

Latvijas skolēnu 61. fizikas olimpiādes III posms

Atrisinājumi un
vērtēšanas kritēriji

Eksperimentālā kārta
2011. gada 7. aprīlī

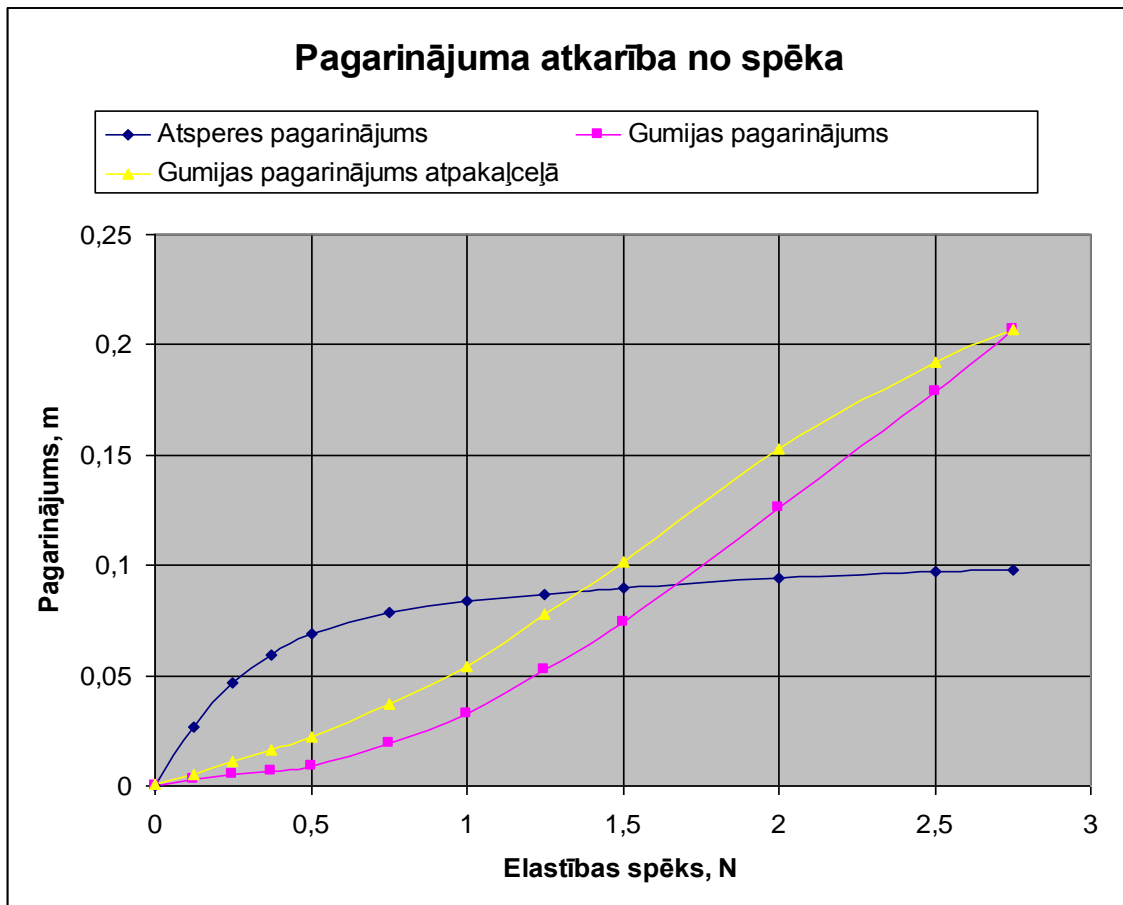
9. klase

1. Demonstrācija

Cilindrs pievelkas nūjiņai nedaudz tuvāk neskatoties uz to, ka tas nav lādēts. Bet tas nūjiņas elektriskajā laukā polarizējas [1]. Pozitīvā lādiņa koncentrācija kļūst lielāka tajā sēnā, kur atrodas nūjiņa, jo negatīvo lādiņu nesēji pārvietojas vairāk uz otru sēnu un palielina tur savu koncentrāciju (nūjiņa viņus atgrūž) [2]. Pozitīvo lādiņu centrs ir tuvāk nūjiņai, tāpēc pievilkšanās ir stiprāka par atgrūšanos [2]. Kad tuvina arī pirkstu, arī cilvēka ķermenis polarizējas. Pirkstā ir vairāk pozitīvo lādiņu, nekā negatīvo [1]. Tāpēc var ievērot, ka cilindrs nedaudz pievelkas pirkstam, līdz pieskaras [1]. Šajā brīdī negatīvie lādiņnesēji no cilindra sēna pāriet tālāk cilvēkā [2]. Cilindrs kļūst pozitīvi lādēts un tagad pievelkas nūjiņai daudzākā spēcīgāk, nūjiņa to ļoti ātri pierauj klāt [1].

Arī metāla ķermenis kā vesels atsevišķs ķermenis polarizējas, pie tam pilnīgi (pilnīgi kompensējot ārējā elektriskā lauka iedarbību savā iekšienē). Pieļaujams, ka skolēni šādu polarizāciju sauc vēsturiski ieviestajā vārdā par elektrostatisko indukciju, jo skolā līdz šim tā ir mācīti.

2. Eksperiments



Pareizi veikti mērījumi pietiekamā daudzumā līkņu likumu attēlošanai [3]. Šāda veida līknes grafikā [3]. Atsperes līkne noliecas tāpēc, ka samazinās spēka plecs (attālums no spēka pielikšanas vietas līdz atsperes vijumu centram), kas nepieciešams atsperes tīšanai ciešākā spirālē [2]. Gumijas līkne uzliecas uz augšu, jo šajā gadījumā būtiskāk deformējas un mainās pati materiāla struktūra [1]. Atpakaļceļā gumijai līkne ir nedaudz savādāka, jo šai struktūrai jāmainās atpakaļ (to varētu saukt par vielas iekšējo berzi), tādēļ gumijai ir vērojama zināma atmiņa (histerēze) [1].

