16. СРПСКА ФИЗИЧКА ОЛИМПИЈАДА УЧЕНИКА СРЕДЊИХ ШКОЛА
ШКОЛСКА 2022/2023. ГОДИНЕ.

СФО 2023

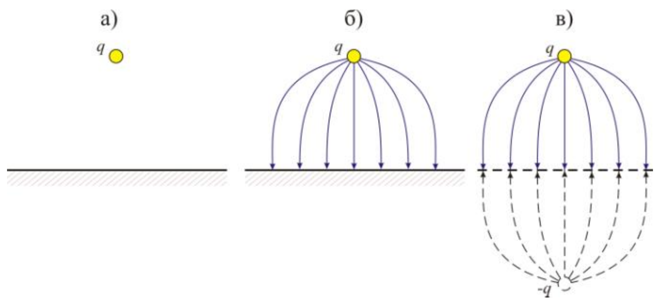
Друштво физичара Србије и Министарство просвете науке и технолошког развојаРепублике Србије

26-27.мај 2022.
Нови Сад

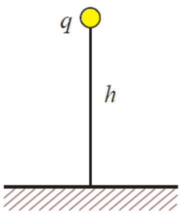
ТЕОРИЈСКИ ЗАДАЦИ

Задатак 2: Несташна наелектрисања (10 поена)

Претпоставимо да смо у поље тачкастог наелектрисања q унели бесконачну проводну раван (слика 1.а). Због електростатичке индукције се на равни формира површински слој наелектрисања супротног знака од наелектрисања q. Успоставља се електростатичко поље између равни и наелектрисања, тако да раван представља еквипотенцијалну површину тог поља (слика 1.б). Метод електростатичких ликова служи да проводну раван замени једним наелектрисањем или системом наелектрисања, тзв. електростатичким ликовима (слика 1.в), тако да се успостављено поље не промени. Знајући све то, решите следећи проблем методом електростатичких ликова. Тачкасто наелектрисање $q = 2 \times 10^{-5}$ C се налази на растојању $h = 3 \times 10^{-3}$ m од бесконачне проводне равни (види слику 2). Ако је брзина померања наелектрисања q увек много већа од брзине успостављања нове расподеле наелектрисања на равни, израчунајте колика количина топлоте Q ће се издвојити у случају да се наелектрисање q помери:



Слика 1.



Слика 2.

а) паралелно равни за растојање 2 h?

б) нормално на раван за растојање h?

Напомена: Узети да је $1/(4\pi\varepsilon_0) = 9 \times 10^9$ m/F.

Задатак одабрала и припремила: *др Драгана К. Маркушев,* Институт за физику, Београд

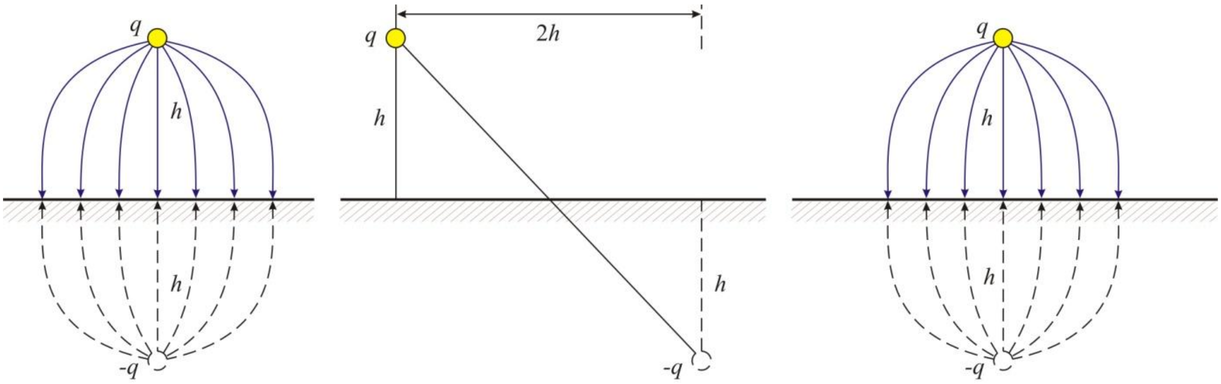
Рецензент: *др Драган Д. Маркушев,* Институт за физику, Београд

Председник Комисије за такмичење: *Проф. др Имре Гут,* Департман за физику, ПМФ, Нови Сад

