გამოყენებული ლიტერატურა:

ვ. ა. ვაშაყმაძე

ფიზიკა

საქართველოს სსრ უმაღლესი და საშუალო სპეციალური განათლების სამინისტრომ დაამტკიცა დამხმარე სახელმძღვანელოდ მოსამზადებელი განყოფილების მსმენელებისა და აბიტურიენტებისათვის.

გამომცემლობა „განათლება"
თბილისი — 1985

ამოცანების ამოხსნის ნიმუშები და სავარჯიშოები (ელექტროდინამიკის საფუძვლები)

1. ტოლგვერდა სამკუთხედის გვერდი $a=6\cdot 10^{-2}$ მ-ია, მის წვეროებში მოთავსებულია $q_1=6\cdot 10^{-9}$ კ, $q_2=q_3=-8\cdot 10^{-9}$ კ მუხტები. გავიგოთ ძალის სიდიდე და მიმართულება, რომელიც მოქმედებს სამკუთხედის ცენტრში მოთავსებულ $q=6{,}67\cdot 10^{-9}$ კულონ მუხტზე (სურ. 171).

ა მ ო ხ ს ნ ა

მოც.: $q_1=6\cdot 10^{-9}$ კ

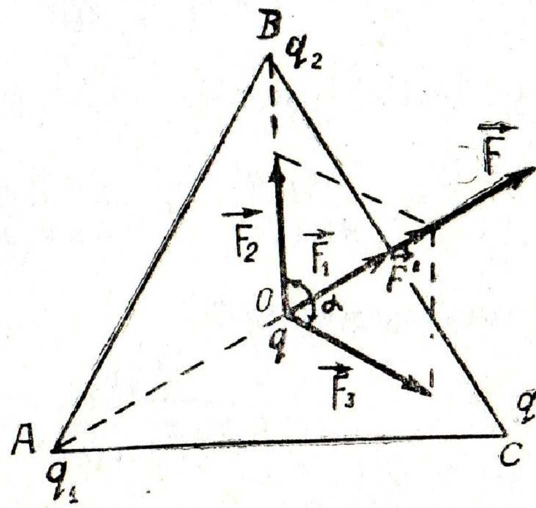
$q_2=q_3=-8\cdot 10^{-9}$ კ

$q=6{,}67\cdot 10^{-9}$ კ; $\varepsilon=1$

$a=6\cdot 10^{-2}$ მ;

$\varepsilon_0=8{,}85\cdot 10^{-12}\ \frac{\text{კ}^2}{\text{ნ}\cdot\text{მ}^2}$

$F=?$



სურ. 171

q მუხტზე მოქმედი ძალა ტოლია $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ და $\vec{F}_3$ ძალების ვექტორული ჯამისა:

$$\vec{F}=\vec{F}_1+\vec{F}_2+\vec{F}_3\,. \qquad (1)$$

$$\vec{F'}=\vec{F}_2+\vec{F}_3\,, \qquad (2)$$

მაშინ:

$$\vec{F}=\vec{F}_1+\vec{F'}. \qquad (3)$$

მაგრამ $\vec{F}_1$ და $\vec{F'}$ ძალები ერთი მიმართულებისაა, ამიტომ,

$$F=F_1+F'. \qquad (4)$$

სურათიდან ჩანს, რომ:

$$F'=\sqrt{F_2^2+F_3^2+2F_2F_3\cdot\cos\alpha}\,. \qquad (5)$$

$\alpha = 120°$, ამიტომ,

$$\cos 120° = -\sin 30° = -0{,}5. \qquad (6)$$

$$F_2 = F_3 = \frac{q \cdot |q_2|}{4\pi \cdot \varepsilon_0 \cdot BO^2}. \qquad (7)$$

$$BO = R = \frac{AB}{\sqrt{3}} = \frac{a}{\sqrt{3}},$$

მაშინ:

$$F_2 = F_3 = \frac{3q \cdot |q_2|}{4\pi\, \varepsilon_0\, a^2}. \qquad (8)$$

(6) და (8) შევიტანოთ (5)-ში გვექნება:

$$F' = \sqrt{2\left(\frac{3\,q \cdot |q_2|}{4\,\pi\,\varepsilon_0\, a^2}\right)^2 - \left(\frac{3\,q \cdot |q_2|}{4\,\pi\,\varepsilon_0\, a^2}\right)^2} = \frac{3\,q \cdot |q_2|}{4\,\pi\,\varepsilon_0\, a^2}. \qquad (9)$$

$$F_1 = \frac{q_1 \cdot q}{4\,\pi\,\varepsilon_0\, AO^2} = \frac{3\,q_1 \cdot q}{4\,\pi\,\varepsilon_0\, a^2}. \qquad (10)$$

(9) და (10) შევიტანოთ (4)-ში, გვექნება:

$$F = \frac{3\,q_1 \cdot q}{4\,\pi\,\varepsilon_0\, a^2} + \frac{3\,q\,|q_2|}{4\,\pi\,\varepsilon_0\, a^2} = \frac{3\,q}{4\,\pi\,\varepsilon_0\, a^2}(q_1 + |q_2|).$$

ამრიგად მივიღეთ, რომ:

$$F = \frac{3\,q}{4\,\pi\,\varepsilon_0\, a^2}(q_1 + |q_2|). \qquad (11)$$

(11)-ში რიცხვითი მნიშვნელობების ჩასმა და გამოთვლა გვაძლევს:

$$F = 7 \cdot 10^{-4}\text{ნ}.$$

F ძალა მიმართულია BC წრფის მართობულად.

