

Zadatak 281 (Lola, gimnazija)

Jedna kugla ima naboj $Q_1 = -4 \text{ nC}$, a druga $Q_2 = 8 \text{ nC}$. Kugle su međusobno udaljene 10 cm. Kolikom se silom privlače kugle u zraku, a kolikom u vodi relativne dielektričnosti $\epsilon_r = 80$?

Rješenje 281

$Q_1 = -4 \text{ nC} = -4 \cdot 10^{-9} \text{ C}$, $Q_2 = 8 \text{ nC} = 8 \cdot 10^{-9} \text{ C}$, $r = 10 \text{ cm} = 0.1 \text{ m}$, $\epsilon_r = 80$,
 $F = ?$

Coulombov zakon

Električna sila između dvaju točkastih naboja (Coulombov zakon) u vakuumu dana je relacijom:

$$F = k \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2},$$

gdje su Q_1 i Q_2 naboji, r njihova međusobna udaljenost, konstanta k za vakuum

$$k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}.$$

U sredstvu relativne permitivnosti ϵ_r Coulombov zakon glasi

$$F = \frac{k}{\epsilon_r} \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2},$$

gdje je ϵ_r relativna permitivnost (relativna dielektrična konstanta) koja ovisi o sredstvu u kojem se nalaze naboji. To je broj bez dimenzije koji pokazuje koliko puta je manja sila F ako se naboji nalaze u sredstvu od one u vakuumu.

Sila kojom se kugle privlače u zraku iznosi:

$$F = k \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2} = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \cdot \frac{-4 \cdot 10^{-9} \text{ C} \cdot 8 \cdot 10^{-9} \text{ C}}{(0.1 \text{ m})^2} = -2.88 \cdot 10^{-5} \text{ N}.$$

Predznak minus (–) znači da je Coulombova sila privlačna (kugle su suprotnog naboja!).

Sila kojom se kugle privlače u vodi je 80 puta manja od sile kojom se privlače u zraku i iznosi:

$$F = \frac{k}{\epsilon_r} \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2} = \frac{9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}}{80} \cdot \frac{-4 \cdot 10^{-9} \text{ C} \cdot 8 \cdot 10^{-9} \text{ C}}{(0.1 \text{ m})^2} = -3.6 \cdot 10^{-7} \text{ N}.$$

Predznak minus (–) znači da je Coulombova sila privlačna (kugle su suprotnog naboja!).

Vježba 281

Jedna kugla ima naboj $Q_1 = 4 \mu\text{C}$, a druga $Q_2 = 2 \mu\text{C}$. Kugle su međusobno udaljene 3 cm. Kolikom se silom privlače kugle u zraku, a kolikom u ulju relativne dielektričnosti $\epsilon_r = 2$?

Rezultat: 80 N, 40 N, naboji se odbijaju.

Zadatak 282 (Lola, gimnazija)

Vodljivu kuglu polumjera 12 cm nabijenu s 55 nC električnog naboja spojimo tankim vodičem s nenabijenom kuglom polumjera 30 cm. Kolika količina naboja pritom prijeđe na veću kuglu?

Rješenje 282

$r_1 = 12 \text{ cm} = 0.12 \text{ m}$, $Q = 55 \text{ nC} = 5.5 \cdot 10^{-8} \text{ C}$, $r_2 = 30 \text{ cm} = 0.3 \text{ m}$, $Q_2 = ?$

Ako je izvor električnog polja točkasta množina naboja Q ili nabijena kugla, onda je potencijal u točki na udaljenosti r od naboja, odnosno središta kugle, za vakuum jednak

$$\varphi = k \cdot \frac{Q}{r}.$$

Potencijal točaka na površini nabijene kugle polumjera r jednak je

$$\varphi = k \cdot \frac{Q}{r}$$

Nakon spajanja vodičem na manjoj kugli bit će naboj Q_1 , a na većoj Q_2 . Ukupan naboj je Q pa vrijedi:

$$Q_1 + Q_2 = Q$$

Budući da su kugle spojene, one imaju isti potencijal.

$$\varphi_1 = \varphi_2 \Rightarrow k \cdot \frac{Q_1}{r_1} = k \cdot \frac{Q_2}{r_2} \Rightarrow k \cdot \frac{Q_1}{r_1} = k \cdot \frac{Q_2}{r_2} \cdot \frac{r_1 \cdot r_2}{k} \Rightarrow Q_1 \cdot r_2 = Q_2 \cdot r_1$$

Riješimo sustav jednačica i izračunamo Q_2 .

$$\left. \begin{array}{l} Q_1 + Q_2 = Q \\ Q_2 \cdot r_1 = Q_1 \cdot r_2 \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} Q_1 = Q - Q_2 \\ Q_2 \cdot r_1 = (Q - Q_2) \cdot r_2 \end{array} \right\} \Rightarrow Q_2 \cdot r_1 = (Q - Q_2) \cdot r_2 \Rightarrow Q_2 \cdot r_1 = Q \cdot r_2 - Q_2 \cdot r_2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Q_2 \cdot r_1 + Q_2 \cdot r_2 = Q \cdot r_2 \Rightarrow Q_2 \cdot (r_1 + r_2) = Q \cdot r_2 \Rightarrow Q_2 \cdot (r_1 + r_2) = Q \cdot r_2 \cdot \frac{1}{r_1 + r_2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Q_2 = Q \cdot \frac{r_2}{r_1 + r_2} = 5.5 \cdot 10^{-8} \text{ C} \cdot \frac{0.3 \text{ m}}{0.12 \text{ m} + 0.3 \text{ m}} = 3.93 \cdot 10^{-8} \text{ C}$$

Vježba 282

Vodljivu kuglu polumjera 10 cm nabijenu s $1.2 \cdot 10^{-7}$ C električnog naboja spojimo tankim vodičem s nenabijenom kuglom polumjera 5 cm. Kolika količina naboja pritom prijede na veću kuglu?

Rezultat: $8 \cdot 10^{-8}$ C.

Zadatak 283 (Lola, gimnazija)

Električna lokomotiva vozi brzinom 36 km/h i pritom razvije srednju vučnu silu 4500 N. Koliku jakost ima struja koju rabi motor ako je napon na njegovim stezaljkama 500 V, a korisnost djelovanja 90%?

