

Fizikas valsts 66. olimpiāde Otrā posma uzdevumi 12. klasei

12 - 1 Pseido hologramma

Ievēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes. Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem.

Mūsdienās arvien lielāku popularitāti iegūst tā saucamie “hologrāfiskie” 3D projektori. Piemēram, ar "3D hologrammas" piramīdu ir iespējams attēlu uz viedtālruna vai planšetes ekrāna pārvērst par 3D attēlu (skat. 1. att.).



1. att.

Šai tehnoloģijai nav nekāda sakara ar hologrāfiju un hologrammām. Tās darbības princips balstās uz optisku efektu, kas ir pazīstams kā *Pepera* (John Henry Pepper) *spoks*. Tā ir optiska ilūzija, ko izmanto izklaides industrijā, piemēram, teātrī jau kopš 19.gadsimta (skat. 2. att.).



2. att.

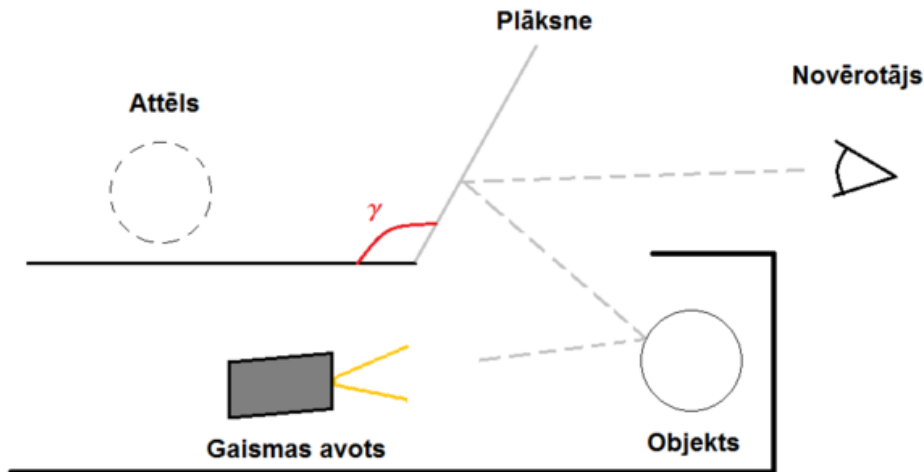
1. Lai nodemonstrētu *Pepera spoku*, nepieciešama caurspīdīga, bet arī daļēji gaismu atstarojoša plāksne (stikls) vai plēve. Spoks, ko redz skatītāji teātrī, patiesībā ir aktiera atspulgs no stikla plāksnes, bet pašu plāksni skatītāji neredz, rezultātā rodas iespaids, ka uz skatuves tiešām atrodas spoks.

Kāda optiska parādība ir *Pepera spoka* efekta pamatā? [1 p]

Atbilde:

- gaismas absorbcija
- gaismas refrakcija jeb laušana
- gaismas refleksija jeb atstarošana
- gaismas izkliede

2. Dotajā attēlā redzams shematisks gaismas avota, objekta un plāksnes novietojums (skat. 3. att.).



3. att.

Kuri no minētajiem apgalvojumiem ir patiesi? [1.5 p]

Atbilde: *Izvēlieties vienu vai vairākas.*

Mainot leņķi γ starp stikla plāksni un skatuves grīdu:

- Attēls (spoks) neveidosies, jo gaisma, kas nāk no objekta, tiks izkliedēta.
- Stikla plāksne paliks neredzama skatītājiem jebkādā leņķī.
- Mainīsies attēla (spoka) novietojums uz skatuves - tas var veidoties virs skatuves vai zemāk par to
- Mainīsies attēla (spoka) forma - tas būs izstiepts vai saspīests
- Samazinot leņķi γ , plāksne kļūs redzama skatītājiem, jo tā skatītāju virzienā sāks atstarot gaismu, kas nāk no zāles
- Plāksne kļūs redzama skatītājiem, jo tā sāks absorbēt gaismu, kas nāk no zāles
- Samazinot leņķi γ , skatītāji, kas sēž uz balkona (skat. 2. att.), nevarēs novērot spoku
- Palielinot leņķi γ , skatītāji, kas sēž uz balkona (att. 2), nevarēs novērot spoku

3. Pateicoties kādai optiskai parādībai, mēs redzam pilnīgi caurspīdīgus objektus, gadījumā, kad tie neatstaro gaismu? [1 p]

Atbilde:

- gaismas absorbcija
- gaismas refrakcija jeb laušana
- gaismas interference
- gaismas refleksija jeb atstarošana
- gaismas izkliede

