

Fizikas 65. olimpiādes III posms

Uzdevumi

**Teorētiskā kārta
2015. gada 9. aprīlī**

9. klase

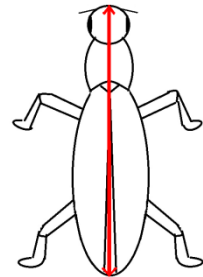
Jums tiek piedāvāti trīs uzdevumi. Par katru uzdevumu maksimāli iespējams iegūt 10 punktus. Katra uzdevuma risinājumu vēlams veikt uz atsevišķas rūtiņu lappuses. Neaizmirstiet uzrakstīt risināmā uzdevuma soļa numuru! Baltais papīrs paredzēts melnrakstam – to žūrijas komisija neskatīsies. Laiks – 180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

1. uzdevums

KUKAINIS MIKROSKOPĀ

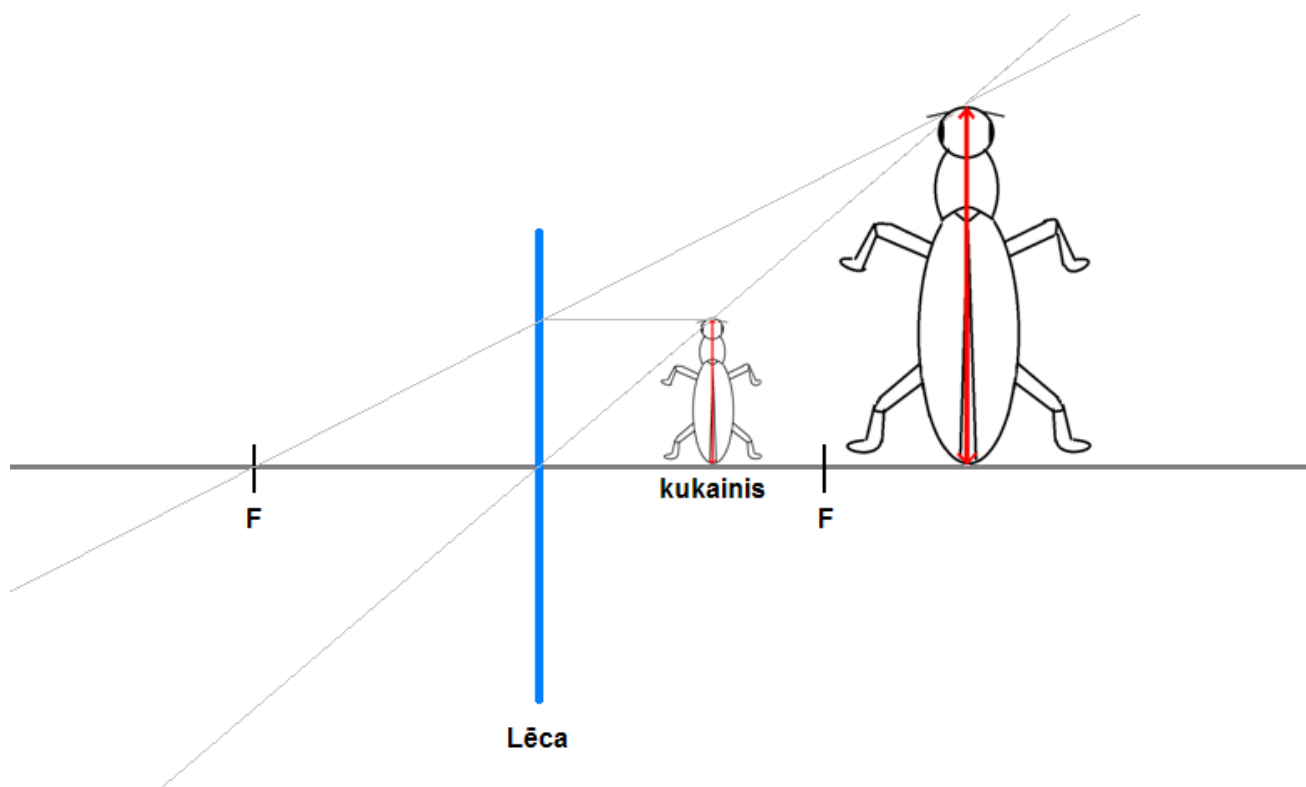
Visas lēcas uzskatīt par plānām. Savācēj-lēcas un izkliedētāj-lēcas tiek attēlotas vienādi.

Konstruējot kukaiņa attēlu, ievērot tikai kukaiņa garumu, neņem vērā platumu un biezumu. Modelēt to kā viendimensionālu objektu.



Attēliem ir ilustrējošs raksturs, visas konstrukcijas jāveic savā tīrraksta lapā.

Visvienkāršākais optiskais mikroskops ir lupa. 1. attēlā redzams kā lupā veidojas kukaiņa attēls.



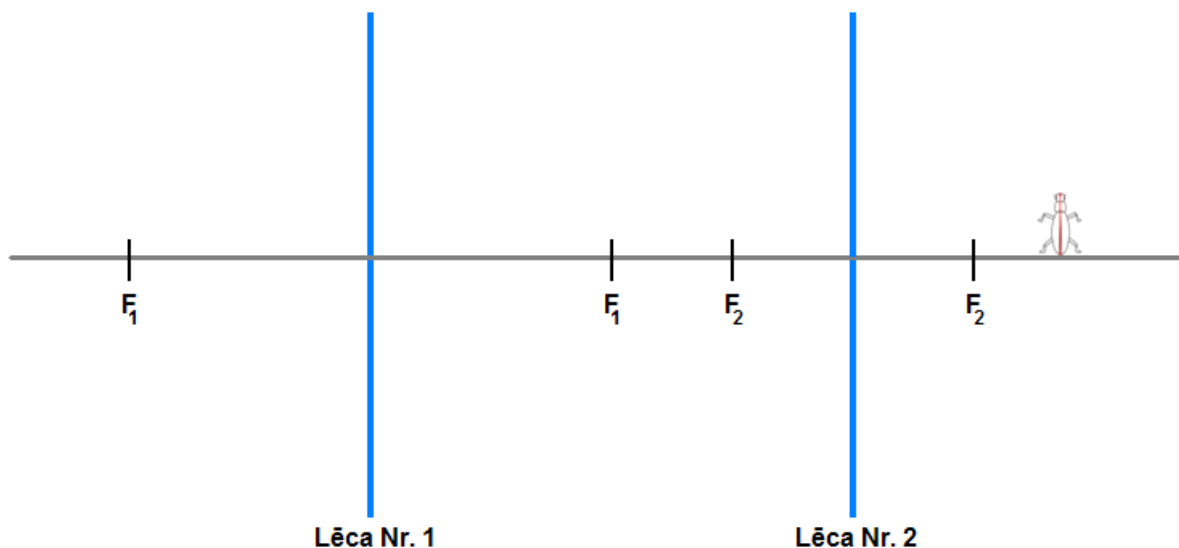
1. attēls. Kukaiņa attēls lupā.