Rješenje 283

$$v = 36 \text{ km/h} = [36 : 3.6] = 10 \text{ m/s}, \quad F = 4500 \text{ N}, \quad U = 500 \text{ V}, \quad \eta = 90\% = 0.90, \quad I = ?$$

Korisnost η stroja je omjer korisnog rada (ili snage koju daje taj stroj) i uloženog ili dovedenog rada ili snage.

$$\eta = \frac{P_k}{P_u} \Rightarrow P_k = \eta \cdot P_u$$

Snaga, sila i brzina mogu se povezati formulom

$$P = F \cdot v$$

Snaga kojom se u trošilu električna energija pretvara u druge oblike energije je

$$P = U \cdot I,$$

gdje je U napon između krajeva promatranog trošila, a I jakost struje.

$$\left. \begin{array}{l} P_k = F \cdot v \\ P_u = U \cdot I \end{array} \right\} \Rightarrow [P_k = \eta \cdot P_u] \Rightarrow F \cdot v = \eta \cdot U \cdot I \Rightarrow \eta \cdot U \cdot I = F \cdot v \Rightarrow \eta \cdot U \cdot I = F \cdot v \cdot \frac{1}{\eta \cdot U} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow I = \frac{F \cdot v}{\eta \cdot U} = \frac{4500 \text{ N} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{0.9 \cdot 500 \text{ V}} = 100 \text{ A}$$

Vježba 283

Električna lokomotiva vozi brzinom 72 km / h i pritom razvije srednju vučnu silu 4500 N. Koliku jakost ima struja koju rabi motor ako je napon na njegovim stezaljkama 1000 V, a korisnost djelovanja 90%?

Rezultat: 100 A.

Zadatak 284 (Matrix, gimnazija)

Električni vlak mase 200 t vozi brzinom 72 km / h. Otpori vuče (trenje, otpor zraka) iznose 0.6%, a napon 25 kV. Odredite potrebnu snagu i jakost struje. (ubrzanje slobodnog pada $g = 9.81 \text{ m / s}^2$)

Rješenje 284

$$m = 200 \text{ t} = 2 \cdot 10^5 \text{ kg}, \quad v = 72 \text{ km / h} = [72 : 3.6] = 20 \text{ m / s}, \quad p = 0.6\% = 0.006, \\ U = 25 \text{ kV} = 2.5 \cdot 10^4 \text{ V}, \quad P = ?, \quad I = ?$$

Silu kojom Zemlja privlači sva tijela nazivamo silom težom. Pod djelovanjem sile teže sva tijela padaju na Zemlju ili pritišću na njezinu površinu.

Akceleracija kojom tijela padaju na Zemlju naziva se akceleracijom slobodnog pada. Prema drugom Newtonovu poučku

$$G = m \cdot g,$$

gdje je G sila teža, m masa tijela i g akceleracija slobodnog pada koja je za sva tijela na istome mjestu na Zemlji jednaka. Težina tijela jest sila kojom tijelo zbog Zemljina privlačenja djeluje na horizontalnu podlogu ili ovjes. Za slučaj kad tijelo i podloga, odnosno ovjes, miruju ili se gibaju jednoliko po pravcu s obzirom na Zemlju, težina tijela je veličinom jednaka sili teže.

Prvi Newtonov poučak

Ako na tijelo ne djeluje nikakva sila ili je rezultanta svih sila jednaka nuli, tijelo miruje ili se giba jednoliko po pravcu. Zato kažemo da je tijelo tromo.

Snaga, sila i brzina mogu se povezati formulom

$$P = F \cdot v.$$

Snaga kojom se u trošilu električna energija pretvara u druge oblike energije je

$$P = U \cdot I,$$

gdje je U napon između krajeva promatranog trošila, a I jakost struje.

Kako se računa "... p% od x...?"

$$\frac{p}{100} \cdot x.$$

Da bi se vlak gibao jednoliko vučna sila F mora biti jednaka sili otpora.

$$F = p \cdot G \Rightarrow F = 0.006 \cdot m \cdot g.$$

Potrebna snaga iznosi:

$$\left. \begin{array}{l} F = 0.006 \cdot m \cdot g \\ P = F \cdot v \end{array} \right\} \Rightarrow P = 0.006 \cdot m \cdot g \cdot v = 0.006 \cdot 2 \cdot 10^5 \text{ kg} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 20 \frac{\text{m}}{\text{s}} = \\ = 235440 \text{ W} = 235.44 \text{ kW}.$$

Jakost struje je:

$$I = \frac{P}{U} = \frac{235440 \text{ W}}{2.5 \cdot 10^4 \text{ V}} = 9.42 \text{ A}.$$

Vježba 284

Električni vlak mase 100 t vozi brzinom 72 km / h. Otpori vuče (trenje, otpor zraka) iznose 0.5%, a napon 25 kV. Odredite potrebnu snagu i jakost struje. (ubrzanje slobodnog pada $g = 9.81 \text{ m / s}^2$)

Rezultat: 98.1 kW, 3.92 A.

Zadatak 285 (Branimir, gimnazija)

Četiri jednaka točkasta naboja nalaze se u vrhovima kvadrata stranice a . Sila između dvaju susjednih naboja jest F . Kolika je ukupna sila na pojedini naboj?

- A. $1.41 \cdot F$ B. $1.91 \cdot F$ C. $2.12 \cdot F$ D. $2.41 \cdot F$

Rješenje 285

$$Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q_4 = Q, \quad a, \quad F, \quad F_r = ?$$

Električna sila između dvaju točkastih naboja (Coulombov zakon) dana je relacijom:

$$F = k \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2},$$

gdje su Q_1 i Q_2 naboji, r njihova međusobna udaljenost, k konstanta u vakuumu (a praktično i u zraku). Četverokut je dio ravnine omeđen sa četiri stranice.

Plošna dijagonala je dužina koja spaja dva nesusjedna vrha nekog mnogokuta ili poliedra.

Kvadrat je četverokut kojemu su sve stranice sukladne, a dijagonale međusobno sukladne i okomite.

Duljina dijagonale d kvadrata stranice a izračunava se po formuli

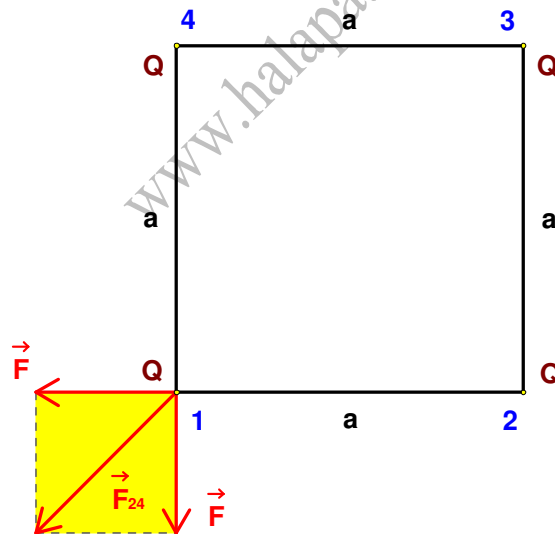
$$d = a \cdot \sqrt{2}.$$

Naboji su jednaki pa su sile odbojne.