Решење

а) Поље које ствара дато наелектрисање са индукованим наелектрисањима на равни еквивалентно је пољу које би стварали то исто наелектрисање q и тачкасто наелектрисање – q које би се налазило са супротне стране равни, симетрично наелектрисању q (види слику). По услову задатка, расподела наелектрисања на равни се не мења у току премештања наелектрисања q паралелно равни за растојање $2h$, па ће рад извршен при том померању, бити једнак:

$$A = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{1}{2h} - \frac{1}{2h\sqrt{2}}\right) = \frac{q^2}{8\pi\varepsilon_0 h\sqrt{2}}\left(\sqrt{2}-1\right) \quad \textbf{(2п)}$$



Почетни положај Током премештања Крајњи положај

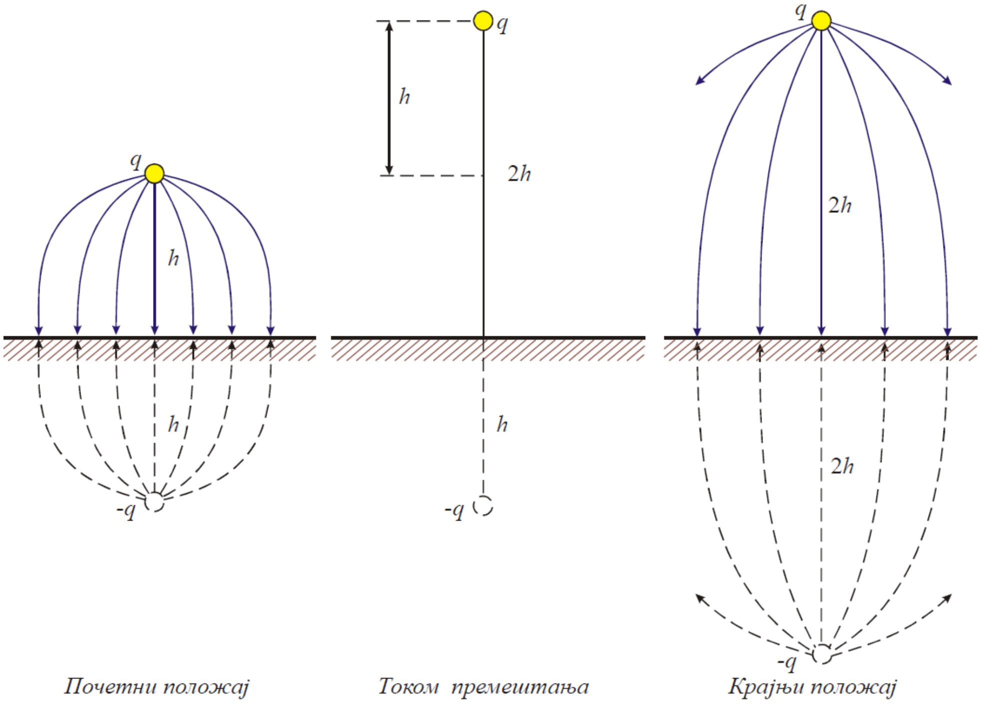
Закон одржања енергије у овом случају је

$$A = Q + W_2 - W_1. \quad \textbf{(1п)}$$

Енергија система на почетку и на крају је иста, тј. $W_1 = W_2$, а то значи да ће укупан извршени рад бити једнак издвојеној количини топлоте:

$$Q = A = \frac{q^2\left(\sqrt{2}-1\right)}{8\pi\varepsilon_0 h\sqrt{2}} \approx 176\ \text{J}. \quad \textbf{(2п)}$$

б) Сада размотримо други случај, када наелектрисање q брзо преместимо за растојање h нормално на раван. Означимо са W_3 и W_4 енергије електричног поља у почетном (3) и крајњем (4) стању. Вредности ових енергија *су дупло мање* од енергија вредности међудејства два наелектрисања q и – q јер електрично поље заузима дупло мању област (оно се налази само са те стране равни са које се налази наелектрисање q). Закон одржања енергије у овом случају даје



$$A = Q + W_4 - W_3, \ \textbf{(1п)}$$

или

$$\frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{1}{2h}-\frac{1}{3h}\right) = Q + \left(-\frac{1}{2}\frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0}\frac{1}{4h}\right) - \left(-\frac{1}{2}\frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0}\frac{1}{2h}\right) \ \textbf{(2п)}$$

Одатле налазимо издвојену количину топлоте:

$$Q = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{1}{6h}-\frac{1}{8h}\right) = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0}\frac{1}{24h} = 50 \text{ J}. \ \textbf{(2п)}$$

Решење припремио: *др Драган Д. Маркушев,* Институт за физику, Београд