U = 10.46\text{ V}$ .

- Kāda ir pieslēgtās ārējās pretestības  $R$  vērtība?
- Kāda tobrīd ir akumulatora iekšējā pretestība?
- Kāda jauda izdalās ārējā pretestībā?
- Kāda siltuma jauda izdalās akumulatora iekšienē uz akumulatora iekšējās pretestības?



II. Akumulatoram veica mērījumu sēriju, mainot ārējās pretestības  $R$  vērtību, katrai pretestības vērtībai  $R$  tika pierakstītas sprieguma  $U$  un strāvas  $I$  vērtības, pie kam katram mērījumam pirms rezultātu pierakstīšanas tika pagaidītas vairākas minūtes, līdz akumulatora temperatūra nostabilizējās. Mērījuma rezultāti ir doti tabulā un ir parādīti grafikā.

$I$ (A)	20	40	60	80	100
$U$ (V)	10.46	9.08	8.04	7.52	8.00



- (a) Izmantojot tabulu, aprēķināt un uzkonstruēt grafiku akumulatora iekšējās pretestības atkarībai no strāvas ķēdē. Grafikos izmantot tikai trekni izceltos (tabulā dotos) punktus.
- (b) Izmantojot iegūtos rezultātus aprēķināt un uzkonstruēt grafiku siltuma jaudas, kas izdalās akumulatora iekšpusē, atkarībai no strāvas ķēdē.
- (c) Akumulators atrodas apkārtējā vidē, kuras temperatūra ir  $t_A = 0^\circ\text{C}$ . Tā kā akumulatorā, ja tam ir pieslēgts patērētājs, izdalās noteikta siltuma jauda, tad akumulatora iekšpusē pēc darba režīma nostabilizēšanās katrai pieslēgtai pretestībai  $R$  izveidojas sava temperatūra  $t$ , kas ir augstāka par apkārtējās vides temperatūru. Starpība starp temperatūru akumulatora iekšpusē  $t$  un apkārtējās vides temperatūru  $t_A$  nodrošina siltuma aizplūšanu no akumulatora uz apkārtējo vidi (siltums iet no karstāka ķermeņa uz vēsāku). Labā tuvinājumā var pieņemt, ka siltuma jauda, kas aizplūst no akumulatora uz apkārtējo vidi ir proporcionāla temperatūru starpībai  $P = K(t - t_A)$ , kur  $K$  ir siltumapmaiņu raksturojoša konstante. Pieņemsim, ka  $K = 20 \text{ W}/^\circ\text{C}$ . Aprēķināt un uzkonstruēt grafiku temperatūras akumulatora iekšpusē atkarībai no strāvas ķēdē, pie kam aplūkot gadījumus, kad temperatūra akumulatora iekšpusē ir nostabilizējusies.
- (d) Izmantojot iegūtos rezultātus, uzkonstruēt grafiku akumulatora iekšējās pretestības atkarībai no temperatūras  $t$  akumulatora iekšpusē.
- III. Šo pašu aplūkoto akumulatoru novietoja siltākā apkārtējā vidē, kuras temperatūra ir  $t_A = 10^\circ\text{C}$ . Akumulatoram pieslēdza ārējo pretestību  $R = 0.523 \Omega$ .

- (a) Izmantojot iepriekš iegūto grafiku akumulatora iekšējās pretestības atkarībai no temperatūras  $t$  akumulatora iekšpusē un grafisku konstrukciju (līkņu krustošanos), noteikt kāda būs akumulatora iekšējā pretestība šajā gadījumā pēc temperatūras nostabilizēšanās.
- (b) Aprēķināt, kāda strāva plūdis ķēdē šajā gadījumā.