A Brīdī, kad kukainis atrodas pirms fokusa (tuvāk lēcai) un uz optiskās ass (sk. att.1), mēs redzam kukaiņa attēlu:

- Kā ir raksturojams iegūtais attēls – samazināts/palielināts, reāls/šķietams, tiešs/apgriezts?
- Ar kādu lēcu, savācēj- vai izkliedētāj-lēcu, ir iegūts šis attēls?
- Kāds ir 1. attēlā redzamās lēcas fokusa attālums, ja kukaiņa attēls veidojas attālumā $|f| = 4$ cm no lēcas, bet pats kukainis atrodas attālumā $|d| = \frac{4}{5}$ cm no lēcas?

B Reālos optiskajos mikroskopos tiek izmantotas lēcu sistēmas.

Aiz lēcas Nr.1 attālumā $2F_1$ novieto lēcu Nr.2, kuras fokusa attālums ir divas reizes mazāks par lēcas Nr.1 fokusa attālumu (sk. att. 2). Abas lēcas ir savācējlēcas. Kukainis ir aizrāpojis aiz lēcas Nr.2 tālāk par šīs lēcas fokusa attālumu (skat. 2. att).



2. attēls. Lēcu sistēma. **Attēls ilustrē doto situāciju, konstrukcija jāveic sava tīrraksta lapā.**

- Izmantojot vienkāršāko optiskā mikroskopa shēmu, ir skaidrs, ka mēs iegūsim objekta palielinātu attēlu. Grafiski konstruēt attēlu un noskaidrot, vai tas būs reāls vai šķietams! Vai attēls būs apgriezts vai tiešs?
- Vai šo attēlu būs iespējams projicēt uz ekrāna?

B Kukaiņa attēlu, kas ir simetrisks pret optisko asi un ir 4 cm augsts, novēro uz ekrāna, kas atrodas aiz divu lēcu sistēmas. Tuvāk ekrānam, 10 cm attālumā no tā, atrodas pirmā savācējlēca ar fokusa attālumu $F_1 = 3$ cm. Otrā savācējlēca ar fokusa attālumu $F_2 = 1$ cm atrodas 10 cm tālāk no pirmās lēcas.

- Grafiski noteikt kukaiņa atrašanās vietu.
- Aprēķināt, cik tālu no ekrāna atrodas kukainis!
- Cik garš ir kukainis?

2. uzdevums

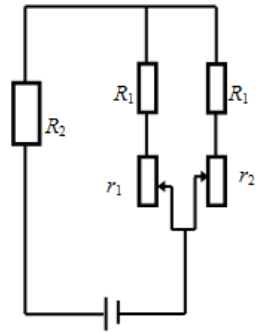
REOSTATS ELEKTRISKAJĀ ĶĒDĒ

Reostata pretestību var mainīt, bīdot slīdkontaktu pa tinumu, kurš ir aptīts ap cietu cilindru (skat. 1. att.), tā mainot vadītāja garumu, pa kuru plūdis strāva.



1. att. Reostats.

2. attēlā redzama elektriskā ķēde, kur divu vienādu rezistoru R_1 pretestība ir $10\ \Omega$, rezistora R_2 pretestība ir $20\ \Omega$, savukārt r_1 un r_2 ir reostati jeb rezistori ar mainīgu pretestību. Abu reostatu cilindru garums, kas aptīts ar vadiem, ir vienāds ar $20\ \text{cm}$. Reostata r_1 cilindra diametrs ir vienāds ar $2\ \text{cm}$, tinuma vadi ir izgatavoti no konstantāna, un reostata vijumu skaits ir vienāds ar 250 . Reostata r_2 cilindra diametrs ir vienāds ar $3\ \text{cm}$, tinuma vadi ir izgatavoti no nihroma un reostata vijumu skaits ir vienāds ar 200 . Konstantāna īpatnējā pretestība ir $\rho_k = 0,5\ \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$, bet nihroma īpatnējā pretestība $\rho_n = 1,1\ \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$.



2. att. Elektriskā ķēde.

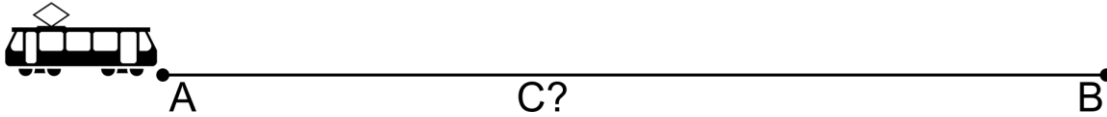
Ķēde ir pievienota līdzstrāvas avotam ar spriegumu $20\ \text{V}$.

- A Cik liela ir reostata r_1 maksimāla pretestība?
- B Cik liela ir reostata r_2 maksimāla pretestība?
- C Cik liela ir elektriskās ķēdes maksimāla pretestība?
- D Cik liela ir elektriskās ķēdes minimālā pretestība?
- E Cik stipra strāva plūdis caur katru no reostatiem, ja katra reostata slīdkontaktu uzstādīs vidējā pozīcijā – uz $10\ \text{cm}$?
- F Cik liels siltuma daudzums izdalīsies elektriskajā ķēdē vienas minūtes laikā, ja katra reostata slīdkontaktu uzstādīs vidējā pozīcijā – uz $10\ \text{cm}$?

3. uzdevums

GDRAIS PASAŽIERIS

Uz taisna ielas posma atrodas divas tramvaja pieturas: A un B. Attālums starp pieturām ir 500 m. Tramvajs kustās virzienā no A uz B. Var pieņemt, ka tramvajs kustās vienmērīgi visā ceļā ar ātrumu $v = 10 \text{ m/s}$ (tramvajs kustības sākumā uzņem šo ātrumu un kustības beigās apstājas momentāni).



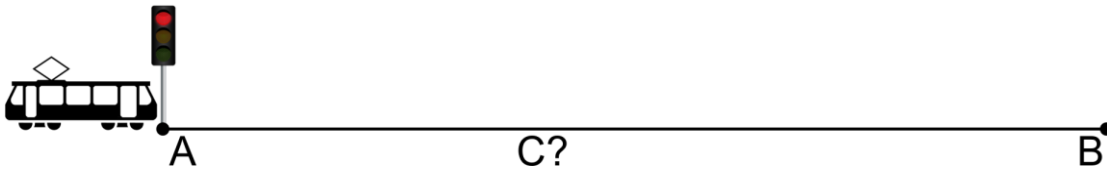
1. att. Taisna ceļa posma shēma ar pieturām A un B.

Noteiktā vietā uz nogriežņa AB atrodas punkts C (skat. 1. att.). Punktam C ir šāda īpašība: cilvēkiem, kas dzīvo pa kreisi no šā punkta, ir izdevīgi iet uz pieturu A, bet tiem, kas dzīvo pa labi no punkta C – uz pieturu B. Vārds „izdevīgi” nozīmē to, ka ejot uz „nepareizu” pieturu, cilvēks var nokavēt tramvaju, uz kuru viņš būtu paspējis, ja ietu pareizi. Piemēram, cilvēkiem, kas dzīvo precīzi pa vidu starp A un B, ir izdevīgi iet uz B, jo tramvajs pienāks tur nedaudz vēlāk, nekā pieturā A.

Pieņemiet, ka cilvēka kustības ātrums $u = 2 \text{ m/s}$ un tā kustība arī ir vienmērīga.

A Atrodiet, ar ko vienāds attālums AC.

B Pieņemiet, ka uzreiz pēc pieturas A atrodas luksofors (sk. 2. att.), kurā deg sarkanā gaisma. Atrodiet, ar ko vienāds attālums AC, ja tramvajs stāv pie luksofora 20 sekundes.



