



Valsts izglītības satura centrs

Valņu iela 2, Rīga, LV-1050, tālr. 67216500, fakss 67223801, e-pasts: vis@visc.gov.lv. www.visc.gov.lv

Fizikas Valsts 74. olimpiāde Otrā posma uzdevumi 12. klasei

12-1 Saules enerģija

Ziemassvētku brīvdienās Raitis atbrauca pie saviem vecvecākiem uz laukiem. Vectēvs lūdza viņam notīrīt no sniega saules paneļus, kā arī nelielu zemes gabalu tiem apkārt. Diena bija saulaina, sausa, bez vēja un salīdzinoši silta, termometrs ēnā rādīja 0°C . Raitis ķērās pie darba, tomēr, notīrot no sniega nelielu zemes gabalu viņš padomāja, ka saule droši vien sasilda šo zemes gabalu, tāpēc virs tā var sagaidīt augšupejošu gaisa plūsmu. Raitis nolēma paņemt pauzi un izrēķināt, ar kādu ātrumu gaiss virs notīrīta laukuma ceļas uz augšu.

A. Saules staru ietekmē melna zeme tiek sasildīta, un sasilda gaisu virs tās. Jauda, ko gaiss saņem no attīrītā zemes laukuma, ir $P = 300\text{ W}$, tā kā saule atrodas diezgan zemu virs horizonta. Spiediens pie zemes virsmas ir $p = 100\text{ kPa}$. Karstā gaisa stabam, kas paceļas virs attīrītā laukuma, ir temperatūra $T_1 = 275\text{ K}$ un šķersgriezuma laukums $S = 2\text{ m}^2$ augstumā $h = 10\text{ m}$ virs zemes. Apkārtējā gaisa temperatūra ir $T_0 = 273\text{ K}$, un tā nav atkarīga no augstuma. Gaisa molārā masa $\mu = 29\text{ g/mol}$, un tā molārā siltumietilpība pie konstantā spiediena $c_p = 7R/2$.

(A.1) (5 punkti) Ar kādu ātrumu gaiss ceļas augstumā h , ja procesā ir iestājies līdzsvars?

B. Raitis izrēķināja gaisa ātrumu un sāka tīrīt saules paneļus. Notīrot vienu saules paneli, kura laukums ir $S = 2\text{ m}^2$, Raitis pamanīja, ka paneļa tumšas krāsas dēļ arī virs tā gaiss nedaudz uzsilst.

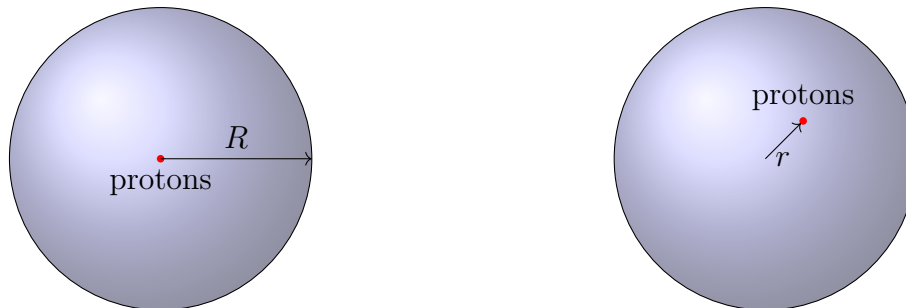
(B.1) (2 punkti) Cik liela ir jauda P_2 , ko gaiss saņem no saules paneļa? Var pieņemt, ka saules panelis atstaro 30% no krītošas gaismas, bet 20% no krītošas gaismas enerģijas tiek pārvērsti elektriskajā enerģijā. Melna zeme neko neatstaro, un gaiss no melnās zemes saņem jaudu $P = 300\text{ W}$. Leņķis starp virzienu uz Sauli un paneļa virsmas plakni ir $\alpha = 30^{\circ}$, bet Saules stari šajā konkrētajā brīdī veido leņķi $\beta = 10^{\circ}$ ar zemi.