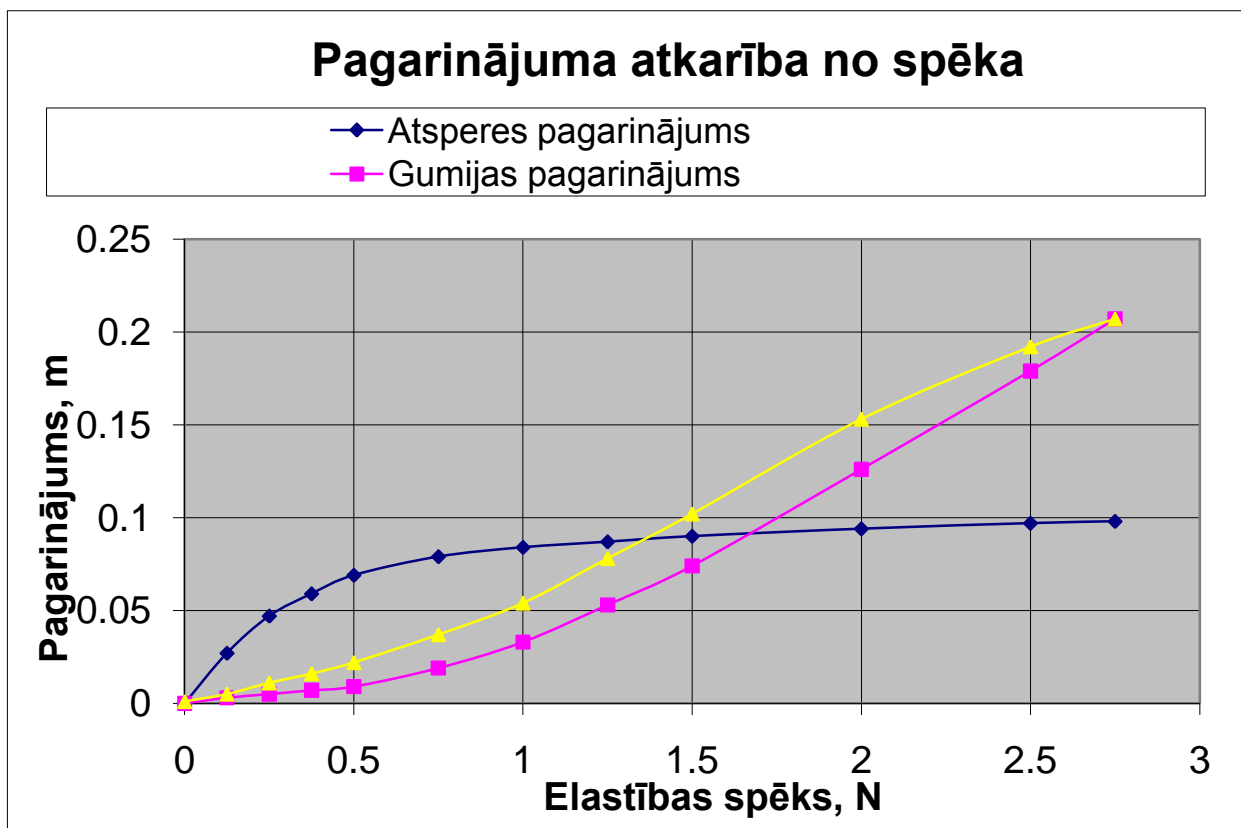
1. Demonstrācija

Ķermeņu kopums, ko veido ritenis, cilvēks un soliņa kustīgā daļa, saglabā savu kustības daudzuma momentu rotācijai ap vertikālu asi (jo soliņš ap to var brīvi griezties) [2]. Sākumā tas ir miera stāvoklis. Kad riteņa asi pagriežam vertikāli, cilvēkam ar soliņa kustīgo daļu jāgriežas pretējā virzienā, lai ķermeņu kopumam kustības daudzumu momentu summa paliktu nulle [2]. Līdzīgi arī ritenim vienam pašam, ja tā asi tikai atbalsta vienā galā, jākompensē ass nelielā noliekšanās un kustības daudzuma momenta parādīšanās kustībai ap vertikālu asi. Tādēļ ritenis ar visu asi sāk griezties pretējā virzienā ap atbalsta punktu [4]. To sauc par žiroskopisko precesiju [1]. Pat ja to atbalsta (bet netur stingri un nekustīgi) cilvēks uz sava pirksta, cilvēkam nākas griezties ap savu asi, lai nedabūtu pa ausi [1].

2. Eksperiments

Pētāmo ķermeni savieno virknē ar atsperi, kuras stinguma koeficients ir nemainīgs un zināms. Šo virkni novieto uz milimetru papīra, atzīmē savienojuma vietu (vai lielās atsperes pirmo tuvāko vijumu) un turpmāk saglabā to nemainīgu. Ārējos galos ir ērti ievērt pildspalvas, atzīmēt ar tām nesastiepto stāvokli. Tad pildspalvas pakāpeniski attālina, katru reizi atzīmējot to stāvokli. Kad stiepšana beigusies, ir viegli nolasīt katras atzīmes attālumu no nesastieptā stāvokļa atzīmes. Tie ir pagarinājumi. Katram pētāmā priekšmeta pagarinājumam atbilst zināmās atsperes pagarinājums, no kura var viegli aprēķināt sastiepuma spēku $F = k \Delta l$. Ja maziem sastiepumiem traucē berze pret papīru, virkne aiz pildspalvām jāpaceļ un atkal jānolaiž vertikāli lejup [2].