2. att. Taisna ceļa posma shēma ar pieturām A, B un luksoforu pie pieturas A, kas aiztur tramvaju par 20 sekundēm.

C Attēlojiet grafiski kā tramvaja koordināte (jeb attālums no punkta A līdz tramvajam) un cilvēka koordināte (jeb attālumu no punkta A līdz cilvēkam) mainās laikā. Kustības sākumā tramvaja koordināte ir vienāda ar nulli (tramvajs atrodas punktā A), bet cilvēka koordināte ir vienāda ar 400 m (cilvēks atrodas 400 m attālumā no A). Apskatiet gadījumus ar un bez luksofora.

10. klase

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

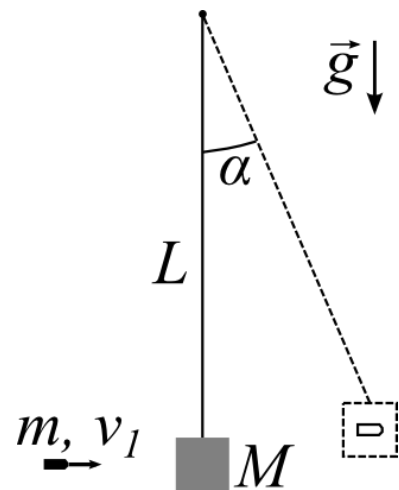
1. uzdevums

PĒTERIS ŠAUTUVĒ

Pēc fizikas stundas skolēns Pēteris, pārdomādams jauno vielu, iegāja šautuvē. Pēteri interesēja lodes lidojuma ātrums, kā arī impulsa un enerģijas izmaiņas sadursmēs. Risinot uzdevumu, neņem vērā gaisa pretestību.

A 1. attēlā parādīts ballistiskais svārsts, kas tiek lietots lodes ātruma noteikšanai. Šautuves instruktors izšāva lodī ar masu $m = 4$ g un nezināmu sākuma ātrumu v_1 . Pēteris novēroja, ka lode trāpīja vieglā diegā iekārtai kastei un iestrēga tajā. Viņš noteica, ka diega garums ir $L = 1$ m, kastes masa $M = 300$ g, maksimālais kastes novirzes leņķis pret vertikāli $\alpha = 25^\circ$. Aprēķināt

- lodes sākuma ātrumu v_1 ;
- sadursmē izdalīto siltuma daudzumu;
- laiku, kādā kaste novirzās par leņķi α (šajā punktā leņķi var uzskatīt par mazu);
- maksimālo lodes ātrumu, ko Pēteris var izmērīt ar ballistisko svārstu, ja zināms, ka diegs spēj izturēt $F_{\max} = 20$ N lielu sastiepuma spēku.

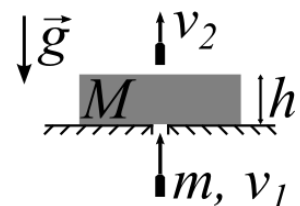


1. attēls. Ballistiskais svārsts.

B Pēteris gribēja labāk saprast, kā lode izlido cauri šķērslim, tāpēc izšāva lodi uz nekustīgi nostiprinātu kasti. Lode lido horizontālā virzienā, tās masa $m = 4$ g, sākuma ātrums $v_1 = 120$ m/s, ātrums pēc izešanas cauri kastei $v_2 = 60$ m/s, kastes garums $b = 20$ cm. Pieņemot, ka, lodei kustoties caur kasti, uz to darbojas nemainīgs pretestības spēks, aprēķināt

- cik ilgā laikā lode izlido cauri kastei;
- spēku, kas nepieciešams, lai noturētu kasti nekustīgu;
- minimālo kastes garumu, pie kura lode paliktu kastes iekšpusē;
- uzskicēt, kā mainās lodes ātrums kastes iekšpusē gadījumā, ja pretestības spēks ir proporcionāls lodes ātrumam (piem., kaste ir pildīta ar viskozu šķidrumu). Pamatot uzzīmēto ātruma līkni.

C Šautuvē atradās galds ar caurumu, uz kura bija novietota kaste ar masu M . Pēteris izšāva lodī ar masu $m = 4$ g vertikāli augšup, caursitot kasti, kuras augstums $h = 5$ cm (skat. 2. attēlu). Lodes ātrums pirms sadursmes $v_1 = 120$ m/s, pēc sadursmes $v_2 = 116$ m/s.



2. attēls. Vertikālais šāviens.

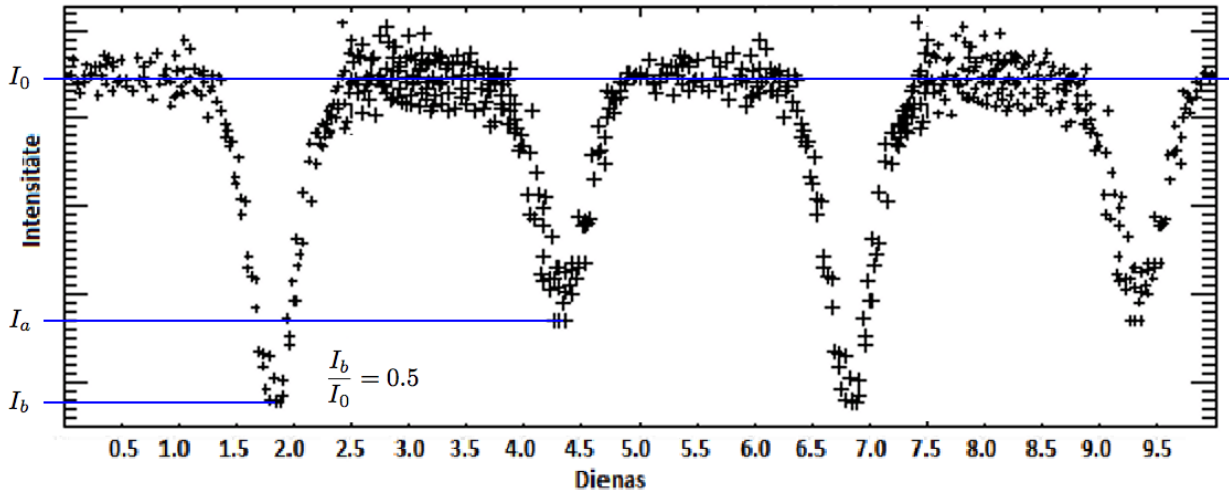
- Kādiem nosacījumiem jāizpildās, lai kaste šāvienu laikā nepalektos?
- Atrast minimālo M vērtību, pie kuras kaste nepaleksies, pieņemot, ka lodei, kustoties caur kasti, pretestības spēks nemainās un nav atkarīgs no M .
- Cik lielā augstumā lodes ātrums samazinātos no v_1 līdz v_2 , ja kastes nebūtu?

2. uzdevums

DUBULTZVAIGZNE

Astronomijā par dubultzvaigznēm sauc zvaigžņu pāri, kuras atrodas savstarpēji tuvu viena otrai. Mūsu galaktikā gandrīz puse no visām zvaigznēm ir dubultzvaigznes. Dubultzvaigžņu esamības konstatēšanai veic fotometriskus mērījumus. Dubultzvaigznēm, tāpēc, ka tās ir divas sistēmā, var noteikt dinamiku un parametrus, kā piemēram masu, apriņķošanas periodu, attālumu līdz masas centram.