Da bismo izračunali ukupnu silu na, na primjer, naboj Q_1 moramo izračunati silu kojom svaki od naboja Q_2 , Q_3 i Q_4 djeluje na Q_1 i tada vektorski zbrojiti te sile.

Naboji Q_2 i Q_4 djeluju na naboj Q_1 silom F .

$$F_{21} = F_{41} = F = k \cdot \frac{Q^2}{a^2}.$$



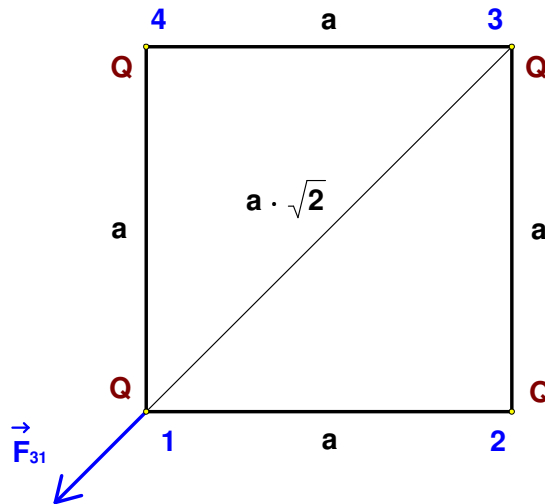
Njihova rezultantna sila je

$$F_{24} = F \cdot \sqrt{2}$$

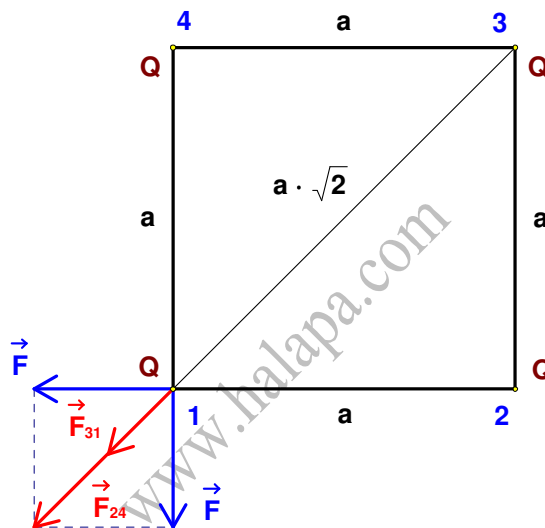
jer je F_{24} dijagonala kvadrata stranice F .

Naboj Q_3 djeluje na naboj Q_1 silom F_{31} .

$$\begin{aligned} F_{31} &= k \cdot \frac{Q^2}{(a \cdot \sqrt{2})^2} \Rightarrow F_{31} = k \cdot \frac{Q^2}{2 \cdot a^2} \Rightarrow F_{31} = \frac{1}{2} \cdot k \cdot \frac{Q^2}{a^2} \Rightarrow \left[F = k \cdot \frac{Q^2}{a^2} \right] \Rightarrow \\ &\Rightarrow F_{31} = \frac{1}{2} \cdot F. \end{aligned}$$



Rezultantna sila F_r jednaka je zbroju sila F_{24} i F_{31} .



$$F_r = F_{24} + F_{31} \Rightarrow F_r = F \cdot \sqrt{2} + \frac{1}{2} \cdot F \Rightarrow F_r = \left(\sqrt{2} + \frac{1}{2} \right) \cdot F \Rightarrow F_r = 1.91 \cdot F.$$

Odgovor je pod B.

Vježba 285

Odmor!

Rezultat: ...

Zadatak 286 (Ana, gimnazija)

Kroz srebrnu žicu polumjera 0.5 mm prenese se naboja 63 C za 75 minuta. Srebro ima $5.8 \cdot 10^{28}$ slobodnih elektrona po metru kubičnom ($e = 1.6 \cdot 10^{-19}$ C). Kolika je srednja brzina usmjerenog gibanja elektrona kroz žicu?

Rješenje 286

$$r = 0.5 \text{ mm} = 5 \cdot 10^{-4} \text{ m}, \quad Q = 63 \text{ C}, \quad t = 75 \text{ min} = [75 \cdot 60] = 4500 \text{ s}, \\ n = 5.8 \cdot 10^{28} \text{ m}^{-3}, \quad e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}, \quad v = ?$$

Jakost električne struje I količnik je električnog naboja Q i vremenskog intervala t u kojemu taj naboj prođe određenim presjekom vodiča.

$$I = \frac{Q}{t}.$$

Jakost električne struje I izražava se jednadžbom

$$I = S \cdot v \cdot e \cdot n,$$

gdje je S površina poprečnog presjeka vodiča, v srednja brzina gibanja elektrona, e naboj elektrona, n koncentracija slobodnih elektrona.

Površina kruga polumjera r:

$$S = r^2 \cdot \pi.$$

$$\left. \begin{aligned} I &= S \cdot v \cdot e \cdot n \\ I &= \frac{Q}{t} \end{aligned} \right\} \Rightarrow S \cdot v \cdot e \cdot n = \frac{Q}{t} \Rightarrow S \cdot v \cdot e \cdot n = \frac{Q}{t} / \frac{1}{S \cdot e \cdot n} \Rightarrow v = \frac{Q}{t \cdot S \cdot e \cdot n} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \left[S = r^2 \cdot \pi \right] \Rightarrow v = \frac{Q}{t \cdot r^2 \cdot \pi \cdot e \cdot n} =$$

$$= \frac{63 \text{ C}}{4500 \text{ s} \cdot \left(5 \cdot 10^{-4} \text{ m}\right)^2 \cdot \pi \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 5.8 \cdot 10^{28} \frac{1}{\text{m}^3}} = 1.92 \cdot 10^{-6} \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