4. Ilustrācijā no grāmatas L'Optique (1890), mākslinieciski attēlots *Pepera spoks* (skat. 4. att.).



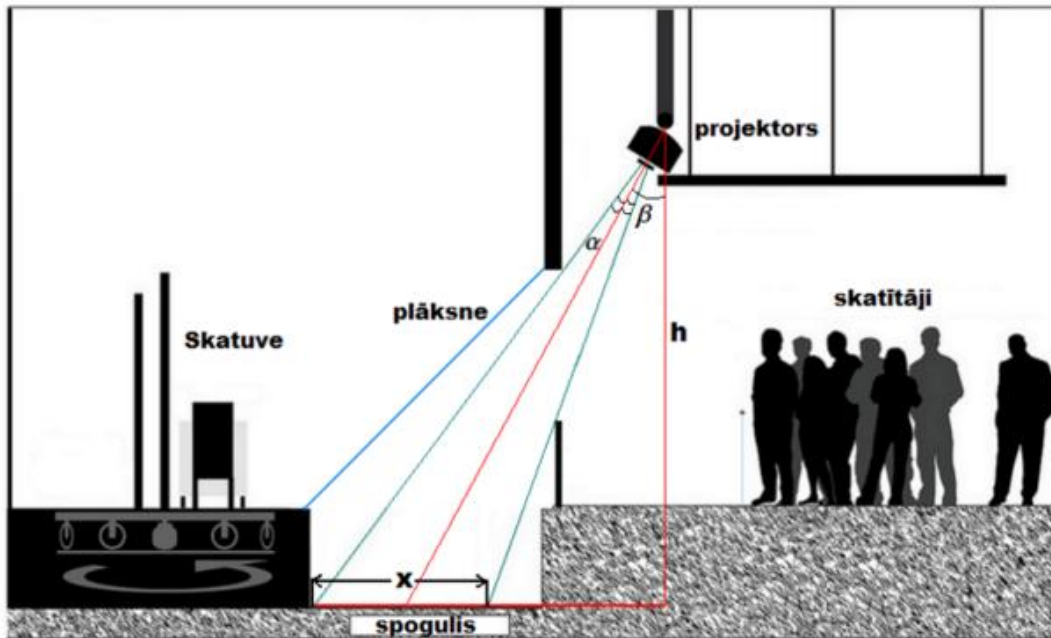
4. att.

Kuri no minētajiem apgalvojumiem ir patiesi? [1.5 p]

Atbilde: *Izvēlieties vienu vai vairākas.*

- *Pepera spoku* nav iespējams novērot uz apgaismotas skatuves
- Attēls (spoks) veidojas pirms reālā aktiera jeb “pa virsu” tam. Aktieris nevar būt reizē pirms un aiz attēla (spoka) vai daļēji aizsegt attēlu (spoku) kā parādīts 4. attēlā
- Lai novērot *Pepera spoku*, skatītājiem jāatrodas tumšajā telpā
- Izmantojot *Pepera spoka* efektu, iespējams skatītājam radīt absolūti identisku ilūziju, kāda parādīta 4. attēlā
- Objektu (aktieri, kurš tēlo spoku) nepieciešams izolēt no gaismas un apgaismot tikai tad, kad vēlas parādīt spoku
- *Pepera spoku* iespējams demonstrēt neatkarīgi no apgaismojuma telpā, kur atrodas skatītāji

5. Mūsdienās *Pepera spoka* efekta demonstrēšanai nav nepieciešams apgaismot aktieri spoka tērpā. Attēlu projicē uz spoguļvirsmu, no kuras atstarošanās rezultātā tas nonāk uz caurspīdīgas plāksnes. Projektors atrodas $h = 5$ m virs spoguļa, novietots leņķī $\beta = 30^{\circ}$. Leņķis, kas raksturo stara šķērsriezuma palielināšanos, pieaugot attālumam no projektora (divergences leņķis) $\alpha = 10^{\circ}$ (skat. 5. att.).



5. att.

Aprēķināt uz spoguļa noprojicētā attēla izmēru x . [1 p]

Atbilde: $x =$ m

6. Attēlu var projicēt uzreiz uz plāksni, bet tādā gadījumā projektors jānovieto bedrē, kur atrodas spogulis. Plāksne ir novietota perpendikulāri projektoram 2 m attālumā, diverģences leņķis $\alpha = 5^\circ$.

A Cik liels būs uz plāksnes noprojicētā attēla izmērs? [1 p]

Atbilde: $x =$ m

B Kāda lēca ir jāizmanto, lai attēls, kas tiek projicēts uz plāksni, būtu lielāks - izkliedētājlēca vai savācējlēca? Kāds būs iegūtais palielinātais attēls – tiešs vai apgriezts? [1 p]

Atbilde:

- izkliedētājlēca, tiešs attēls
- izkliedētājlēca, apgriezts attēls
- savācējlēca, tiešs attēls
- savācējlēca, apgriezts attēls

C Cik lielā attālumā no projektorā ir jānovieto lēca, lai iegūtu 100 reizes lielāku attēlu (salīdzinot ar attēlu, kas veidojas pašā projektorā)? Pie $\alpha < 10^\circ$ starus uzskatīt par paralēliem. [1 p]