(B.2) (3 punkti) Izrēķiniet, cik ilgs 23. decembrī bija dienas garums, un uzskicējiet grafiski, kā dienas laikā mainās leņķis $\beta(t)$. Pievērsiet uzmanību, lai uz grafika asīm būtu apzīmētas iedaļu vērtības. Raitis atrodas vietā, kuras ģeogrāfiskais platums ir $\varphi = 57^{\circ}$. Zemes ass slīpums ir $\varepsilon = 23^{\circ}$ (citiem vārdiem, Zemes ekvators veido $\varepsilon = 23^{\circ}$ leņķi ar Zemes orbītas plakni).

12-2 Plazmas fizika

Plazma ir līdz augstai temperatūrai uzkarstēta gāze, kurā to veidojošie atomi ir kļuvuši jonizēti un sadalījušies brīvos lādiņnesējos. Plazma ir Visumā izplatītākā barioniskās matērijas forma, jo no tās sastāv visas galvenās secības zvaigznes. Lai gan jebkurš atoms pie pietiekami augstas temperatūras pārvēršas par plazmu, sāksim savu analīzi ar periodiskās tabulas vienkāršāko elementu - ūdeņradi. Šis uzdevums sastāv no divām neatkarīgām daļām - A un B.

- A. Mēs izmantosim klasisku matērijas uzbūves modeli, kurš ļoti daudzus veidos neatbilst realitātei, taču ļaus mums izprast plazmas fizikas pamatus. Pieņemsim, ka ūdeņraža atoms sastāv no gaisīga, homogēna elektronu mākoņa, kura rādiuss ir R un masa ir m , kā arī tā centrā novietota daudz smagāka protona (mēs varam pieņemt, ka protona savas lielās masas dēļ ir daudz inerciālāks par elektronu mākonī). Protona lādiņš ir $+e$, un tas ir koncentrēts punktā, savukārt elektrona lādiņš ir $-e$, un tas ir vienmērīgi sadalīts viscauri mākonim.

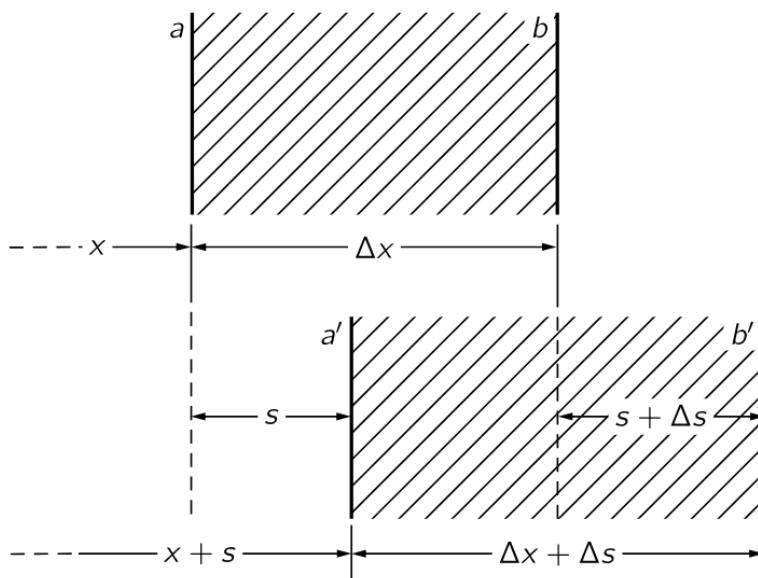


Attēls 1: Kreisajā attēlā protons miera stāvoklī atrodas elektronu mākoņa centrā. Labajā attēlā protons ir novirzījies no centra par attālumu r .

Iedomājies, ka protonu tiek novirzīts no savas līdzsvara pozīcijas mākoņa centrā par attālumu $r < R$ un tad palaists vaļā.