Vježba 286

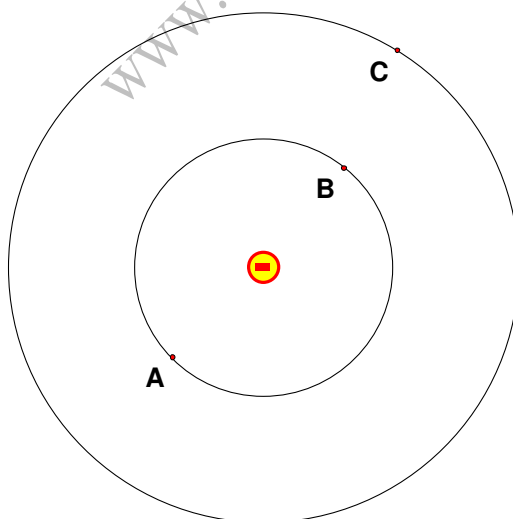
Kroz srebrnu žicu polumjera 0.5 mm prenese se naboja 126 C za 150 minuta. Srebro ima $5.8 \cdot 10^{28}$ slobodnih elektrona po metru kubičnom ($e = 1.6 \cdot 10^{-19}$ C). Kolika je srednja brzina usmjerenog gibanja elektrona kroz žicu?

Rezultat: $1.92 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$.

Zadatak 287 (Maturant, strukovna škola)

Točke A, B i C nalaze se u električnom polju točkaste množine naboja kako je prikazano na slici.

- Koliki rad treba utrošiti da bismo neki naboj prenijeli iz točke A u točku B?
- Usporedi rad koji bi trebalo utrošiti da se taj naboj prenese iz A u C s radom pri prenošenju iz B u C.



Rješenje 287

A, B, C

Potencijal zorno prikazujemo ekvipotencijalnim plohama. To je skup točaka jednakoga potencijala u prostoru. Svaka točka ekvipotencijalne plohe ima istu vrijednost potencijala. **Pomicanjem naboja po ekvipotencijalnoj plohi ne obavlja se rad.** Rad se obavlja ako se naboj premješta s jedne ekvipotencijalne plohe na drugu ekvipotencijalnu plohu. Ekvipotencijalne plohe u polju točkastog naboja su koncentrične kugle oko toga naboja.

Ako je izvor električnog polja točkasta množina naboja Q onda je potencijal u točki na udaljenosti r od naboja za vakuum jednak

$$\varphi = k \cdot \frac{Q}{r}$$

Rad što se utroši pri prijenosu naboja q iz točke potencijala φ_1 u točku potencijala φ_2 jednak je promjeni potencijalne energije naboja, tj.

$$W = q \cdot (\varphi_1 - \varphi_2).$$

a)

Budući da točke A i B pripadaju istoj ekvipotencijalnoj plohi ne obavlja se rad. Rad koji treba utrošiti da bismo neki naboj q premjestili iz točke A u točku B iznosi

$$W_{AB} = 0 \text{ J.}$$

Ili ovako!

$$W_{AB} = q \cdot (\varphi_A - \varphi_B) \Rightarrow [\varphi_A = \varphi_B] \Rightarrow W_{AB} = q \cdot 0 = 0 \text{ J.}$$

b)

Točke A i B leže na istoj ekvipotencijalnoj plohi. Budući da se isti naboj q prenosi iz točaka A i B na ekvipotencijalnu plohu gdje je točka C, bit će obavljen jednak rad.

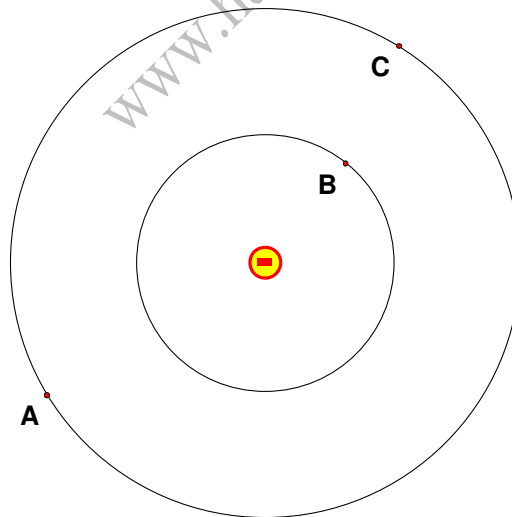
$$W_{AC} = W_{BC}.$$

Ili ovako!

$$\left. \begin{array}{l} W_{AC} = Q \cdot (\varphi_A - \varphi_C) \\ W_{BC} = Q \cdot (\varphi_B - \varphi_C) \end{array} \right\} \Rightarrow [\varphi_A = \varphi_B] \Rightarrow \left. \begin{array}{l} W_{AC} = Q \cdot (\varphi_A - \varphi_C) \\ W_{BC} = Q \cdot (\varphi_A - \varphi_C) \end{array} \right\} \Rightarrow W_{AC} = W_{BC}.$$

Vježba 287

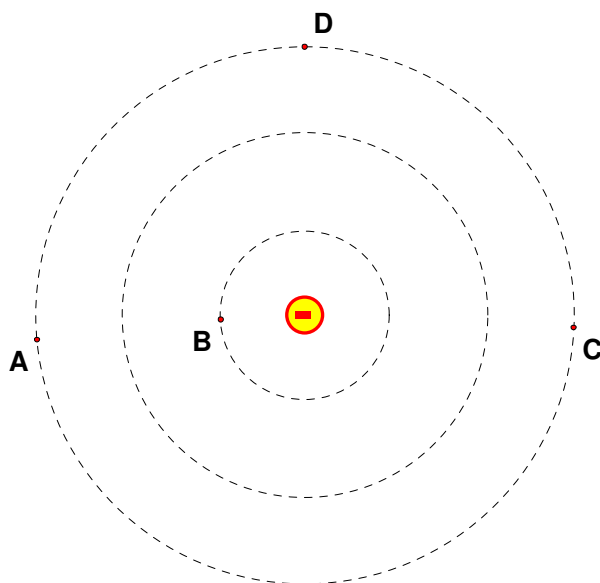
Točke A, B i C nalaze se u električnom polju točkaste množine naboja kako je prikazano na slici. Koliki rad treba utrošiti da bismo neki naboj prenijeli iz točke A u točku C?



Rezultat: 0 J.

Zadatak 288 (Maturant, strukovna škola)

Na slici su prikazane ekvipotencijalne linije električnoga polja negativnoga naboja. Probni naboj q premješta se između dviju od prikazanih točaka A, B, C i D.