Punkts par katru pareizi uzņemtu un grafikā attēlotu likni [3].



Atsperes likne noliecas tāpēc, ka samazinās spēka plecs (attālums no spēka pielikšanas vietas līdz atsperes vijumu centram), kas nepieciešams atsperes tīšanai ciešākā spirālē [1]. Gumijas likne uzliecas uz augšu, jo šajā gadījumā būtiskāk deformējas un mainās pati materiāla struktūra. Atpakaļceļā gumijai likne ir nedaudz savādāka, jo šai struktūrai jāmainās atpakaļ (to varētu saukt par vielas iekšējo berzi), tādēļ gumijai ir vērojama zināma atmiņa (histerēze) [1].

Stinguma koeficientu, kas raksturotu atsperes pagarinājumu, piekarot tai 100 g atsvaru, var noteikt, izdalot atbilstošā punkta koordinātes vienu ar otru

$$K = F / \Delta l = 1 / 0,084 = 11,9 \text{ (N/m)}$$

Grafikā tas ir slīpuma koeficients taisnei, kas novilkta no koordinātu sākumpunkta ($F=0$; $\Delta l=0$) caur šo punktu. Ja asis izvēlētas tā, kā šeit, tad tas ir ctg, bet, ja otrādi, tad tg leņķim starp taisni un horizontālo asi [1].

Lai noteiktu stinguma koeficientus mazas amplitūdas atsperes svārstiem, ko dīvainā atspere veidotu ar 25g un 200g atsvariem, attiecīgajiem sastiepuma spēkiem atbilstošajos punktos jānovelk līknes pieskares. Var vilkt taisnes caur diviem punktiem, kas atrodas tuvu abās pusēs attiecīgajiem punktiem un apzīmē svārstību amplitūdu. Bezgala mazas amplitūdas modeli šādas taisnes sakrīt ar pieskarēm. Skaidrs, ka stinguma koeficienti katrā no attiecīgajiem punktiem būs atšķirīgi. Bez aprēķiniem nevar pat droši pateikt, kurā no tiem svārstību periods būtu lielāks [2].

11. klase

1. Demonstrācija

Sadursmes brīdī āmurā esošie elektroni inerces dēļ turpina savu kustību uz priekšu. Turklāt ceļš viņiem šajā brīdī ir atvērts, jo āmurs ir elektriski savienots ar plāksnīti un lādiņa sensoru, kurā praktiski viss lādiņš no plāksnītes arī nonāk. Kad sadursme beigusies, āmurs ir atlecis no plāksnītes. No tā pārgājušais lādiņš saglabājas sensorā un plāksnītē. Likne liecina, ka lādiņa pārejas process prasa vēl mazāk laika, nekā sadursme. Grafikā redzams, ka plāksnītē pārgājušie lādiņnesēji nes negatīvu lādiņu. Acīmredzot tie tiešām ir elektroni. Procesu var ilustrēt aršādu analogiju: iedomājieties, ka braucat milzīgā vagonā ar lielu ātrumu. Tad pēkšņi ļoti īsā laika sprīdī šis ātrums mainās uz pretējo. Pie tam šī sprīža sākumā vagonam nokrīt priekšējā siena. Skaidrs, ka daļa pasažieru izbirs laukā! [4].

Eksperiments pierāda, ka elektriskais lādiņš nav vientuļš, tam vienmēr ir sava daļiņa, kas viņu nes un kuras neatņemama sastāvdaļa viņš ir. Tādai daļiņai vienmēr ir arī masa (un piemīt inerce). Dabā sastopami tikai lādēti ķermeņi un lādiņu nesējdaļiņas, bet lādiņi atsevišķi nepastāv [5]. Pirms 99 gadiem fizikas zinātnē to pierādīja Mandelštams un Papaleksi, izmantojot rotācijas kustību [1] (Žūrijai jāvienojas, vai piešķirt punktu par vēsturisku zināšanu reproducēšanu.) Taču eksperiments skaitījās tik sarežģīts, ka ne skolā, ne augstskolā tas nekad nav demonstrēts. Tagad tas ir īstenots satriecoši vienkāršā un uzskatāmā veidā, satriecot daļu āmura elektronu plāksnītē.