Aplūkosim dubultzvaigžņu sistēmu, kurā abas zvaigznes kustas pa riņķveida orbītām ap kopējo masas centru. Novērotājs atrodas zvaigžņu kustības plaknē, tāpēc zvaigznes periodiski viena otru aizsedz. Rezultātā novērotājs konstatē periodiskas no dubultzvaigznes nākošās gaismas intensitātes izmaiņas, kas redzamas 1. attēlā. Gravitācijas konstante $G = 6.67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}\text{s}^{-2}$



1. attēls. Grafiks dubultzvaigznes starojuma intensitātes atkarībai no laika $I(t)$.

A Noteikt zvaigžņu apriņķošanas periodu.

B Zvaigznēm katrai ir sava temperatūra – attiecīgi T_1 un T_2 . Zvaigžņu rādiusi ir r_1 un r_2 . Kā tuvinātu modeli pieņemsim, ka zvaigznes attēls ir disks, kura virsmas spožums ir vienmērīgs un reģistrētā starojuma intensitāte ir proporcionāla zvaigznes virsmas temperatūras ceturtajai pakāpei. Noteikt zvaigžņu virsmas temperatūru attiecību $\frac{T_1}{T_2}$ un zvaigžņu rādiusu attiecību $\frac{r_1}{r_2}$.

C Pēc dubultzvaigznes spektroskopiskajiem mērījumiem (Doplera efekta rezultātā mainās uztvertais zvaigznes spektrs, periodiski nobīdoties uz zilo vai sarkano pusi) tika noskaidrots, ka zvaigznes kustās ar ātrumiem $v_1 = 8,0 \cdot 10^4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ un $v_2 = 1,0 \cdot 10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Noteikt katras zvaigznes attālumu līdz sistēmas masas centram R_1 un R_2 .

D Noteikt katras zvaigznes masu M_1 un M_2 .

E Noteikt dubultzvaigznes kopējo impulsa momentu L attiecībā pret masas centru.

F Tā kā zvaigznes, izstarojot elektromagnētisko starojumu un zvaigznes vēju (aizplūstoša matērija plazmas veidā no zvaigznes ārējiem atmosfēras slāņiem), zaudē masu, tad laika gaitā arī mainās savstarpējais attālums starp zvaigznēm. Pieņemsim, ka sistēma sastāv no zvaigznes un no planētas ar daudz mazāku masu, kas laika gaitā nemainās: $M_{zv} \gg M_{pl}$. Zināms, ka no zvaigznes masa aizplūst ar ātrumu $m_v = 2,4 \cdot 10^9 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$. Attālums starp planētu un zvaigzni $R = 1,0 \cdot 10^{10} \text{ m}$. $M_{zv} = 2,5 \cdot 10^{30} \text{ kg}$. Noteikt attāluma izmaiņu starp zvaigzni un planētu pēc laika $\tau = 1$ gads, pieņemot, ka planētas orbīta visu laiku ir riņķveida.

G Kāda daļa no savas sākotnējās masas būtu uzreiz jāzaudē zvaigznei, lai planēta kļūtu nesaistīta ar zvaigzni, t.i. pārvarētu tās gravitācijas radīto potenciālu?

3. uzdevums

TROPISKĀ ZIVS

Splāvējzivs evolūcijas laikā ir attīstījusi unikālu spēju notvert kukaiņus no ūdenim tuvu apkārtesošiem zariem, lapām. Līdzko splāvējzivs ierauga medījumu, tā izšauj ūdens strūklu (skat. 1. attēlu) kukaiņa virzienā un ar apbrīnojami labu precizitāti tam trāpa, apdullinot kukaini un iesitot to ūdenī, kur tas tiek notiesāts. Lai gan jau sen novērots, ka par spīti gravitācijai strūklas gala ātrums laikā pieaug, kā arī spēks, ar kuru strūkļa spēj iedarboties uz kukaini, vairākas reizes pārsniedz vērtību, kuru dzīvnieks spēj strūklai dot izšaušanas brīdī, tikai 2012. gadā tam ir atrasts fizikāli pamatots skaidrojums, kas tiks apskatīts šajā uzdevumā.

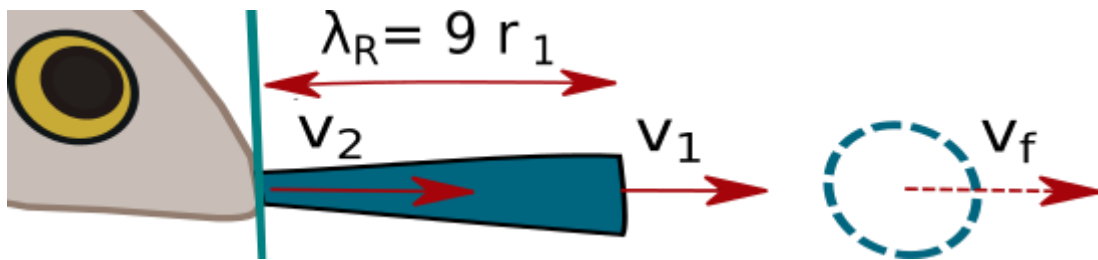


1. attēls. Splāvējzivs jeb Archerfish

Ir zināms, ka uz zivi splaušanas laikā iedarbojās nemainīgs atgriezējspēks $F = 50$ mN.

A Cik liels ir strūklas sākotnējais rādiuss, ja tās ātrums sākumā ir $v_1 = 2.3$ m/s?

Dabā esam novērojuši, ka strūkļa (piemēram, no daļēji atgriezta krāna), sadalās pilienos virsmas spraigumu spēku dēļ. Ar hidrodinamikas vienādojumu palīdzību var aprēķināt, ka attālums starp blakusesošiem pilieniem ir vienāds ar $\lambda_R = 9r_1$. Lai izveidotu spēcīgāko trieciensāviņu (pirmo pilienu) splāvējzivs strūklas diametru laikā būtiski maina (modulē), tomēr minētā sakarība ir aptuveni spēkā arī šim gadījumam, ja par strūklas rādiusu ņemam sākotnējo r_1 .



2. attēls. Trieciensāviņa veidošanās shematisks attēlojums.

Kā redzams 2. attēlā, pēc tam, kad trieciensāviņš ieņēmis sfērisku formu, tā diametrs ir daudz mazāks par tās strūklas daļas sākotnējo garumu, kura to veido. Tas ļauj trieciensāviņam piemērot sekojošu vienkāršotu modeli. Laikā $t_0 = 0$ zivi pamet strūklas priekšējais gals ar ātrumu $v_1 = 2,3$ m/s; laikā t_1 zivi pamet trieciensāviņa aizmugurējais gals ar ātrumu v_2 ; laikā $t_2 = 15$ ms strūklas aizmugurējais gals sasniedz priekšējo un ieņem sfērisku formu un turpina kustību ar ātrumu v_f .

B Cik liela ir t_1 vērtība?

C Ar cik lielu ātrumu v_2 aizmugurējais trieciensāviņa gals pamet zivi?