Atbilde: $d =$ cm

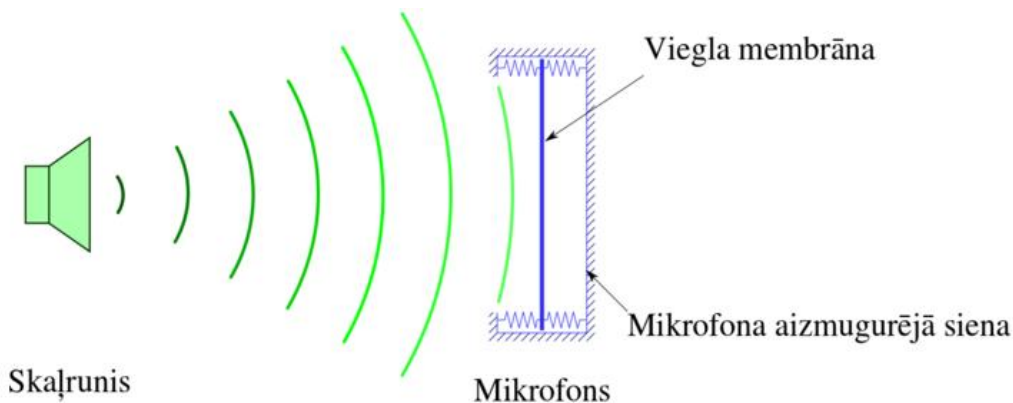
D Cik lielam ir jābūt lēcas optiskajam stiprumam, lai iegūtu 100 reizes lielāku attēlu? [1 p]

Atbilde: $D =$ dpt

12 - 2 Kondensatora mikrofons

Ievēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes. Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem.

Mikrofona darbības pamatā ir viegla membrāna, kas reaģē uz izmaiņām gaisa spiedienā (skat. 1. att.). Ja membrānu un mikrofona aizmugurējo sienu izveido no vadoša materiāla, ir iespējams reģistrēt gan membrānas atvirzi no līdzsvara stāvokļa, gan tās kustības ātrumu. Izmantojot kondensatora īpašības ir iespējams izveidot kondensatora mikrofonu.



1. att.

1. Plakņu kondensatora klājumi ir diski ar diametru $D = 5$ cm. Attālums starp klājumiem ir $d = 1$ mm, starp klājumiem atrodas gaiss. Sprieguma avotu ar EDS $U_0 = 100$ mV var pieslēgt kondensatora klājumiem ar slēdzi S (skat. 2. att.). Sākuma stāvoklī kondensators ir izlādēts. Pieņemsim, ka mērījumos lietotie ampērmetrs un voltmets ir ideāli. Elektriskā konstante ir $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ F/m.

A Slēdzis S tiek noslēgts un kondensatora klājumi tiek uzlādēti ar lādiņiem q_1 un q_2 . Cik liels lādiņš (pēc absolūtās vērtības) uzkrājas uz kondensatora katra klājuma?

Atbilde:

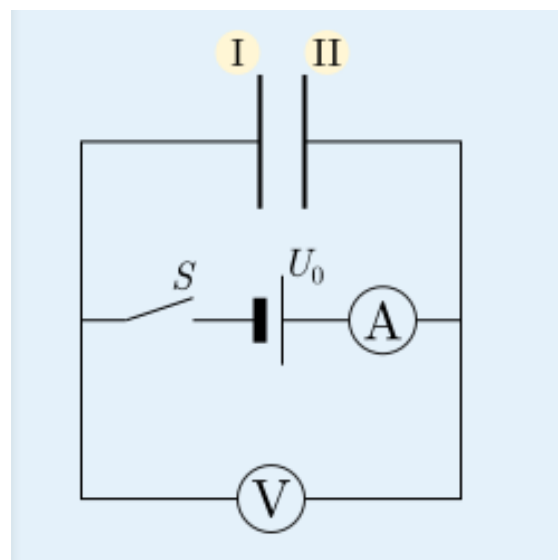
$$|q_1| = \boxed{} \text{ pC. [1 p]}$$

$$|q_2| = \boxed{} \text{ pC. [0.5 p]}$$

B Kurš no kondensatora klājumiem ir uzlādēts ar pozitīvu lādiņu? [0.5 p]

Atbilde:

- I
- II
- neviens
- abi



2. att.