2. Eksperiments

Paralēlā metode A. Uzlādējam zināmo kondensatoru C_0 no baterijas, izmērām tā spriegumu U_0 . Mērot kondensators izlādējas caur voltmetru. Kopš baterijas atvienošanas tas nepārtraukti izlādējas arī pašizlādes strāvas dēļ. Tādēļ multimetra rādījumi var mainīties diezgan strauji. Jāiegaumē un vēlāk jāpieraksta pēdējais rādījums. Kondensators ir uzkrājis lādiņu $q_0 = U_0 C_0$.

Paralēli uzlādētajam zināmajam kondensatoram nekavējoties pieslēdzam nezināmo kondensatoru C_1 . Izmērām izveidotās kondensatoru baterijas spriegumu, pierakstot pirmo stabilo rādījumu $U_1 = q_0 / (C_0 + C_1)$. Izrēķinām nezināmā kondensatora kapacitāti

$$C_1 = q_0 / U_1 - C_0 = U_0 C_0 / U_1 - C_0 = C_0 (U_0 / U_1 - 1).$$

Paralēlā metode B. Atkarībā no attiecības C_1 / C_0 un kondensatoru noplūdes strāvām var gadīties, ka precizitāti var uzlabot, no galvanisko elementu baterijas uzlādējot C_1 . $q_1 = U_1 C_1$. Tad, pieslēdzot C_0 , zināmais kondensators ir ieguvis tik lielu lādiņu, cik nezināmais zaudējis.

$$U_0 C_0 = U_1 C_1 - U_0 C_1; \quad U_0 C_0 = C_1 (U_1 - U_0); \quad C_1 = U_0 C_0 / (U_1 - U_0)$$

Virknes metode. Saslēdzam divus kondensatorus virknē un pievienojam galvanisko elementu baterijai. Uzlādes strāva ir viena visā ķēdē, arī lādiņš, kas izgājis caur to un uzlādējis abus kondensatorus: $q_1 = q_0$; $C_1 U_1 = C_0 U_0$; $C_1 = C_0 U_0 / U_1$.

Ommetra metode. Neuzlādētus kondensatorus pa vienam pieslēdzam multimetram pretestības mērīšanas režīmā. Iepriekš gan jānoskaidro, kurš tausts pie kura kondensatora izvada jāpievieno, lai kondensators no multimetra baterijas uzlādētos pareizā polaritātē. Ommetra rādījumi nepārtraukti palielinās, tie ir atkarīgi no sprieguma, līdz kādam pretestības mērīšanas strāva ir uzlādējusi kondensatoru. Jāatrod diapazons ar optimālu strāvu (daudz lielāku par pašizlādes strāvu, bet tomēr pietiekami mazu, lai paspētu nolasīt rādījumus). Laiks no pieslēgšanas līdz kādam izvēlētam pretestības rādījumam ir proporcionāls kondensatora kapacitātei. Šo laiku varam salīdzināt (kaut vai klusībā nemainīgā ātrumā skaitot) dažādiem kondensatoriem un uzzināt kapacitāšu attiecības.

Vēl iespējamās ekstrēmas metodes, piemēram, divu uzlādētu kondensatoru pretējo polu savienošana. Bet tas ir pretrunā ar brīdinājumu par polaritāti un arī nedod labus rezultātus, jo nav iespējams pagūt atvienot kondensatorus brīdī, kad mazākā spriegums ir nulle; bet pretējā virzienā noplūdes strāva ir ļoti liela.

