**2021. gada Latvijas atklātā fizikas olimpiāde**

**11.-12. klases komplekts.**

**8. uzdevums.**

****“**Lādiņa burtiskā pārnese**” Divas vienādas vadošās plāksnes, kuru laukums ir *S*, ir elektriski uzlādētas līdz potenciālu starpībai *U*0 un novietotas vertikāli attālumā *d* viena no otras (). Pa vidu starp tām nevadošā diega ar garumu ir piekārta metāla lodīte, kuras masa ir *m* un rādiuss *r* ir daudz mazāks par . Lodīti pietuvina vienai plāksnei, līdz tas pieskaras tai, un tad atlaiž. Nosakiet, cik reižu lodīte pieskarsies plāksnēm, pirms tās svārstības norims? Ir zināms, ka, ja plāksnes nebūtu uzlādētas, tad atlaistā lodīte neaizsniegtu otro plāksni, turklāt mazākais attālums starp lodīti un otro plāksni būtu δ. Risinājuma vienkāršošanai var pieņemt, ka katrā sadursmē ar plāksnēm lodīte pārnes vienādu lādiņu.

«**Буквальный перенос заряда**» Две одинаковые проводящие пластины площадью *S* электрически заряжены до разности потенциалов *U*0 и поставлены вертикально на расстоянии *d* друг от друга (). Посередине между ними на изолированной нити длиной подвешен металлический шарик массы *m* и радиуса *r*, который много меньше *d/2*. Шарик приближают до касания к одной из пластин и отпускают. Сколько раз шарик коснётся пластин прежде чем перестанет колебаться? Известно, что в случае незаряженных пластин так отпущенный шарик не долетает расстояние δ до другой пластины. Для упрощения решения можете предположить, что с каждым столкновением шарик переносит одинаковый заряд.

**Atrisinājums:**

Salīdzinot sadursmes laiku (kā laiku, kurā skaņas vilnis iziet lodītei cauri) un lādiņa ieplūšanas laiku (kas ir ierobežots ar lodītes induktivitāti un ir salīdzināms ar laiku, kurā gaismas vilnis iziet lodītei cauri), varam izsecināt, ka lodīte sadursmes laikā paspēs uzlādēties līdz plāksnes potenciālam[[1]](#footnote-1).

Pieņemsim vienas plāksnes sākuma potenciālu par nulli. Pirmajā reizē lādiņš atnesīs uz to lādiņu , kur ir lodītes kapacitāte, un izmainīs tās potenciālu par . Ir redzams, ka vienā reizē potenciāla izmaiņa ir daudz mazāka par pašu potenciālu (jo ), tātad, sadursmju būs daudz. Ir redzams arī, ka ar potenciāla starpības samazināšanos katru reizi tiks pārnests mazāks lādiņš (jo *U* samazināsies).

Tagad novērtēsim plākšņu potenciālu starpību, kad lodīte nespēs pieskarties otrai plāksnei savu svāstību dilšanas dēļ. Tam ir vajadzīgs, lai smaguma spēka *mg* un Kulona spēka verktoriālā summa atšķirtos no vertikāles par mazāk nekā , tas ir, Kulona spēks būtu mazāks nekā , vai, izsakot Kulona spēku,

Pieņēmot, ka katru reizi tiek pārnests viens un tas pats lādiņš , iegūsim sadursmju skaitu:

Pārnesto lādiņu skolēns var paņemt vienādu ar maksimālu, vai pusi no tā, vai kā noteiktu ar spriegumu, kas ir vidējais no *U*0 un *U*min. Jebkurā gadījumā tiek ieskaitīta pareiza atbilde.

Var izdarīt precīzāku novertējumu, ievērojot to, ka potenciāla izmaiņa katru reizi ir proporcionāla pašam potenciālam. Gadījumos, kad nezināmā lielumā mazā izmaiņa ir proportcionāla pašai vērtībai, (mūsu gadījumā *x* is sadursmes kārtējais numurs *N* un līdz ar to ), šī lieluma atkarība no *x* tiek aprakstīta ar eksponenciālo funkciju . Mūsu gadījumā iegūsim

Mīnusa zīme nozīmē, ka potenciāla starpība tiek samazināta ar lādiņa pārnesi. Lādiņa pārnese apstāsies, kad potenciālā strapība būs vienāda ar minimālo vērtību *U*min:

Izsakot tam atbilstošu sadurmju skaitu, iegūsim

1. Ja plāksnes lādiņš ir liels, tad uz lodīti vēl tā uzladēšanas laikā darbosies atgrūšanas spēks no plāksnes. Tā atgrūdīsies, taču kamēr potenciālu starpība būs lielāka par gaisa caursites spriegumu, lādiņš vēl pludīs: notiks caursite. Mēs neievērojam šo efektu un nevrētēsim atbilstošus lielumus. [↑](#footnote-ref-1)