C Cik liela būs lādiņa q_1 vērtība pēc slēdža S noslēgšanas, ja pirms slēdža noslēgšanas samainīts vietām ampērmetru ar voltmetru? [1 p]

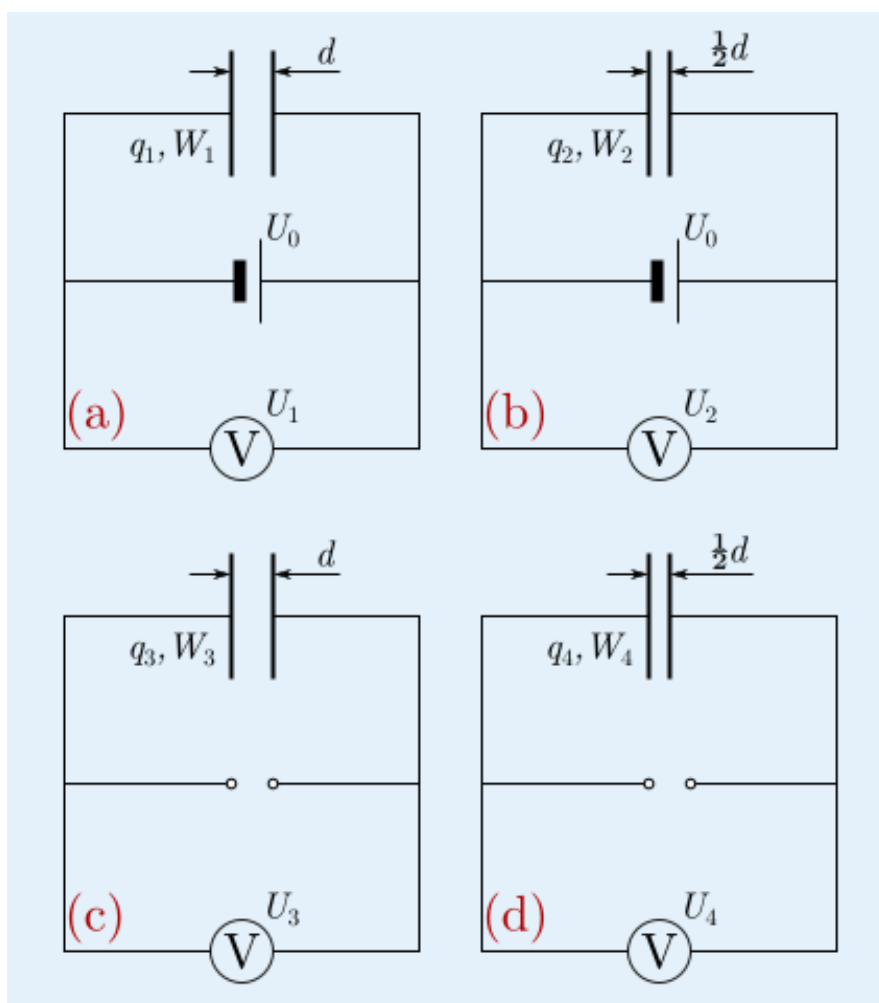
Atbilde:

$$|q_1| = \boxed{} \text{ pC.}$$

2. Sākumā kondensators tiek pievienots pie sprieguma avota ar EDS U_0 un uzlādēts (skat. 3. att. (a)). Kondensatora elektriskā lauka enerģija šajā brīdī ir W_1 , lādiņš uz kondensatora kreisā klājuma q_1 , spriegums U_1 .

Tad kondensatora klājumi tiek pārvietoti tā, ka attālums starp plāksnēm kļūst 2 reizes mazāks (skat. 3. att. (b)). Kondensatora elektriskā lauka enerģija šajā brīdī ir W_2 , lādiņš uz kondensatora kreisā klājuma q_2 , spriegums U_2 .

Kondensatora klājumus pēc uzlādēšanas atvieno no sprieguma avota (skat. 3. att. (c)). Kondensatora elektriskā lauka enerģija šajā brīdī W_3 , lādiņš uz kondensatora kreisā klājuma q_3 , spriegums U_3 , un tad kondensatora klājumus pārvieto līdz attālumam, kurš ir divas reizes mazāks (skat. 3. att. (d)). Šajā brīdī kondensatora elektriskā lauka enerģija W_4 , lādiņš uz kondensatora kreisā klājuma q_4 , spriegums U_4 .



3. att.

A Aprēķini kondensatora uzlādes procesā uzkrātās elektriskā lauka enerģijas W_2 pēc klājumu satuvināšanas attiecību pret tā sākotnējo uzlādes procesā uzkrāto elektriskā lauka enerģiju W_1 . [1 p]

Atbilde:

$$\frac{W_2}{W_1} = \boxed{}$$

B Aprēķini kondensatora uzlādes procesā uzkrātās elektriskā lauka enerģijas W_3 pēc sprieguma avota atvienošanas attiecību pret tā sākotnējo uzlādes procesā uzkrāto elektriskā lauka enerģiju W_1 . [1 p]

Atbilde:

$$\frac{W_3}{W_1} = \boxed{}$$

C Aprēķini kondensatora uzlādes procesā uzkrātās elektriskā lauka enerģijas W_4 pēc klājumu satuvināšanas attiecību pret tā sākotnējo uzlādes procesā uzkrāto elektriskā lauka enerģiju W_3 , ja sprieguma avots bija atvienots. [1 p]

Atbilde:

$$\frac{W_4}{W_3} = \boxed{}$$

D Aprēķini uz kondensatora klājumiem uzkrātā lādiņa q_2 attiecību pret sākotnējo uzkrāto lādiņu q_1 , ja kondensatora klājumiem pievieno sprieguma avotu un tad tās satuvina (skat. 3. att. (a) un (b)). [1 p]