Pieņemsim, ka zivs strūklas diametru modulē tā, ka laikā t_2 trieciensāviņam ir nošķelta konusa forma. Nošķelta konusa tilpums $V = \frac{1}{3}\pi h(r_a^2 + r_a r_b + r_b^2)$, kur h ir konusa augstums, r_a un r_b konusa augšējā un apakšējā pamata rādiusi.

D Cik liels ir trieciensāviņa tilpums?

E Cik lielu ātrumu v_f iegūst trieciensāviņš pēc tam, kad tas kļuvis sfērisks jeb kustas kā viens vesels?

F Novērtē maksimālo spēku, ko spēj attīstīt trieciensāviņš, kad tas trāpa kukainim ar ātrumu v_f ! Cik reizes šis spēks pārsniedz zivs attīstīto spēku F ? Uzdevuma risināšanai pieņem, ka trieciensāviņš, pirms tas trāpa mērķī, ir izveidojies par sfērisku pilienu.

11. klase

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

1. uzdevums

VIRZUĻA SVĀRSTĪBAS

Stikla caurulītes ar diametru d apakšējais gals ir aizkausēts, un tā ir piepildīta ar nezināmu gāzi, kurai labā tuvinājumā var piemērot ideālās gāzes likumus. Caurulītes augšējais gals ir hermētiski noslēgts ar virzuli, kura masa ir $m = 5.0$ g un diametrs precīzi sakrīt ar caurulītes iekšējo diametru $d = 1.0$ cm, bet kas tomēr var kustēties caurulītē ar nelielu berzi. Virzuli atbrīvojot, tas nenokrīt līdz trauka dibenam, bet sāk vertikāli svārstīties stikla caurulītē.

Vācu fiziķis Edvarts Rihards (Eduard Rüchardt) piedāvāja izmantot šo parādību, lai noteiktu attiecību starp gāzes siltumietilpībām pie konstanta spiediena c_p un konstanta tilpuma c_V ; attiecību apzīmē ar

$$\gamma = \frac{c_p}{c_V}$$

Atmosfēras spiediens ir $p_{\text{atm}} = 100$ kPa, temperatūra laboratorijā ir $t_0 = 27^\circ\text{C}$. Brīvās krišanas paātrinājums $g = 9.8 \frac{\text{kg}\cdot\text{m}}{\text{s}^2}$, universālā gāzu konstante $R = 8.31 \frac{\text{J}}{\text{mol}\cdot\text{K}}$.

A Viena mola dotās gāzes siltumietilpība pie nemainīga tilpuma ir c_V . Cik liela ir šāda paša gāzes daudzuma siltumietilpība pie nemainīga spiediena c_p ?

B Pēc ilgāka laika virzuļa svārstības caurulītē norimst un virzulis apstājas attālumā $x_{\text{eq}} = 1.0$ m no stikla caurulītes apakšas. Cik liela šajā brīdī būs starpība starp spiedienu caurulītes noslēgtajā daļā un atmosfēras spiedienu? Cik daudz molu nezināmās gāzes atrodas caurulītē?

C Virzuli tagad strauji iespiež vēl par attālumu Δx dziļāk caurulītē. Kuri no sekojošiem lielumiem - gāzes spiediens, gāzes temperatūra, gāzes tilpums, gāzes vielas daudzums, gāzes masa - mainīsies šajā procesā? Pieņemot, ka Δx vērtība ir neliela un zināma, cik liels darbs ir jāveic šajā procesā (neskaitot virzuļa kinētiskās enerģijas izmaiņas)? Cik liela šajā procesā būs gāzes iekšējā enerģijas izmaiņa, ja process notiek tik strauji, ka siltumapmaiņa ar apkārtējo vidi nepagūst notikt?

D Virzuli nedaudz iespiež caurulītē un atlaiž no miera stāvokļa. Cik liels rezultējošais spēks darbojas uz virzuli un kā tas ir vērsts, ja gāzes spiediena starpība starp sākuma stāvokli un līdzsvara stāvokli pirms virzuļa atlaišana ir Δp ?

E Izmantojot c_V un c_p definīciju un gāzes stāvokļa vienādojumu, nosakiet gāzes spiediena izmaiņu Δp kā funkciju no Δx , koeficienta γ , gāzes sākotnējā spiediena p un virzuļa līdzsvara pozīcijas x_{eq} . Process notiek pietiekami strauji, lai varētu neievērot siltumapmaiņu ar apkārtējo vidi. Ņemiet vērā, ka $\Delta x \ll x_{\text{eq}}$ un $\Delta p \ll p$, un izmantojiet atbilstošus tuvinājumus.

F Stikla caurulītē virzulis svārstās ar periodu $\tau = 0.13$ s. Aprēķiniet attiecību

$$\gamma = \frac{c_p}{c_V}$$

caurulītē iepildītai gāzei. Vai šī gāze ir veidota no vienu atomu, divu atomu vai daudzatomu molekulām?

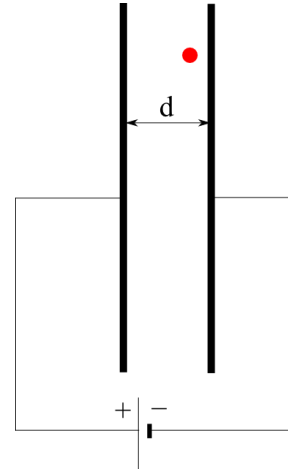
2. uzdevums

PUTEKLĪTIS STARP KONDENSATORA PLĀKSNĒM

Studenti, pētot gaisa kondensatoru, atklāja, ka caur to plūst neliela strāva. Pētot dziļāk, viņi atklāja, ka šī strāva ir saistīta ar gaisā esošajām mazām daļiņām, kuru izmērs nepārsniedz $10\ \mu\text{m}$, pazīstamas arī kā piesārņojums PM10. Apskatot galvenos daļiņu veidus, var apgalvot, ka šīs daļiņas ir vāji vadošas. Tālāk aplūkosim studentu pētījuma rezultātus un veiksīm dažus kvalitatīvus un kvantitatīvus novērtējumus.

Kondensatora īpašības

A Divas vienādas vadošas plāksnes ir novietotas vertikāli viena otrai pretī un nostiprinātas attālumā $d = 1\ \text{mm}$ viena no otras (skatīt attēlu). Šādā veidā tiek iegūts kondensators. Katras plāksnes virsmas laukums ir $S = 1\ \text{m}^2$. Plāksnes atrodas gaisā un ir pieslēgtas sprieguma avotam ar spriegumu $U = 10\ \text{V}$. Aprēķināt lādiņu q uz katras no plāksnēm un elektriskā lauka intensitāti E apgabalā starp plāksnēm.



Puteklīša kustība

Starp plāksnēm ielido neliels puteklītis. Puteklītis pieskaras vienai no vadošajām plāksnēm un uzlādējas līdz lādiņam q_0 .

B Uzskicēt trajektoriju, pa kuru pēc uzlādes pārvietosies puteklītis, ja sadursme ar plāksni bijusi absolūti neelastīga! Puteklīti uzskatīt par punktveida. Ņemt vērā, ka puteklītim ir noteikta masa. Asīm izvēlēties dažādus mērogus, lai skice būtu uzskatāma. Atbildi pamatot!

Gan šajā, gan turpmākajos uzdevuma punktos puteklīša klātbūtnes ietekmi uz lādiņu sadalījumu uz kondensatora klājumiem neņem vērā!