- (A.1) (2 punkti) Atrodi uz protonu radīto spēku $F(r)$ kā funkciju no r , kā arī pierādi, ka elektronu mākonis harmoniski svārstīsies ap līdzsvara punktu, un atrodi tā frekvenci f . Izsaki savu atbildi, izmantojot e , R , m , kā arī Kulona konstanti k .
- (A.2) (1 punkts) Ja mēs vielu apstarojam ar elektromagnētisku starojumu (kas var būt redzama gaisma, IR vai UV starojums u.t.t.), daļa no tā tiek absorbēta vielā. Absorbcijas spektrā tiek parādīta absorbētā starojuma daļa kā funkcija no ienākošā starojuma frekvences, tam izejot cauri nemainīgam materiāla biezumam. Uzzīmē sagaidāmo absorbcijas spektru aprakstītajā ūdeņraža modelī (reālo ūdeņraža spektru nosaka kvantu mehānika, un tas ir ļoti atšķirīgs).
- (A.3) (1 punkts) Ja mēs ūdeņraža gāzi ievietojam ārējā elektriskā laukā E , pie maksimālas kritiskās vērtības $E = E_{max}$ ūdeņradis spontāni jonizējas un izveido plazmu arī pie zemām temperatūrām. Atrodi E_{max} kā funkciju no e , R un Kulona konstantes k .
- (A.4) (2 punkti) Atrodi raksturīgo temperatūru T , pie kuras ūdeņraža gāze pārvērtīsies plazmā bez ārēja elektriskā lauka. Izsaki savu atbildi, izmantojot e , R , Kulona konstanti k un Bolcmaņa konstanti k_B .
- B. Tagad izmantosim citu modeli - plazma sastāv no punktveida elektroniem ar lādiņu $-e$ un daudz smagākiem kodoliem ar lādiņu $+e$. Līdzsvara stāvoklī elektronu skaita blīvums (elektronu skaits uz

tilpuma vienību) ir no pozīcijas neatkarīgs $n(x) = n_0$, taču iedomāsimies, ka mēs plazmu nedaudz iesvārstām un tā rezultātā elektroni sinhroni nobīdās. Pieņemsim, ka nobīdes notiek tikai x -ass virzienā un elektronu kopa, kura sākotnēji atradās pozīcijā x , tiek nobīdīta par attālumu $s(x)$. Tā kā kodoli ir daudz smagāki, tie saglabā konstantu skaita un lādiņa blīvumu.



Attēls 2: Elektroni, kuri sākotnēji atradās starp plaknēm a un b , pēc nobīdes atrodas starp plaknēm a' un b' . Lādiņš šī procesa laikā tiek saglabāts, taču lādiņa blīvums var izmainīties. (Attēls no Feynman Lecture Notes Vol II Fig 7-6)

- (B.1) (1 punkts) Apskatot elektronu nobīdi starp pozīcijām x un $x + \Delta x$, parādi, ka plazmā tiek inducēts no pozīcijas atkarīgs lādiņa blīvums, kurš pie koordinātas $x + s(x)$ ir vienāds ar

$$\rho = n_0 e \frac{\Delta s}{\Delta x}, \quad (7)$$

kur $\Delta s = s(x + \Delta x) - s(x)$. Savā izvedumā vari izmantot pieņēmumu $|\frac{\Delta s}{\Delta x}| \ll 1$ un aptuvinājumu $(1 + z)^\alpha \approx 1 + \alpha z$, ja $|z| \ll 1$.

- (B.2) (1 punkts) Pie kāda fiksēta punkta x_0 elektroni nav nobīdījušies, tātad $s(x_0) = 0$. Izmantojot Gausa likumu, parādi, ka uz šim punktam tuvumā esošiem elektroniem, kas atrodas pozīcijā x un ir nobīdījušies par attālumu $s \ll |x - x_0|$, darbojas elektriskais lauks

$$E_x = \frac{n_0 e s}{\epsilon_0}, \quad (10)$$

kur ϵ_0 ir elektriskā konstante.

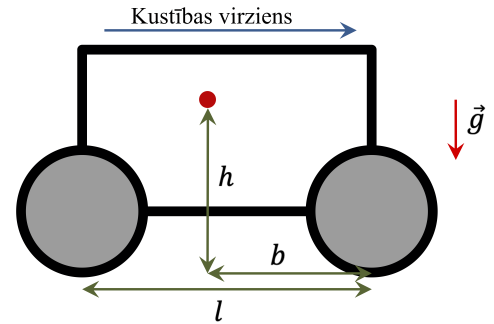
- (B.3) (1 punkts) Izmantojot rezultātus no iepriekšējā punkta, parādi, ka elektroni plazmā harmoniski svārstīsies un atrodi to frekvenci (t.s. plazmas frekvenci) f_p . Izsaki savu atbildi, izmantojot n_0 , ϵ_0 , e un elektronu masu m .
- (B.4) (1 punkts) No Saules nākošā jonizējošā starojuma dēļ Zemes atmosfēras augšējos slāņos izveidojas plazma, kurā elektronu blīvums ir $n_0 = 3.2 \times 10^{10} \text{ m}^{-3}$. Plazmas svārstības šajā slānī