Atbilde:

$$\frac{q_2}{q_1} = \boxed{}$$

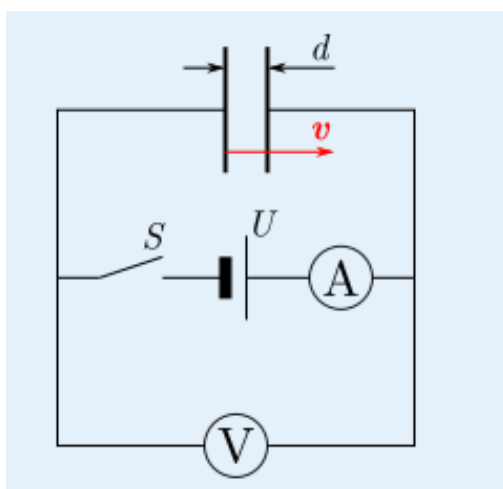
E Aprēķini sprieguma izmaiņu kondensatora klājumus satuvinot, ja kondensators pirms klājumu satuvināšanas ir uzlādēts un tad sprieguma avots atvienots (skat. 3. att. (c) un (d)). [1 p]

Atbilde:

$$\frac{U_4}{U_3} = \boxed{}$$

3. Kondensatora klājumi laika momentā $t_0 = 0$ atrodas attālumā $d = 2$ mm viens no otra (skat. 4. att.). Kondensatora kapacitāte šajā momentā $C_0 = 5$ pF. Caur slēdzi S kondensatoram pieslēgts sprieguma avots ar EDS $U = 700$ mV. Slēdzis S ir noslēgts.

Sprieguma avotu uzskatīsim par ideālu (nav iekšējās pretestības). Pieņemsim, ka spriegums uz kondensatora vienmēr sakrīt ar sprieguma avota pielikto.



4. att.

A Kondensatora klājumus sāk satuvināt vienmērīgi ar ātrumu $v = 2$ cm/s. Aprēķini elektriskā lādiņa izmaiņu uz kondensatora klājumiem laika intervālā $\Delta t = 10$ ms. [1 p]

Atbilde:

$$\Delta q = \boxed{} \text{ pc}$$

B Atrodiet analītiski, kādiem fizikālajiem lielumiem un kā (tieši vai apgriezti proporcionāls) ir momentānais strāvas stiprums laika momentā t_0 . Kondensatora klājumi ir diski ar diametru D , attālums starp klājumiem ir d . Ampērmetrs un sprieguma avots ir ideāli. Vadu pretestību neņemam vērā. Maziem x drīkst izmantot sekojošu tuvinājumu: $\frac{1}{1-x} \approx 1 + x$

Atbildes: [1 p]

$I \sim d$	$I \sim D$	$I \sim U$	$I \sim v$
$I \sim 1/d^2$	$I \sim 1/D^2$	$I \sim 1/U^2$	$I \sim 1/v^2$
$I \sim d^2$	$I \sim D^2$	$I \sim U^2$	$I \sim v^2$
$I \sim 1/d$	$I \sim 1/D$	$I \sim 1/U$	$I \sim 1/v$

12 - 3 Logi

Ievēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes. Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem.

Tuvināti novērtēsim dažas īpašības, uzbūvi, siltuma plūsmu un siltuma zudumus caur mājas logiem. Dažādos uzdevuma punktos izmantotie modeļi atšķiras, līdz ar to pievērsiet uzmanību uzdevuma nosacījumiem. Universālā gāzu konstante $R = 8.31 \text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$.

1. Ja logi nav pareizi konstruēti, tad tieši caur tiem mēdz izplūst liela daļa siltuma. Siltuma plūšanu caur vidi tuvināti apraksta siltumvadīšanas vienādojums

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = \alpha S \frac{T_2 - T_1}{D}$$

kur ΔQ ir siltuma daudzums, kas laika vienībā Δt , izplūst caur vidi (logu), kuras šķērsriezuma laukums ir S ; α - vides siltumvadītspējas koeficients, T_1 – gaisa temperatūra vides (loga) vienā pusē, T_2 – gaisa temperatūra vides (loga) otrā pusē, D – vides (logu stikla) biezums.

Temperatūra istabā ir $T_2 = 23 \text{ }^\circ\text{C}$, temperatūra ārā ir $T_1 = 14 \text{ }^\circ\text{C}$. Stikla siltumvadītspējas koeficients $\alpha = 0.9 \frac{\text{W}}{\text{m}\cdot\text{K}}$, logu stikla biezums $D = 2 \text{ cm}$, loga laukums $S = 1.2 \text{ m}^2$.