Koja od navedenih jednakosti vrijedi za odnos iznosa obavljenih radova pri premještanju probnoga naboja?

- A. $W_{AB} = W_{BD}$ B. $W_{BC} = W_{AC}$ C. $W_{AB} = W_{AC}$ D. $W_{BC} = W_{CD}$

Rješenje 288

A, B, C, D

Potencijal zorno prikazujemo ekvipotencijalnim plohama. To je skup točaka jednakoga potencijala u prostoru. Svaka točka ekvipotencijalne plohe ima istu vrijednost potencijala. **Pomicanjem naboja po ekvipotencijalnoj plohi ne obavlja se rad.** Rad se obavlja ako se naboj premješta s jedne ekvipotencijalne plohe na drugu ekvipotencijalnu plohu. Ekvipotencijalne plohe u polju točkastog naboja su koncentrične kugle oko toga naboja.

Ako je izvor električnog polja točkasta množina naboja Q onda je potencijal u točki na udaljenosti r od naboja za vakuum jednak

$$\varphi = k \cdot \frac{Q}{r}$$

Rad što se utroši pri prijenosu naboja q iz točke potencijala φ_1 u točku potencijala φ_2 jednak je promjeni potencijalne energije naboja, tj.

$$W = q \cdot (\varphi_1 - \varphi_2)$$

Budući da točke A, D i C pripadaju istoj ekvipotencijalnoj plohi ne obavlja se rad.

Provjerimo prvu jednakost. Je li vrijedi

$$W_{AB} = W_{BD} ?$$

Točke A i D leže na istoj ekvipotencijalnoj plohi. Budući da se isti naboj q prenosi iz točaka A i D na ekvipotencijalnu plohu gdje je točka B, bit će jednak obavljeni rad.

$$W_{AB} = W_{BD}$$

Odgovor je pod A.

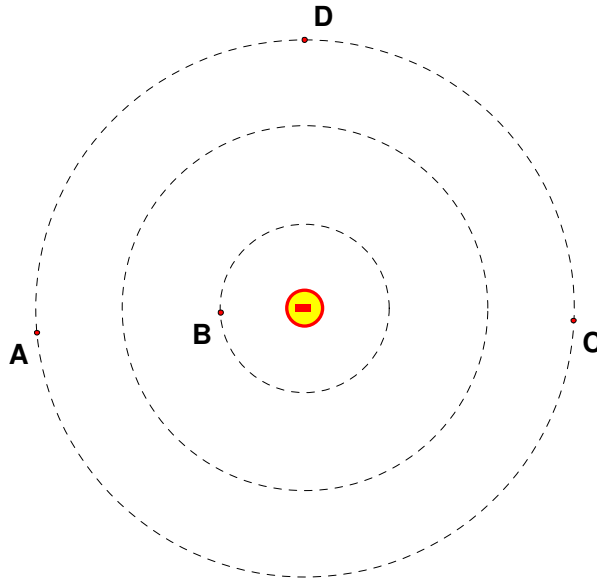
Ili ovako!

$$\left. \begin{array}{l} W_{AB} = q \cdot (\varphi_A - \varphi_B) \\ W_{BD} = q \cdot (\varphi_D - \varphi_B) \end{array} \right\} \Rightarrow [\varphi_A = \varphi_D] \Rightarrow \left. \begin{array}{l} W_{AB} = q \cdot (\varphi_A - \varphi_B) \\ W_{BD} = q \cdot (\varphi_A - \varphi_B) \end{array} \right\} \Rightarrow W_{AB} = W_{BD}$$

Odgovor je pod A.

Vježba 288

Na slici su prikazane ekvipotencijalne linije električnoga polja negativnoga naboja. Probni naboj q premješta se između dviju od prikazanih točaka A, B, C i D.



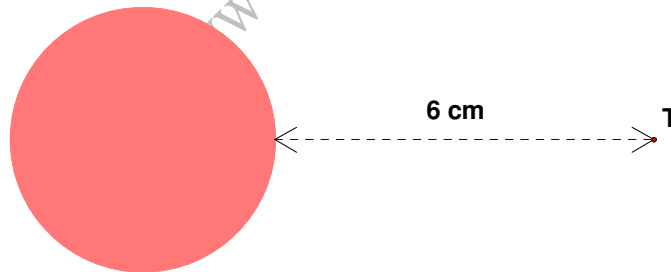
Koja od navedenih jednakosti vrijedi za odnos iznosa obavljenih radova pri premještanju probnoga naboja?

- A. $W_{AC} = W_{DC}$ B. $W_{BC} = W_{AC}$ C. $W_{AB} = W_{AC}$ D. $W_{BC} = W_{CD}$

Rezultat: A.

Zadatak 289 (Katy, medicinska škola)

U središtu nabijene metalne kugle polumjera 3 cm potencijal iznosi 600 V. Točka T udaljena je 6 cm od površine kugle. Kolika je razlika potencijala između središta kugle i točke T?



- A. 200 V B. 400 V C. 600 V D. 800 V

Rješenje 289

$$r = 3 \text{ cm} = 0.03 \text{ m}, \quad \varphi_1 = 600 \text{ V}, \quad x = 6 \text{ cm} = 0.06 \text{ m}, \quad R = r + x = 0.09 \text{ m}, \\ \varphi_1 - \varphi_2 = ?$$

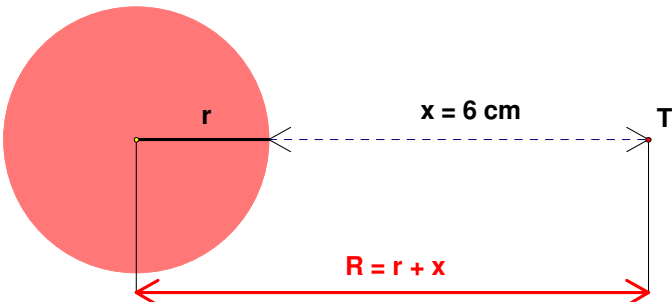
Električni potencijal (oznaka φ) je skalarna fizikalna veličina koja opisuje potencijalnu energiju električki nabijene čestice u statičkom električnom polju. Ako je izvor električnog polja točkasta množina naboja Q ili nabijena kugla, onda je potencijal u točki na udaljenosti r od naboja, odnosno središta kugle, za vakuum jednak

$$\varphi = k \cdot \frac{Q}{r},$$

gdje je

$$k = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0} \approx 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}.$$

Potencijal u unutrašnjosti kugle je konstantan i jednak onom na površini.