2. ვერტიკალურად მიმართულ ერთგვაროვან ელექტრულ ველში, რომლის დაძაბულობა $2 \cdot 10^4$ ვ/მ-ია, გაწონასწორებულია 10^{-15} კგ მასის დამუხტული ნაწილაკი. ნაწილაკმა დაკარგა ერთი ელექტრონის ტოლი მუხტი. რამდენით უნდა გაიზარდოს ველის დაძაბულობა, რომ ნაწილაკი წონასწორობაში დარჩეს? (სურ. 172).

მოც.: $E_1 = 2 \cdot 10^4 \frac{ვ}{მ} = 2 \cdot 10^4 \frac{ნ}{კ}$

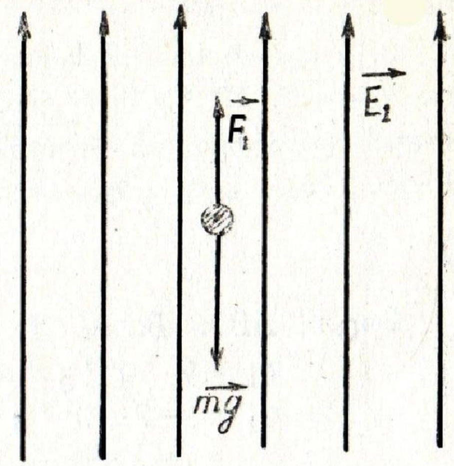
$m = 10^{-15}$ კგ

$q = |e| = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ კ

$q_2 = q_1 - q$

$F_1 = F$

$\Delta E = E_2 - E_1 = ?$



სურ. 172

ნაწილაკის წონასწორობისათვის

$$F_1 = F = mg. \quad (1)$$

მაგრამ მუხტზე მოქმედი ელექტრული ძალა

$$F_1 = q_1 \cdot E_1, \quad (2)$$

მაშინ (1) ტოლობა მოგვცემს:

$$q_1 E_1 = mg. \quad (3)$$

მუხტის შემცირების შედეგად წონასწორობისათვის გვექნება (3) ტოლობის მსგავსი ტოლობა: $q_2 \cdot E_2 = mg$, საიდანაც

$$E_2 = \frac{mg}{q_2} = \frac{mg}{q_1 - q}. \quad (4)$$

(3)-დან

$$q_1 = \frac{mg}{E_1}. \quad (5)$$

შევიტანოთ ეს (4)-ში, გვექნება:

$$E_2 = \frac{mg}{\frac{mg}{E_1} - q} = \frac{mg E_1}{mg - q E_1}. \quad (6)$$

ველის დაძაბულობის ნამატი

$$\Delta E = E_2 - E_1 = \frac{mg E_1}{mg - q E_1} - E_1 =$$

$$= \frac{mg E_1 - mg E_1 + q E_1^2}{mg - q E_1} = \frac{q E_1^2}{mg - q E_1}.$$

ამრიგად, მივიღეთ:

$$\Delta E = \frac{q \cdot E_1^2}{mg - q \cdot E_1}. \quad (7)$$

(7)-ში რიცხვითი მნიშვნელობების ჩასმა და გამოთვლა გვაძლევს:

$$\Delta E = 9{,}4\cdot 10^{3}\,\frac{\text{ვ}}{\text{მ}}\,.$$

3. კვადრატის ორ მეზობელ წვეროში მოთავსებულია $q_1=2\cdot10^{-8}$ კ და $q_2=-2\cdot10^{-8}$ კ მუხტები. განსაზღვრეთ ველის დაძაბულობა კვადრატის დანარჩენ ორ წვეროში, თუ კვადრატის გვერდი $a=2\cdot10^{-2}$ მ (სურ. 173).