A Kādā virzienā plūst siltums? [0.5 p]

Atbilde:

- Siltums plūst no āras uz istabu
- Siltums plūst no istabas uz ārpusi
- Siltums neplūst nevienā virzienā
- Siltums plūst abos virzienos

B Cik liels siltuma daudzums izplūst caur logu stundas laikā, pieņemot, ka temperatūra istabā un ārā nemainās? [0.5 p]

Atbilde: $\Delta Q = \boxed{} \text{ MJ}$

2. Dubultajos logos starp stikliem bieži iepilda gāzes ar lielāku molmasu nekā gaisam (piemēram argonu), lai samazinātu siltumvadītspēju, jo tā ir atkarīga no gāzes molekulu vidējā kvadrātiskā ātruma.

A Kā gāzes vidējais kvadrātiskais ātrums ir atkarīgs no gāzes temperatūras T un molmasas M ?
[0.5 p]

Atbilde: Vidējā kvadrātiskā ātruma kvadrāts \bar{v}^2 ir tieši/apgriezti proporcionāls gāzes temperatūrai T un tieši/apgriezti proporcionāls gāzes molmasai M .

B Tā kā siltumvadītspējas koeficients stiklam ir daudzkārt lielāks nekā gāzēm, tad noteicošais faktors siltuma vadītspējai ir tieši starp dubultstikliem iepildītā gāze. Smagu gāzi starp logiem parasti iepilda pazeminātā spiedienā, lai samazinātu siltumvadītspējas koeficientu (molekulu sadursmes notiek retāk, samazinot spiedienu) un līdz ar to arī siltuma zudumus caur logu.

Logā tika iepildīta argona gāze ar spiedienu $p = 150$ Pa un temperatūru $T = 22$ °C. Cik liels ir argona blīvums logā? Argona molmasa $M = 40$ g/mol? [0.5 p]

Atbilde: $\rho =$ kg/m³

3. Rūpnīcā, pēc argona iepildīšanas logā, konstatēja, ka gāzes blīvums $\rho = 5.7 \cdot 10^{-3}$ kg/m³, kas atšķiras no sākotnēji teorētiski aprēķinātā nepieciešamā gāzes blīvuma un secināja, ka logā, iepildot argonu, ir iekļuvis arī gaiss.

Cik liels ir logā iepildītā gaisa spiediens, ja argona spiediens ir $p_{Ar} = 135$ Pa (**ši vērtība atšķiras no iepriekšējā uzdevumā izmantotās**), temperatūra logā ir $T = 22$ °C? Gaisa vidējā molmasa $M_g = 29$ g/mol, argona molmasa $M_{Ar} = 40$ g/mol. [1 p]

Atbilde: $p_g =$ Pa

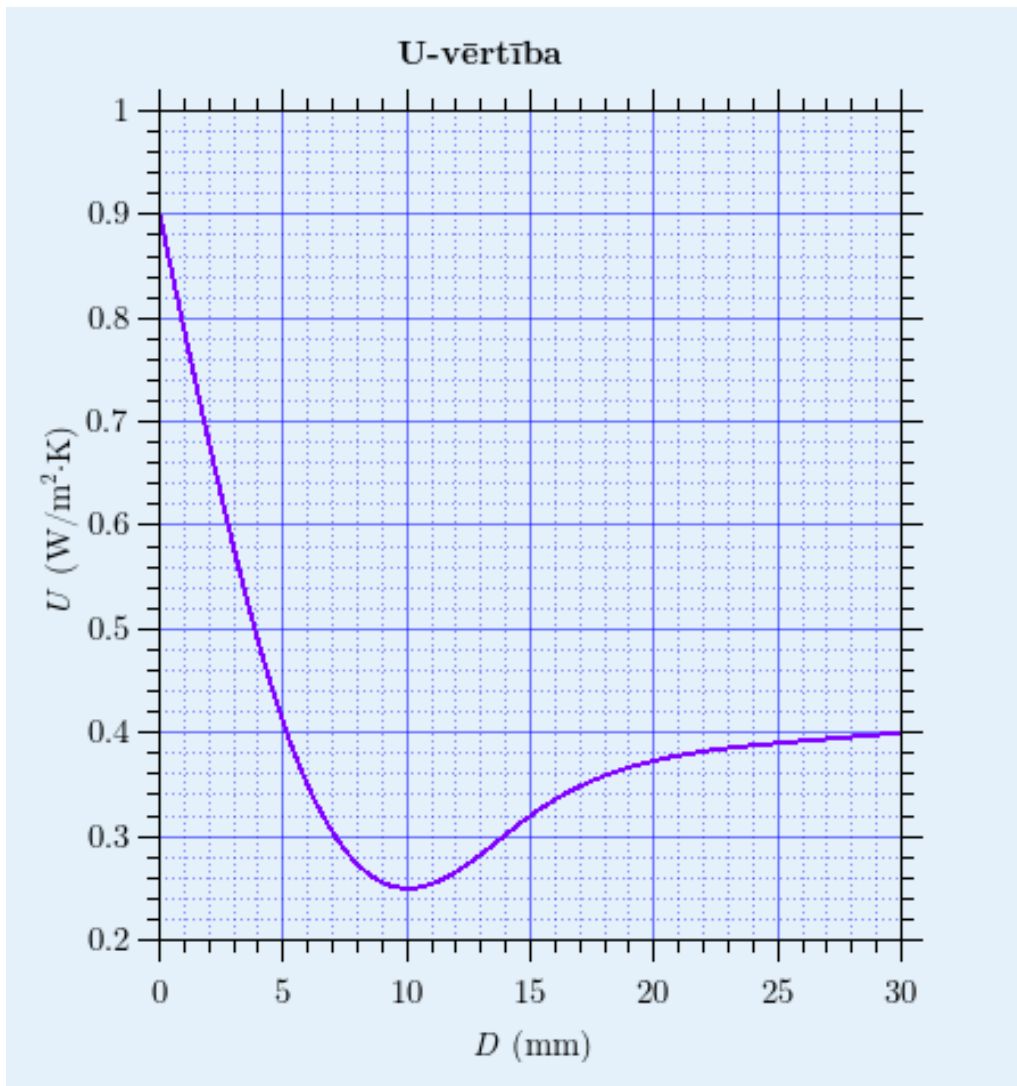
4. Ja logu atver vēdināšanas režīmā, tad caur spraugām no istabas izplūst siltais gaiss, kuru aizstāj aukstāks gaiss no ārpuses, kura plūsmas ātrums $v = 20$ l/min. Gaisa blīvums $\rho = 1.20$ $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$, gaisa īpatnējā siltumietilpība $c = 1000$ $\frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$. Temperatūra istabā ir $T_2 = 23$ °C, temperatūra ārā ir $T_1 = 13$ °C.