atstaro ienākošu elektromagnētisku signālu pie mazām frekvencēm. Atrodi minimālo frekvenci, ar kuru var sazināties ar kosmosa staciju, ja $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$, $m = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$, $\epsilon_0 = 8.9 \times 10^{-12} \text{ Fm}^{-1}$.

12-3 Transportlīdzekļa bremsēšana

Novadu posmā apskatīji velosipēda kustību un tā bremsēšanu. Šajā uzdevumā aplūkosim bremsēšanu vispārīgāk.

Līdzīgi kā novadu posmā apzīmēsīm attālumu starp riteņu un zemes saskares punktiem ar l , masas centra horizontālo attālumu no priekšējā riteņa un zemes saskares punkta ar b un masas centra augstumu ar h . Uz Transportlīdzekli darbojas brīvās krišanas paātrinājums g un starp riteņiem un zemi pastāvošo berzes spēku raksturo slīdes bezres koeficients μ . Uzdevumā pieņem, ka maksimālais berzes spēks starp riteņiem un zemi pastāv slīdēšanas laikā.



- A. Sākumā aplūkosim maksimālo paātrinājumu, kādu iespējams panākt, bremsējot ar vienu riteni.
- (A.1) (1.5 punkti) Izsaki maksimālo paātrinājumu, kāds iespējams, bremsējot tikai ar aizmugurējo riteni!
- (A.2) (3 punkti) Izsaki maksimālo paātrinājumu, kāds iespējams, bremsējot tikai ar priekšējo riteni, transportlīdzeklim neapgāžoties!
- B. Tagad salīdzināsim iegūtos paātrinājumus atkarībā no masas centra novietojuma un transportlīdzekļa izmēra. Šajā punktā $\mu = 1$. Maksimālais paātrinājums, bremsējot ar vienu riteni, ir atkarīgs no trīs parametriem - l , b un h -, taču šos paātrinājumus var aprakstīt ar diviem bezdimensionāliem parametriem (tādiem, kuriem nav mērvienības). Piemēram, tā vietā, lai aprakstītu masas centra novietojumu metros, to var aprakstīt relatīvi pret transportlīdzekļa garumu.
- (B.1) (3 punkti) Izvēlies divus bezdimensionālus lielumus, un divdimensionālā grafikā norādi apgabalus, kur lielāku paātrinājumu iespējams iegūt bremsējot tikai ar priekšējo riteni un kur lielāku paātrinājumu iespējams iegūt bremsējot tikai ar aizmugurējo riteni! Novelc arī robežu, kura atdala šos apgabalus! Ņem vērā bezdimensionālo parametru ierobežojumus, kurus rada transportlīdzekļa masas centra iespējamais novietojums! Papildini grafiku, norādot apgabalu, kurā maksimālo paātrinājumu ierobežo transportlīdzekļa velšanās!
- C. Tagad kvalitatīvi aplūkosim situāciju, kad bremsēšana notiek ar abiem riteņiem vienlaicīgi. Pieņem, ka abi riteņi rada maksimālo iespējamo paātrinājumu.
- (C.1) (1 punkts) Kādos gadījumos bremsēšana ar abiem riteņiem radīs lielāku kopējo paātrinājumu nekā bremsēšana ar vienu riteni, pieņemot, ka abi riteņi bremsē ar maksimālo paātrinājumu? Kāpēc?
- (C.2) (1.5 punkti) Iepriekšējā sadaļā ieguvī robežu, kura atdala apgabalus, kuros viena riteņa radītais maksimālais paātrinājums ir lielāks par otra riteņa radīto maksimālo paātrinājumu, bremsējot ar vienu riteni. Vai šī robeža mainītos, bremsējot ar abiem riteņiem vienlaicīgi? Kā tā varētu mainīties un kāpēc?