C Zināms, ka gaisa pretestības spēks, kas darbojas uz puteklīti, ir proporcionāls tā ātrumam $F_p = -kv$. Šis pretestības spēks ierobežos maksimālo sasniedzamo puteklīša ātrumu. Aplūkojot puteklīša brīvo krišanu (t.i., darbojoties tikai gravitācijas laukam), tika iegūts, ka maksimālais puteklīša krišanas ātrums ir $v_g = 4\ \frac{\text{cm}}{\text{s}}$. To zinot, aprēķiniet maksimālo puteklīša ātruma horizontālo komponenti, ko šāds puteklītis var iegūt pēc neelastīgas sadursmes ar aplūkotā kondensatora klājumu!

Gan šajā, gan turpmākajos uzdevuma punktos pieņemt, ka uzlādēta puteklīša lādiņa attiecība pret masu ir $\gamma = \frac{q_0}{m_0} = 2 \cdot 10^{-6}\ \frac{\text{C}}{\text{kg}}$.

D Pēc cik ilga laika puteklītis pieskarsies otrai kondensatora plāksnei? Šajā uzdevuma punktā uzskatīt, ka paātrināšanās notiek momentāni un puteklītis visu ceļu pārvietojas ar savu maksimālo ātrumu.

E Pamatot ar aprēķiniem, kāpēc iepriekšējā uzdevumā paātrināšanos var uzskatīt par momentānu!

Piesārņojuma mērīšana

F Aprēķināt strāvas stiprumu I , kas plūdis starp kondensatora plāksnēm, ja zināms, ka Rīgā PM10 daļiņu skaits vienā kubikmetrā gaisa ir apmēram $n = 3 \cdot 10^{12}\ \frac{1}{\text{m}^3}$. Pieņemt, ka katra daļiņa, kas nonāk starp kondensatora plāksnēm, noteikti pieskarsies vienai no tām un uzlādēsies līdz lādiņam $q_0 = 2 \cdot 10^{-17}\ \text{C}$.

G Aprēķināt atbilstošo kondensatora elektrisko pretestību!

Daļiņas izmēra ietekme

Apskatot puteklīša kustību un piesārņojuma mērīšanu, mēs neņemam vērā puteklīša izmēru, un visi lielumi tika doti, pieņemot, ka puteklītis ir lodīte ar rādiusu $r = 10 \mu\text{m}$. Tomēr, kā zināms, tad visiem puteklīšiem nav vienāds izmērs. Noskaidrosim, kā daļiņas izmērs ietekmē iegūto rezultātu. Turpmākajos uzdevuma punktos pieņemt, ka puteklītis ir neliela vadoša bumbiņa ar rādiusu r , kas ir daudz mazāks par attālumu starp plāksnēm.

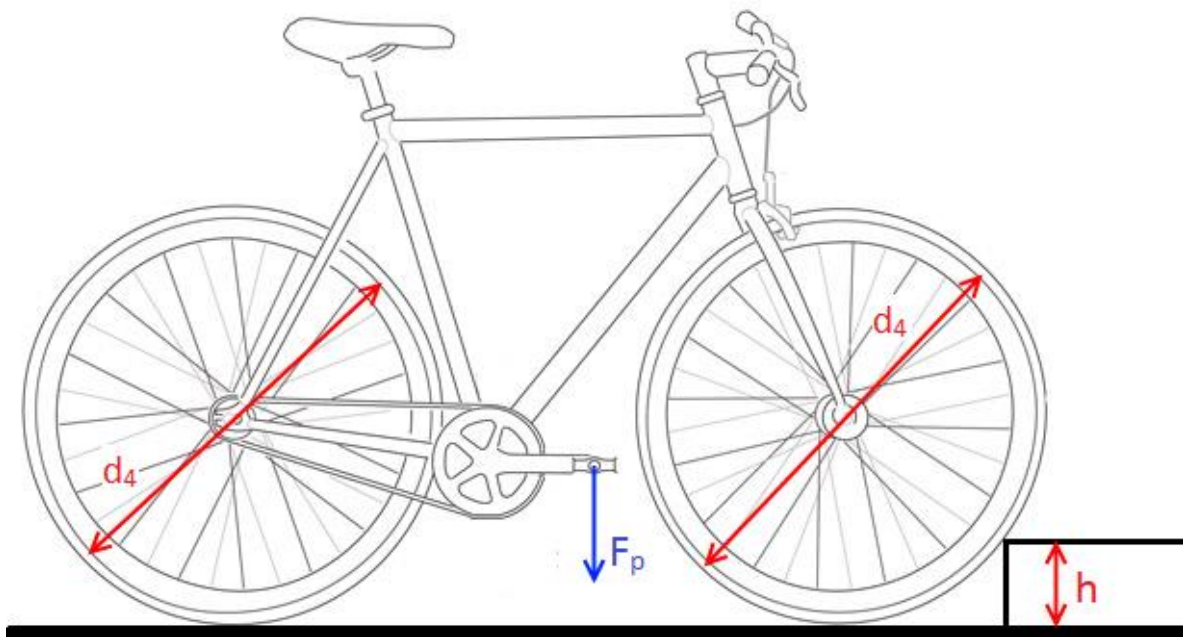
H Novērtēt, kā puteklīša iegūtais lādiņš q_0 ir atkarīgs no puteklīša rādiusa! Atbildi pamatot!

I Parādīt, kā F un G punktā iegūtie rezultāti (strāvas stiprums un pretestība) ir atkarīgi no puteklīšu rādiusa r ! Atbildi pamatot ar aprēķiniem! Izmantot, ka gaisa pretestības spēks ir proporcionāls arī daļiņas rādiusam $F_p = -kv = -6\pi\eta rv$, kur η ir gaisa viskozitāte. Šo sakarību sauc par Stoksa likumu.

3. uzdevums

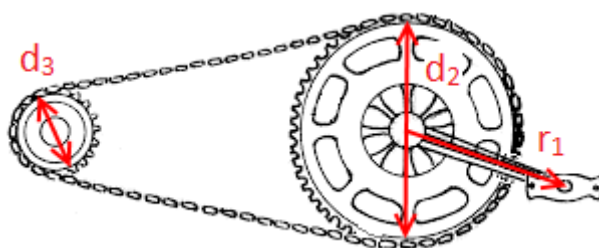
KĀ VELOSIPĒDS PĀRVAR ŠĶĒRSLI

Velosipēdists brauc perpendikulāri apmalītei (no augšas skatoties, braukšanas virziens un apmalīte veido taisnu leņķi). Šajā uzdevumā noteiksim, ar kādu spēku jāmin pedāļi, lai pārvarētu šo šķērsli. Pieņemt, ka velosipēds sāk braukt virsū apmalītei ar nulles sākuma ātrumu. Uzskatīt, ka priekšējais ritenis, uz apmalītes uzbraucot, ir atrauts no zemes un berzes starp zemi un priekšējo riteni nav. Rites berzi var neievērot. Velosipēda rāmi var uzskatīt par absolūti cietu ķermeni. Maksimālais spēks, ar ko riteņbraucējs spēj darboties uz pedāli, ir $F_p = 600 \text{ N}$. Velosipēda un velosipēdista svars tiek sadalīts starp priekšējo un pakaļējo riteni. Šī spēka un priekšējā riteņa smaguma spēka rezultātā uz priekšējā riteņa asi darbojas $F_{sm} = 200 \text{ N}$ liels spēks, kas spiež riteni uz leju. Var uzskatīt, ka spēks F_{sm} nav atkarīgs no spēka, ar kuru riteņbraucējs spiež uz pedāli. Apmalītes augstums $h = 10 \text{ cm}$. Pedāļa kājiņas garums (klaņa garums) $r_1 = 20 \text{ cm}$, pedāļiem piesaistītā zobrata diametrs $d_2 = 25 \text{ cm}$, pakaļējā riteņa zobrata diametrs $d_3 = 20 \text{ cm}$, gan priekšējā, gan pakaļējā riteņa diametrs ir $d_4 = 60 \text{ cm}$. Ja nav norādīts citādi, tad pieņemt, ka ne priekšējais, ne pakaļējais ritenis neizslīd.