Cik lielu siltuma daudzumu istaba zaudē stundas laikā vēdināšanas procesā? Gaisa blīvuma nelielo atkarību no temperatūras neņemam vērā. [1 p]

Atbilde: $Q =$ kJ

5. Lielumu, kas raksturo kopējo siltuma plūsmu caur noteiktu materiālu vai materiālu sistēmu, inženierzinātnēs bieži sauc par U - vērtību (mērvienība $\frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$). Zinot U - vērtību, var aprēķināt siltuma plūsmu, izmantojot sakarību: $\frac{\Delta Q}{\Delta t} = US(T_2 - T_1)$.

Grafikā attēlots, kā mainās kopējā siltuma plūsma caur logu atkarībā no attāluma starp stikla plāksnēm (skat. 1. att.). Temperatūras loga pretējās pusēs T_1 un T_2 ir nemainīgas.



1. att.

A Cik liels ir optimālais attālums starp plāksnēm? **[0.5 p]**

Atbilde: $D_{\text{opt}} =$ mm

B Kāpēc kopējā siltuma plūsma pieaug, ja attālums starp plāksnēm $D > D_{\text{opt}}$?

Atbilde: [0.5 p]

Kopējā siltuma plūsma pieaug, jo

- sākas konvektīvā siltumapmaiņa
- samazinās siltumvadītspējas koeficients gāzei
- palielinās siltumvadītspējas koeficients gāzei
- tā nosaka siltumvadīšanas vienādojums
- samazinās konvektīvā siltumapmaiņa

C Kā U-vērtība var tikt izteikta ar stikla siltumvadītspējas koeficientu α un stikla biezumu D , ja apskata logu ar vienu stiklu, kur siltums plūst tikai caur stiklu?

Atbilde: [0.5 p]

- $U = \alpha \cdot D$
- $U = \frac{\alpha}{D}$
- $U = \frac{\alpha}{D^2}$
- $U = \alpha$
- $U = \frac{D}{\alpha}$
- $U = D$

6. Kad vasarā ir ļoti karsts, cilvēki tiek brīdināti neatstāt automašīnās, kas novietotas atklātā saulē, dzīvniekus vai bērnus, jo tās mēdz ļoti uzkarst.

Pieņemsim, ka saules starojuma jauda uz laukuma vienību uz zemes virsmas ir apmēram $\frac{\Delta P}{\Delta S} = 1100 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$ un $\eta = 80\%$ enerģijas pāriet siltumā. Saule atrodas $\alpha = 50^\circ$ leņķī attiecībā pret horizontu. Istabas loga laukums $S = 1.7 \text{ m}^2$.