$$\left. \begin{aligned} \varphi_1 &= k \cdot \frac{Q}{r} \\ \varphi_2 &= k \cdot \frac{Q}{R} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \left[\begin{array}{l} \text{podijelimo} \\ \text{jednadžbe} \end{array} \right] \Rightarrow \frac{\varphi_2}{\varphi_1} = \frac{k \cdot \frac{Q}{R}}{k \cdot \frac{Q}{r}} \Rightarrow \frac{\varphi_2}{\varphi_1} = \frac{k \cdot \frac{Q}{R}}{k \cdot \frac{Q}{r}} \Rightarrow \frac{\varphi_2}{\varphi_1} = \frac{r}{R} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{\varphi_2}{\varphi_1} = \frac{r}{R} \cdot \varphi_1 \Rightarrow \varphi_2 = \frac{r}{R} \cdot \varphi_1.$$

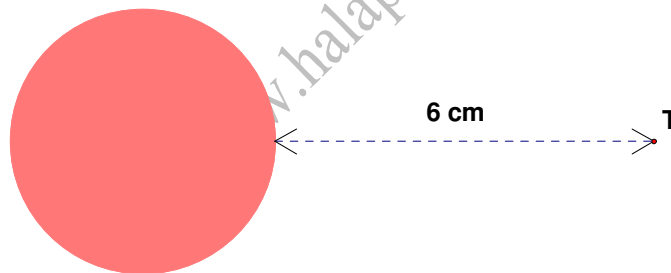
Razlika potencijala iznosi:

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \varphi_1 - \frac{r}{R} \cdot \varphi_1 \Rightarrow \varphi_1 - \varphi_2 = \varphi_1 \cdot \left(1 - \frac{r}{R}\right) = 600 \text{ V} \cdot \left(1 - \frac{0.03 \text{ m}}{0.09 \text{ m}}\right) = 400 \text{ V}.$$

Odgovor je pod B.

Vježba 289

U središtu nabijene metalne kugle polumjera 3 cm potencijal iznosi 300 V. Točka T udaljena je 6 cm od površine kugle. Kolika je razlika potencijala između središta kugle i točke T?



- A. 200 V B. 400 V C. 600 V D. 800 V

Rezultat: A.

Zadatak 290 (Petra, gimnazija)

U tri vrha kvadrata stranice 40 cm smješteni su jednaki pozitivni točkasti naboji od 5 nC. Odredite jakost električnog polja u središtu kvadrata.

- A. $397.2 \frac{\text{V}}{\text{m}}$ B. $562.5 \frac{\text{V}}{\text{m}}$ C. $116.6 \frac{\text{V}}{\text{m}}$ D. $0 \frac{\text{V}}{\text{m}}$

Rješenje 290

$$a = 40 \text{ cm} = 0.4 \text{ m}, \quad Q_1 = Q_2 = Q_3 = 5 \text{ nC} = 5 \cdot 10^{-9} \text{ C}, \quad E = ?$$

Četverokut je dio ravnine omeđen sa četiri stranice.

Plošna dijagonala je dužina koja spaja dva nesusjedna vrha nekog mnogokuta.

Kvadrat je četverokut kojemu su sve stranice sukladne, a dijagonale međusobno sukladne, okomite i polove se. Duljina dijagonale d kvadrata stranice a izračunava se po formuli

$$d = a \cdot \sqrt{2}.$$

Ako je izvor električnog polja točkasta množina naboja Q smještena u praznini, onda je jakost električnog polja u nekoj točki polja na udaljenosti r od naboja dana (prema Coulombovu zakonu)

izrazom

$$E = k \cdot \frac{Q}{r^2},$$

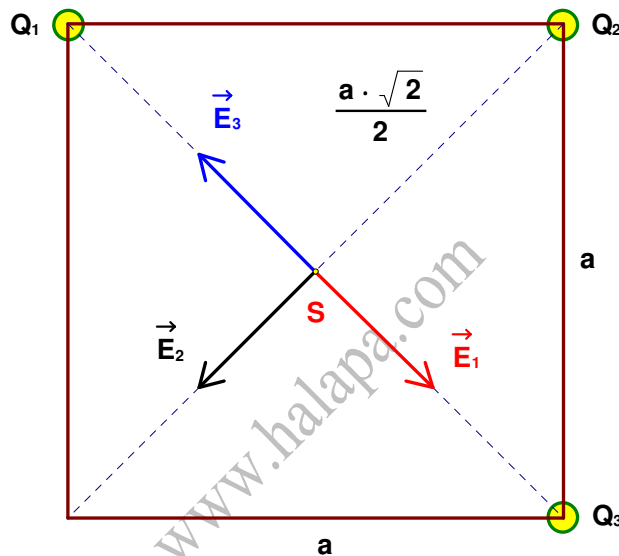
gdje je

$$k = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0} \approx 9 \cdot 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}.$$

Pozitivni su naboji izvori električnog polja. Negativni naboji su ponori električnog polja.

Orientacija vektora jakosti električnog polja \vec{E} ovisi o predznaku naboja Q. Za pozitivni naboj polje je usmjereno radijalno od naboja, a za negativni radijalno prema naboju.

Svaki je naboj okružen električnim poljem. Električno polje je prostor oko električno nabijenog tijela u kojem se očituje djelovanje sile. To je **vektorsko polje**. Kada polje stvaraju dva točkasta naboja Q_1 i Q_2 (ili više naboja) onda vrijedi **načelo superpozicije**. Ukupno polje tih naboja u proizvoljnoj točki S prostora dobije se kao vektorski zbroj pojedinih polja.



Sa slike vidi se:

$$\begin{aligned} \vec{E} &= \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 \text{ (vektorski zapis)} \Rightarrow [\vec{E}_3 = -\vec{E}_1] \Rightarrow \vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 - \vec{E}_1 \Rightarrow \\ &\Rightarrow \vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 - \vec{E}_1 \Rightarrow \vec{E} = \vec{E}_2 \Rightarrow \text{[skalarni zapis]} \Rightarrow E = E_2 \Rightarrow \\ &\Rightarrow E = k \cdot \frac{Q_2}{\left(\frac{a \cdot \sqrt{2}}{2}\right)^2} \Rightarrow E = k \cdot \frac{Q_2}{\frac{a^2 \cdot 2}{4}} \Rightarrow E = k \cdot \frac{Q_2}{\frac{a^2 \cdot 2}{4}} \Rightarrow E = k \cdot \frac{2 \cdot Q_2}{a^2} = \\ &= 9 \cdot 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2} \cdot \frac{2 \cdot 5 \cdot 10^{-9} C}{(0.4 m)^2} = 562.5 \frac{N}{C} = 562.5 \frac{V}{m}. \end{aligned}$$

Odgovor je pod B.