Tā kā iespējamo metožu skaits ir liels un droši vien vēl nav apzināts, vērtējot jāvadās pēc situācijas. Visi kondensatori ir formēti K50 – 6, tāpēc kļūdām nevajadzētu būt pārāk lielām.

12. klase

1. Demonstrācija

Sadursmes brīdī āmurā esošie elektroni inerces dēļ turpina savu kustību uz priekšu. Turklāt ceļš viņiem šajā brīdī ir atvērts, jo āmurs ir elektriski savienots ar plāksnīti un lādiņa sensoru, kurā praktiski viss lādiņš no plāksnītes arī nonāk. Kad sadursme beigusies, āmurs ir atlecis no plāksnītes. No tā pārgājušais lādiņš saglabājas sensorā un plāksnītē. Likne liecina, ka lādiņa pārejas process prasa vēl mazāk laika, nekā sadursme. Grafikā redzams, ka plāksnītē pārgājušie lādiņnesēji nes negatīvu lādiņu. Acīmredzot tie tiešām ir elektroni. Procesu var ilustrēt aršādu analogiju: iedomājieties, ka braucat milzīgā vagonā ar lielu ātrumu. Tad pēkšņi ļoti īsā laika sprīdī šis ātrums mainās uz pretējo. Pie tam šī sprīža sākumā vagonam nokrīt priekšējā siena. Skaidrs, ka daļa pasažieru izbirs laukā! [4].

Ekspieriments pierāda, ka elektriskais lādiņš nav vienuļš, tam vienmēr ir sava daļiņa, kas viņu nes un kuras neatņemama sastāvdaļa viņš ir. Tādai daļiņai vienmēr ir arī masa (un piemīt inerce). Dabā sastopami tikai lādēti ķermeņi un lādiņu nesējdaļiņas, bet lādiņi atsevišķi nepastāv [5]. Pirms 99 gadiem fizikas zinātnē to pierādīja Mandelštams un Papaleksi, izmantojot rotācijas kustību [1] (Žūrijai jāvienojas, vai piešķirt punktu par vēsturisku zināšanu reproducēšanu.) Taču eksperiments skaitījās tik sarežģīts, ka ne skolā, ne augstskolā tas nekad nav demonstrēts. Tagad tas ir īstenots satriecoši vienkāršā un uzskatāmā veidā, satriecot daļu āmura elektronu plāksnītē.

2. Eksperiments

Lāzera stara ceļā noliekam mazo glāzīti tā, lai stars ietu caur tās vertikālo asi. To var atrast pēc stara nenovirzīšanās no sākotnējā virziena pa horizontālo asi pēc glāzītes ielikšanas. Īpaši svarīga šāda ieregulēšana būs, kad glāzītē ieliesim šķidrumu, jo stariem jāiziet no šķidruma normāles virzienā.

Ieliekam glāzītē kompaktdiska gabalu perpendikulāri staram tā, lai glāzītes ass būtu diska plaknē, tad nedaudz paregulējam slīpumu, lai atstarotā gaisma veidotu interferences ainu šaurajā ekrānā. Izmērām attālumu starp abiem pirmajiem maksimumiem un attālumu no tiem līdz CD. Šo attālumu attiecība ir $2\sin\varphi$. Šis lielums ir proporcionāls viļņa garumam šķidrumā un apgriezti proporcionāls šķidruma laušanas koeficientam. Tagad atliek tikai liet glāzītē ūdeni un šķidrumus, pierēgulēt CD slīpumu, lai interferējošie stari trāpītu ekrānam, un salīdzināt $2\sin\varphi$ [5].

Zinot sākotnējo ūdens tilpumu, šķidruma tilpumu mērglāzē un izšķīdušā cukura masu viegli aprēķināt šķidruma blīvumu.

Par labi veiktiem mērījumiem un uzzīmētu līkni pietiekami plašā laušanas koeficientu diapazonā (no 1,34 līdz aptuveni 1,47) vēl 5 punkti [5].