A Cik liela ir istabā caur logu saņemtā starojuma jauda šajā situācijā? **[1 p]**

Atbilde: $P_s = \boxed{} \text{ W}$

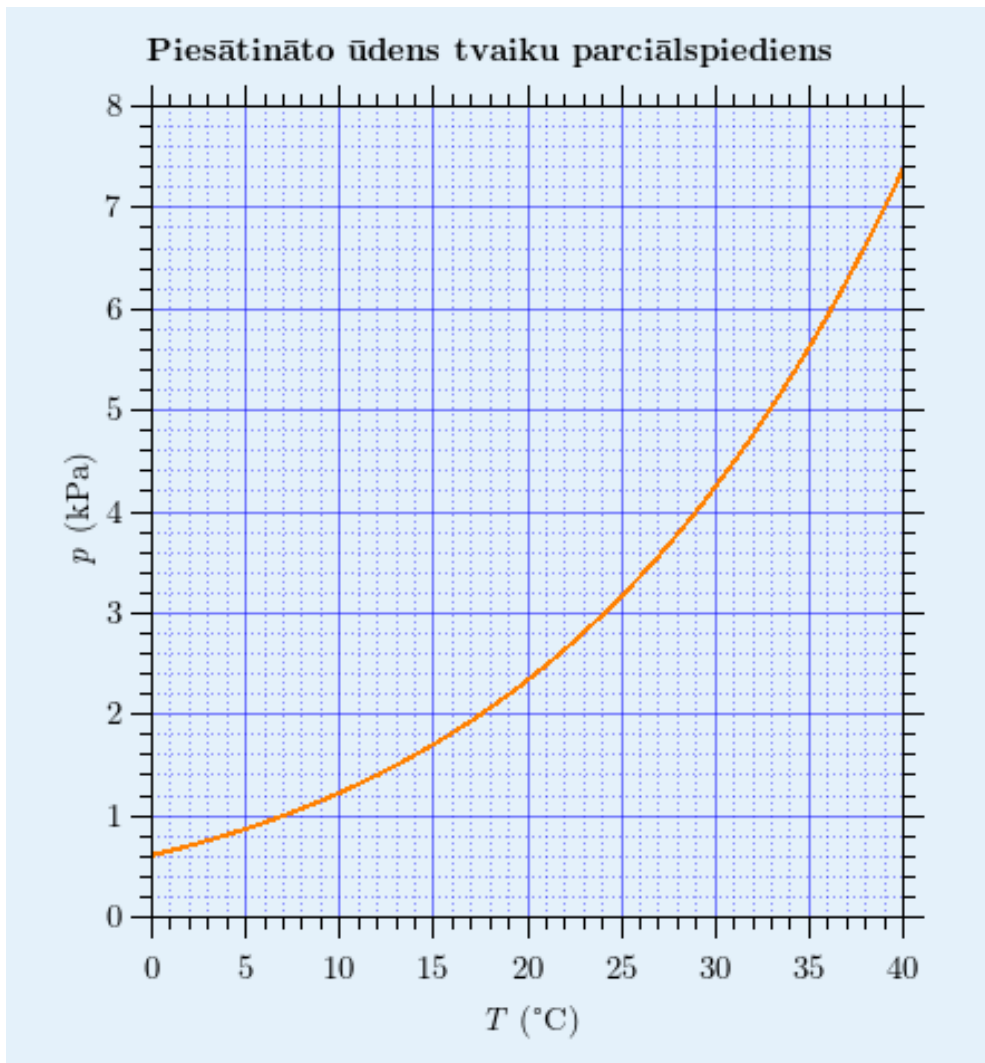
B Pieņemsim, ka istabā caur logu saņemtā starojuma jauda ir $P_s = 100 \text{ W}$ (**šī vērtība atšķiras no iepriekš aprēķinātās**). Temperatūra ārpusē ir $T_1 = 28^\circ\text{C}$, U-vērtība logam $U = 3.5 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$. Līdz kādai temperatūrai sasils istaba? **[1 p]**

Atbilde: $T_2 = \boxed{}^\circ\text{C}$

7. Dienā un naktī atšķiras gaisa temperatūra, līdz ar to, logi dienā mēdz izplesties un naktī sarauties termiskās izplešanās dēļ.

Pieņemsim, ka logs, kura tilpums $V = 0.024 \text{ m}^3$, netika uzražots kvalitatīvs un termiskās izplešanās dēļ tajā iekļuva gaiss, kurā bija ūdens tvaiks. Tā temperatūra ir $T_d = 30^\circ\text{C}$ un ūdens tvaika parciālspiediens $p_{\text{tv}} = 3 \text{ kPa}$. Spiediens loga iekšpusē kļuva vienāds ar atmosfēras spiedienu un gaiss logā tika hermētiski noslēgts. Pienāca nakts, temperatūra nokritās līdz $T_n = 14^\circ\text{C}$, un loga iekšpusē parādījās ūdens kondensāts. Ūdens tvaiku molmasa $M_u = 18 \text{ g/mol}$.

Piesātināta ūdens tvaika parciālspiediena atkarība no temperatūras ir redzama 2. attēlā.



2. att.

A Cik liela ir ūdens tvaiku masa logā dienas laikā? [1 p]

Atbilde: $m =$ g

B Cik liels ir ūdens tvaiku parciālspeidiens naktī? [0.5 p]

Atbilde: $p_{tv,n} =$ kPa

C Cik liela ir ūdens tvaiku masa, kas kondensējas? [1 p]

Atbilde: $\Delta m =$ g