Vježba 290

U tri vrha kvadrata stranice 20 cm smješteni su jednaki pozitivni točkasti naboji od 5 μC . Odredite jakost električnog polja u središtu kvadrata.

- A. $1125 \frac{V}{m}$ B. $850 \frac{V}{m}$ C. $2450 \frac{V}{m}$ D. $2250 \frac{V}{m}$

Rezultat: D.

Zadatak 291 (Mihael, gimnazija)

Tri točkasta naboja smještena su u koordinatnom sustavu na sljedeći način: prvi, veličine $5 \mu\text{C}$ u ishodištu, drugi, veličine $-2 \mu\text{C}$, u točki $(0, a)$, treći, veličine kao prvi u točki (a, a) . Koliki je iznos rezultantne sile koja djeluje na treći naboj ako je $a = 0.1 \text{ m}$?

Rješenje 291

$Q_1 = 5 \mu\text{C} = 5 \cdot 10^{-6} \text{ C}$, $Q_2 = -2 \mu\text{C} = -2 \cdot 10^{-6} \text{ C}$, $Q_3 = 5 \mu\text{C} = 5 \cdot 10^{-6} \text{ C}$, $a = 0.1 \text{ m}$,
 $F = ?$

Četverokut je dio ravnine omeđen sa četiri stranice.

Plošna dijagonala je dužina koja spaja dva nesusjedna vrha nekog mnogokuta.

Kvadrat je četverokut kojemu su sve stranice sukladne, a dijagonale međusobno sukladne, okomite i polove se. Duljina dijagonale d kvadrata stranice a izračunava se po formuli

$$d = a \cdot \sqrt{2}.$$

Trokut je dio ravnine omeđen s tri dužine. Te dužine zovemo stranice trokuta.

Poučak o kosinusu (kosinsov poučak)

U trokutu ABC vrijede ove jednakosti:

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2 \cdot b \cdot c \cdot \cos \alpha,$$

$$b^2 = a^2 + c^2 - 2 \cdot a \cdot c \cdot \cos \beta,$$

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2 \cdot a \cdot b \cdot \cos \gamma.$$

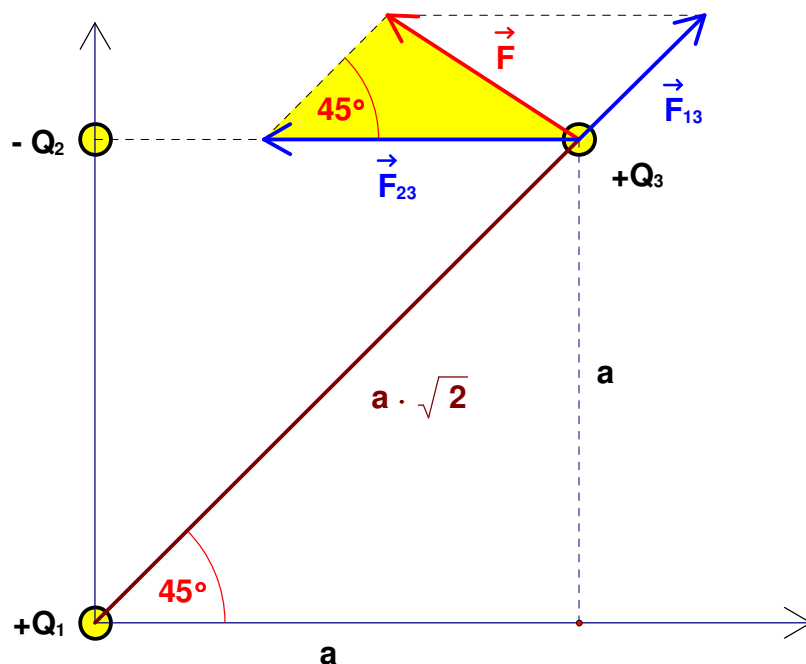
Elektrostatska sila između dvaju točkastih nabijenih tijela razmjerna je umnošku njihovih naboja Q_1 i Q_2 , a obrnuto razmjerna kvadratu njihove udaljenosti.

Elektrostatska sila između dvaju točkastih naboja (Coulombov zakon) dana je relacijom:

$$F = k \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2},$$

gdje su Q_1 i Q_2 naboji, r njihova međusobna udaljenost, k konstanta u vakuumu (a praktično i u zraku).

$$k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}.$$

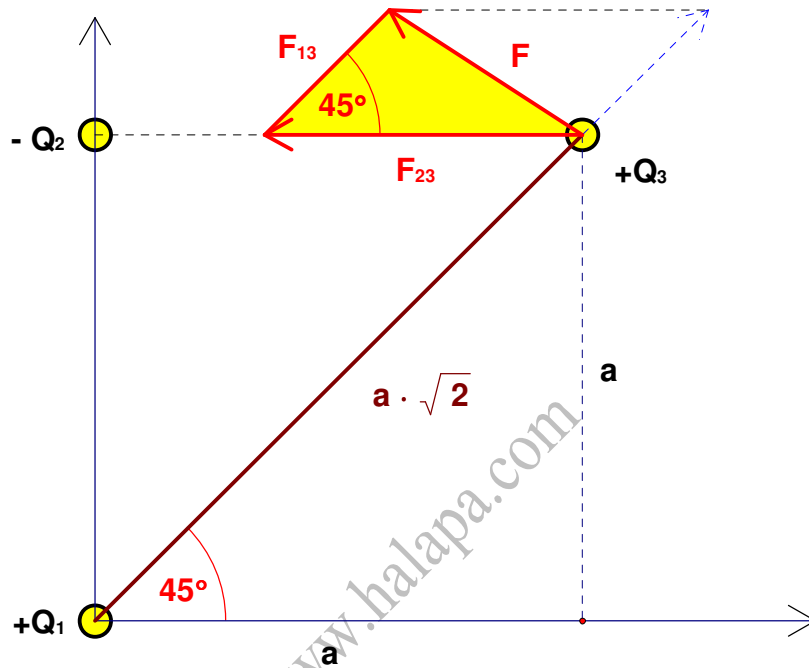


Najprije odredimo iznose sila F_{23} i F_{13} kojima naboji Q_2 i Q_1 djeluju na naboj Q_3 .