1. attēls. Velosipēds pārvar apmalīti.

A Aplūkosim velosipēdu kā vienkāršu mehānismu sistēmu (skat. 2. attēlu). Cik liels vilcējspēks darbojas uz priekšējo riteni, ja riteņbraucējs min pedāļus ar maksimālo spēku?



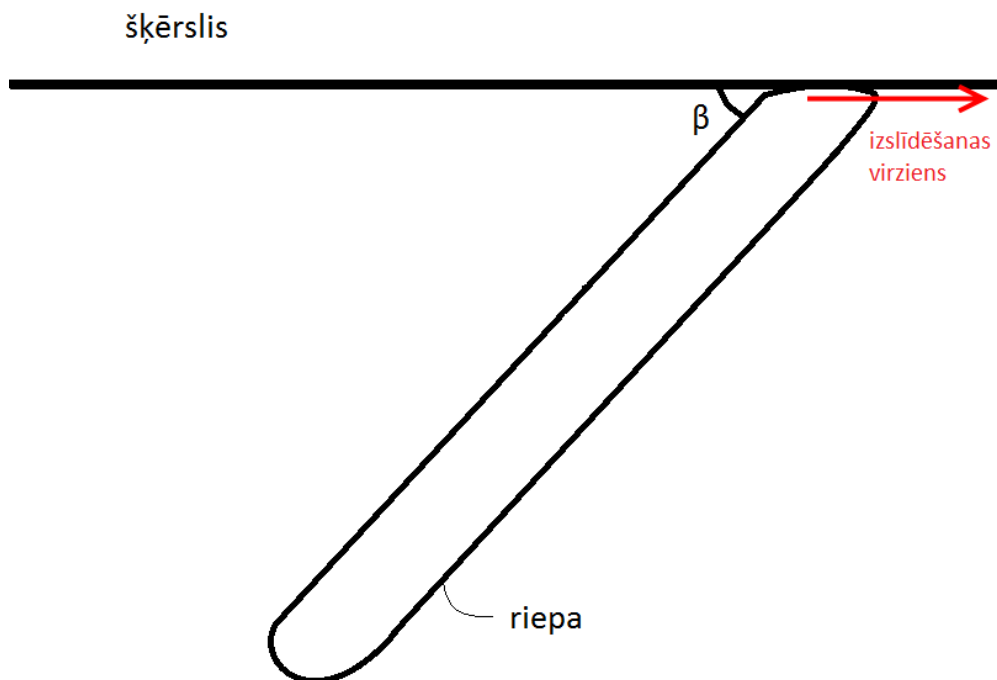
2. attēls. Velosipēda ķēdes mehānisms.

B Cik liels ir minimālais spēks, ar kādu jāmin pedāļi, lai velosipēds pārvarētu apmalīti (skat. 1. attēlu)?

C Kvalitatīvi aprakstiet, kā mainās spēki, kas darbojas uz priekšējo riteni laikā, kad ritenis veļas pāri apmalītei! Pieņemt, ka riteņbraucēja attīstītais spēks šajā laikā nemainās.

D Uzzīmēt uz riteni darbojošos spēkus, ja priekšējais ritenis saskarē ar apmalīti var izslīdēt! Ar cik lielu minimālo spēku jāmin pedāļi, lai velosipēds sāktu izslīdēt? Slīdes berzes koeficients $\mu = 0.8$.

E Apskatām citu gadījumu, kad velosipēds nebrauc tieši pretī apmalītei, bet braukšanas virziens un apmalīte veido leņķi β (skat. 3. att.). Cik liels ir minimālais leņķis β_{\min} starp priekšējo riteni un apmalīti, lai velosipēdam “nesamestu stūri”, t.i., lai priekšējais ritenis neizslīdētu norādītajā virzienā? Slīdes berzes koeficients $\mu = 0.8$.



3. attēls. Velosipēds pārvar apmalīti leņķī β . Skats no augšas.

12. klase

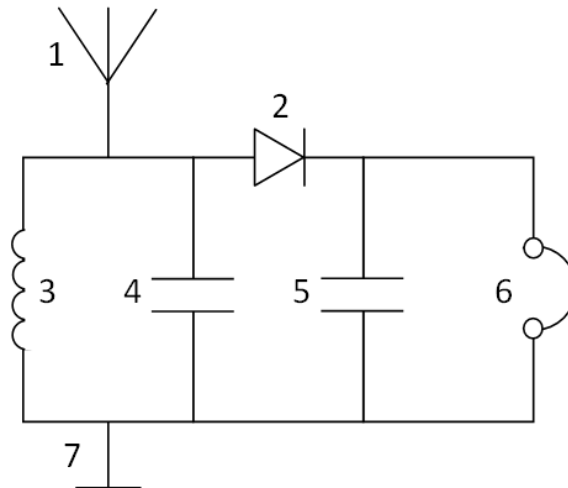
Jums tiek piedāvāti trīs uzdevumi. Par katru uzdevumu maksimāli iespējams iegūt 10 punktus. Katra uzdevuma risinājumu vēlams veikt uz atsevišķas rūtiņu lappuses. Neaizmirstiet uzrakstīt risināmā uzdevuma soļa numuru! Baltais papīrs paredzēts melnrakstam – to žūrijas komisija neskatīsies. Laiks – 180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

1. uzdevums

DETEKTORRADIOUZTVĒRĒJS

Radioapraides pirmsākumos plaši tika lietoti detektorradiouztvērēji. Tie uztvēra amplitūdas modulētu (AM) signālu garo un vidējo viļņu diapazonā. Šie radiouztvērēji bija ļoti vienkārši un unikāli ar to, ka tiem nebija nepieciešamas baterijas.

A Attēlā dota detektorradiouztvērēja shēma. Nosauciet tās elementus un to funkcijas!



B Kādos veidos radioaparātā iespējams mainīt kondensatora kapacitāti un spoles induktivitāti? Kurš no veidiem, jūsuprāt, ir piemērotāks ikdienas lietošanā? Atbildi pamatojiet!

C Detektorradiouztvērēja spoles induktivitāte $L = 0.65 \text{ mH}$, bet kondensatora kapacitāte maināma no 16 pF līdz 150 pF . Kādā frekvenču diapazonā ar šo uztvērēju var tikt uztvertas radiostacijas?