ა მ ო ხ ს ნ ა

მოც.: $AB = BC = CD = AD = a = 2\cdot10^{-2}$ მ

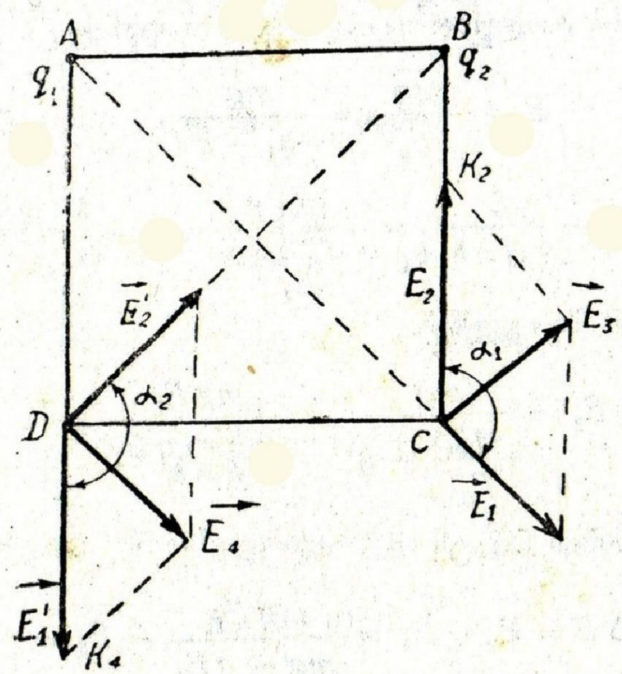
$q_1 = 2\cdot10^{-8}$ კ

$q_2 = -2\cdot10^{-8}$ კ

$\varepsilon_0 = 8{,}85\cdot10^{-12}\,\frac{\text{კ}^2}{\text{ნ}\cdot\text{მ}^2}$

$\varepsilon = 1$

$E_3=?\ E_4=?$



სურ. 173

C წერტილში ველის დაძაბულობა ტოლია q_1 და q_2 მუხტების ველის დაძაბულობების ვექტორული ჯამისა:

$$\vec{E}_3 = \vec{E}_1 + \vec{E}_2\,. \tag{1}$$

ხოლო ველის დაძაბულობის მოდული

$$E_3 = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + 2\,E_1 \cdot E_2 \cdot \cos\alpha_1}\,. \tag{2}$$

სურათიდან ჩანს, რომ $\alpha_1 = 135°$, ამიტომ $\cos\alpha_1 = \cos 135° = -\sin 45°$.

$$\cos\alpha_1 = -\sin 45° = -0{,}7. \tag{3}$$

$$E_1 = \frac{q_1}{4\pi\,\varepsilon_0\,\varepsilon \cdot AC^2}\,. \tag{4}$$

სურათიდან ჩანს, რომ $AC^2 = AD^2 + DC^2 = a^2 + a^2 = 2\,a^2$.

$$AC^2 = 2\,a^2. \tag{5}$$

(5) შევიტანოთ (4)-ში, გვექნება:

$$E_1 = \frac{q_1}{4\pi\,\varepsilon_0\,\varepsilon \cdot 2\,a^2}\,. \tag{6}$$

$$E_2 = \frac{|q_2|}{4\,\pi\,\varepsilon_0\,\varepsilon\,BC^2} = \frac{|q_2|}{4\,\pi\,\varepsilon_0\,\varepsilon \cdot a^2}\,. \tag{7}$$

(3), (6) და (7) შევიტანოთ (2)-ში, გვექნება:

$$E_3 = \sqrt{\left(\frac{q_1}{4\pi\,\varepsilon_0\,\varepsilon \cdot 2\,a^2}\right)^2 + \left(\frac{|q_2|}{4\,\pi\,\varepsilon_0\,\varepsilon\,a^2}\right)^2 - 1{,}4\,\frac{q_1 \cdot |q_2|}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon \cdot 2a^2 \cdot 4\pi\varepsilon_0\,\varepsilon \cdot a^2}}\,. \tag{8}$$

რადგან $q_1 = |q_2|$, ამიტომ (8) ტოლობა ასეთ სახეს მიიღებს:

$$E_3 = \sqrt{\frac{q_1^2}{64\,(\pi\,\varepsilon_0\,\varepsilon a^2)^2} + \frac{q_1^2}{16\,(\pi\,\varepsilon_0\,\varepsilon\,\alpha^2)^2} - \frac{1{,}4\,q_1^2}{32\,(\pi\,\varepsilon_0\,\varepsilon\,a^2)^2}} =$$

$$= \sqrt{\frac{q_1^2}{64\,(\pi\,\varepsilon_0\,\varepsilon\,a^2)^2}\,(1 + 4 - 2{,}8)} = \frac{q_1\sqrt{2{,}2}}{8\pi\,\varepsilon_0\,\varepsilon\,a^2}\,.$$

ამრიგად, მივიღეთ:

$$E_3 = \frac{\sqrt{2{,}2} \cdot q_1}{8\pi\,\varepsilon_0\,\varepsilon\,a^2}\,. \tag{9}$$

ანალოგიურად, D წერტილში ველის დაძაბულობა იქნება:

$$E_4 = \sqrt{E_2'^2 + E_1'^2 + 2\,E_2' \cdot E_1' \cdot \cos\alpha_2}\,, \tag{10}$$

$$E_2' = \frac{|q_2|}{4\,\pi\,\varepsilon_0\,\varepsilon \cdot 2\,a^2}\,, \tag{11}$$

$$E_1' = \frac{q_1}{4\pi\,\varepsilon_0 \cdot \varepsilon\,a^2}\,. \tag{12}$$

$\alpha_2 = 135°$, ამიტომ $\cos\alpha_2 = \cos 135° = -\sin 45° = -0{,}7$.

მაშინ (10) ტოლობა მოგვცემს ზუსტად (9) ტოლობას:

$$E_4 = \frac{\sqrt{2{,}2} \cdot q_1}{8\pi\,\varepsilon_0\,\varepsilon \cdot a^2} = E_3. \tag{13}$$