Divi dažādi detektorradiouztvērēji noskaņoti uz radiostaciju Rīga-1, kas raida 574 kHz frekvencē. Radiouztvērēju spolēm ir vienāda induktivitāte, bet tās ir izgatavotas no dažāda diametra stieples. Pirmā uztvērēja spoles aktīvā pretestība ir $R_1 = 3 \Omega$, bet otrā uztvērēja spoles aktīvā pretestība ir $R_2 = 30 \Omega$. Šī ir vienīgā radiouztvērēju atšķirība.

D Kurš no diviem radiouztvērējiem skanēs skaļāk, izmantojot vienu un to pašu antenu un austiņas?

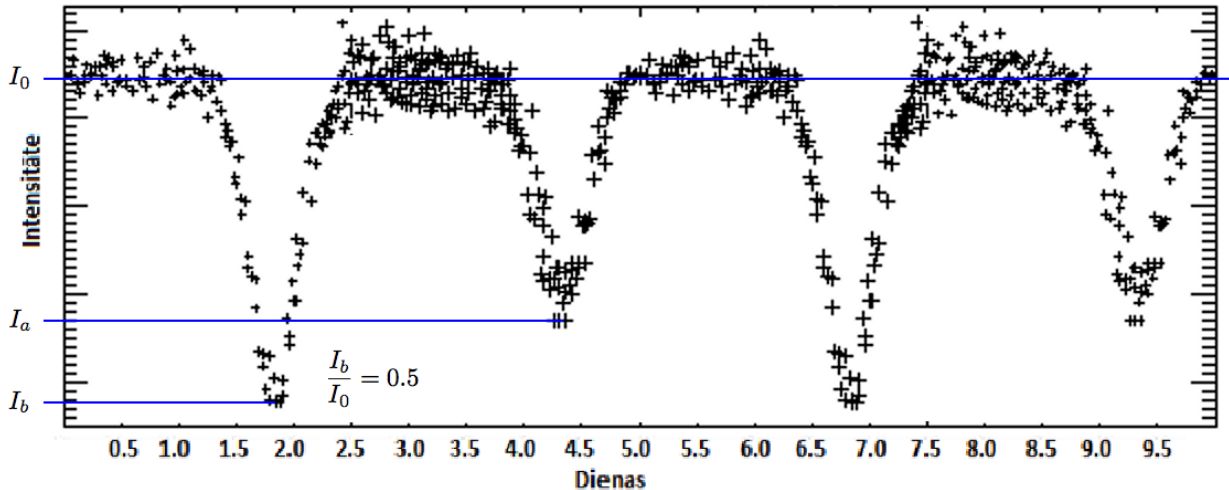
E Labā tuvinājumā var uzskatīt, ka strāva antenā, lietojot gan vienu, gan otru uztvērēju, ir vienāda. Novērtējiet, cik reizes atšķirsies elektriskā signāla amplitūda austiņās. Cik liela (decibelos) būs atbilstošās skaņas skaļuma starpība?

2. uzdevums

DUBULTZVAIGZNE

Astronomijā par dubultzvaigznēm sauc zvaigžņu pāri, kuras atrodas savstarpēji tuvu viena otrai. Mūsu galaktikā gandrīz puse no visām zvaigznēm ir dubultzvaigznes. Dubultzvaigžņu esamības konstatēšanai veic fotometriskus mērījumus. Dubultzvaigznēm, tāpēc, ka tās ir divas sistēmā, var noteikt dinamiku un parametrus, kā piemēram masu, apriņķošanas periodu, attālumu līdz masas centram.

Aplūkosim dubultzvaigžņu sistēmu, kurā abas zvaigznes kustas pa riņķveida orbītām ap kopējo masas centru. Novērotājs atrodas zvaigžņu kustības plaknē, tāpēc zvaigznes periodiski viena otru aizsedz. Rezultātā novērotājs konstatē periodiskas no dubultzvaigznes nākošās gaismas intensitātes izmaiņas, kas redzamas 1. attēlā. Gravitācijas konstante $G = 6.67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$



1. attēls. Grafiks dubultzvaigznes starojuma intensitātes atkarībai no laika $I(t)$.

A Noteikt zvaigžņu apriņķošanas periodu.

B Zvaigznēm katrai ir sava temperatūra – attiecīgi T_1 un T_2 . Zvaigžņu rādiusi ir r_1 un r_2 . Kā tuvinātu modeli pieņemsim, ka zvaigznes attēls ir disks, kura virsmas spožums ir vienmērīgs un reģistrētā starojuma intensitāte ir proporcionāla zvaigznes virsmas temperatūras ceturtajai pakāpei. Noteikt zvaigžņu virsmas temperatūru attiecību $\frac{T_1}{T_2}$ un zvaigžņu rādiusu attiecību $\frac{r_1}{r_2}$.

C Pēc dubultzvaigznes spektroskopiskajiem mērījumiem (Doplera efekta rezultātā mainās uztvertais zvaigznes spektrs, periodiski nobīdoties uz zilo vai sarkano pusi) tika noskaidrots, ka zvaigznes kustās ar ātrumiem $v_1 = 8,0 \cdot 10^4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ un $v_2 = 1,0 \cdot 10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Noteikt katras zvaigznes attālumu līdz sistēmas masas centram R_1 un R_2 .

D Noteikt katras zvaigznes masu M_1 un M_2 .

E Noteikt dubultzvaigznes kopējo impulsa momentu L attiecībā pret masas centru.

F Tā kā zvaigznes, izstarojot elektromagnētisko starojumu un zvaigznes vēju (aizplūstoša matērija plazmas veidā no zvaigznes ārējiem atmosfēras slāņiem), zaudē masu, tad laika gaitā arī mainās savstarpējais attālums starp zvaigznēm. Pieņemsim, ka sistēma sastāv no zvaigznes un no planētas ar daudz mazāku masu, kas laika gaitā nemainās: $M_{zv} \gg M_{pl}$. Zināms, ka no zvaigznes masa aizplūst ar ātrumu $m_v = 2,4 \cdot 10^9 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$. Attālums starp planētu un zvaigzni $R = 1,0 \cdot 10^{10} \text{ m}$. $M_{zv} = 2,5 \cdot 10^{30} \text{ kg}$. Noteikt attāluma izmaiņu starp zvaigzni un planētu pēc laika $\tau = 1$ gads, pieņemot, ka planētas orbīta visu laiku ir riņķveida.

G Kāda daļa no savas sākotnējās masas būtu uzreiz jāzaudē zvaigznei, lai planēta kļūtu nesaistīta ar zvaigzni, t.i. pārvarētu tās gravitācijas radīto potenciālu?

3. uzdevums

ROTĒJOŠI GREDZENI

A Tievs gumijas gredzens ar masu m un rādiusu R sāk rotēt vakuumā ap fiksētu asi saglabājot formu. Rotācijas ass iet caur gredzena centru un ir perpendikulāra tam. Rotācijas leņķiskais ātrums ir ω . Atrast gredzena jauno rādiusu, ja gumijas elastības koeficients ir k . Skaidrot rezultāta pielietojamības robežas.

B Cits gredzens ar rādiusu R , tievs un neelastīgs, atrodas uz horizontāla galda un tieši tāpat kā iepriekšējā gadījumā rotē ap fiksētu asi. Sākotnēji tā rotācijas leņķiskais ātrums ir ω . Pēc cik apgriezieniem gredzens apstāsies, ja berzes koeficients starp gredzenu un galdu ir μ ?