Podsjetimo se!

Čestice ili fizikalna tijela nabijena istoimenim električnim nabojem međusobno djeluju odbojnom silom, a čestice ili tijela nabijena raznoimenim električnim nabojem se privlače.

$$\left. \begin{aligned} F_{23} &= k \cdot \frac{Q_2 \cdot Q_3}{a^2} \\ F_{13} &= k \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_3}{(a \cdot \sqrt{2})^2} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \left. \begin{aligned} F_{23} &= 9 \cdot 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2} \cdot \frac{2 \cdot 10^{-6} C \cdot 5 \cdot 10^{-6} C}{(0.1 m)^2} \\ F_{13} &= 9 \cdot 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2} \cdot \frac{5 \cdot 10^{-6} C \cdot 5 \cdot 10^{-6} C}{(0.1 \cdot \sqrt{2} m)^2} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \left. \begin{aligned} F_{23} &= 9 N \\ F_{13} &= 11.25 N \end{aligned} \right\}$$



Promatrajmo trokut čije su stranice F , F_{13} i F_{23} , a jedan unutarnji kut 45° . Pomoću kosinusa poučka dobije se:

$$\begin{aligned} F^2 &= F_{13}^2 + F_{23}^2 - 2 \cdot F_{13} \cdot F_{23} \cdot \cos 45^\circ \Rightarrow F^2 = F_{13}^2 + F_{23}^2 - 2 \cdot F_{13} \cdot F_{23} \cdot \cos 45^\circ \quad / \sqrt{} \Rightarrow \\ \Rightarrow F &= \sqrt{F_{13}^2 + F_{23}^2 - 2 \cdot F_{13} \cdot F_{23} \cdot \cos 45^\circ} = \sqrt{(11.25 N)^2 + (9 N)^2 - 2 \cdot 11.25 N \cdot 9 N \cdot \cos 45^\circ} = \\ &= \text{DEG} = 8.02 N. \end{aligned}$$

Vježba 291

Odmor!

Rezultat: ...

Zadatak 292 (Filip, gimnazija)

Tri točkasta naboja postavljena su na kružnici polumjera 4 cm tako da su međusobne udaljenosti naboja jednake. Koliki je iznos jakosti električnog polja u središtu kružnice ako su dva naboja pozitivna, a treći je negativan? Svaki od tri naboja je po apsolutnoj vrijednosti jednak $6.67 \cdot 10^{-9} C$.

A. $9.5 \cdot 10^2 \frac{V}{m}$ B. $1.5 \cdot 10^6 \frac{V}{m}$ C. $8.5 \cdot 10^3 \frac{V}{m}$ D. $7.5 \cdot 10^4 \frac{V}{m}$ E. $3.5 \cdot 10^5 \frac{V}{m}$

Rješenje 292

$$r = 4 \text{ cm} = 0.04 \text{ m}, \quad Q_1 = Q_2 = 6.67 \cdot 10^{-9} C, \quad Q_3 = -6.67 \cdot 10^{-9} C, \quad E = ?$$

F = ?

Ako je izvor električnog polja točkasta množina naboja Q smještena u praznini, onda je jakost električnog polja u nekoj točki polja na udaljenosti r od naboja dana (prema Coulombovu zakonu) izrazom

$$E = k \cdot \frac{Q}{r^2},$$

gdje je

$$k = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0} \approx 9 \cdot 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}.$$

Pozitivni su naboji izvori električnog polja. Negativni naboji su ponori električnog polja.

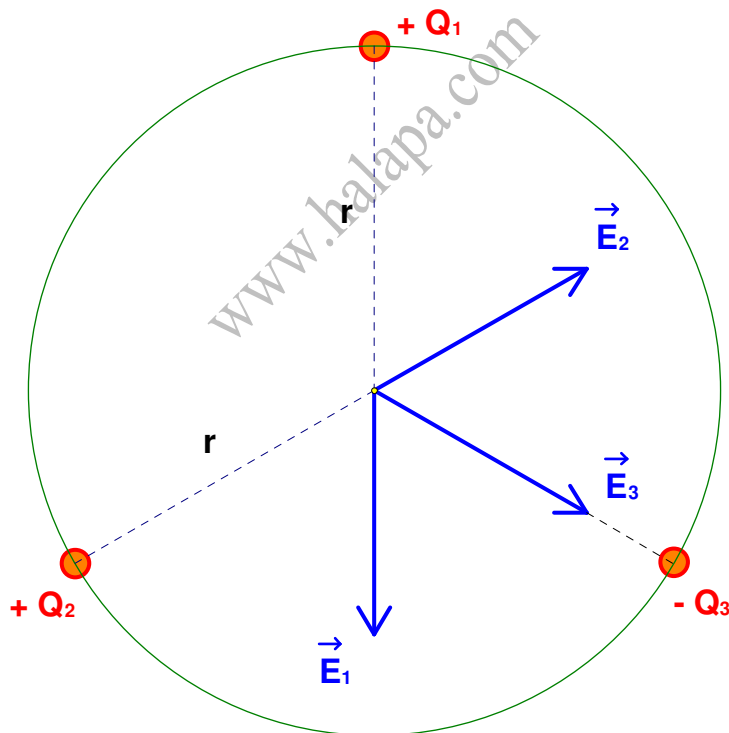
Orijentacija vektora jakosti električnog polja \vec{E} ovisi o predznaku naboja Q. Za pozitivni naboj polje je usmjereno radijalno od naboja, a za negativni radijalno prema naboju.

Svaki je naboj okružen električnim poljem. Električno polje je prostor oko električno nabijenog tijela u kojem se očituje djelovanje sile. To je **vektorsko polje**. Kada polje stvaraju dva točkasta naboja Q_1 i Q_2 (ili više naboja) onda vrijedi **načelo superpozicije**. Ukupno polje tih naboja u proizvoljnoj točki S prostora dobije se kao vektorski zbroj pojedinih polja.

Trokut je dio ravnine omeđen s tri dužine. Te dužine zovemo stranice trokuta.

Nasuprot jednakim stranicama trokuta nalaze se jednaki kutovi.

Jednakostraničan trokut je trokut koji ima sve tri stranice jednake duljine i tri jednaka kuta ($\alpha = 60^\circ$).



Izračunajmo jakosti električnih polja E_1 , E_2 , E_3 naboja Q_1 , Q_2 , Q_3 u središtu kružnice polumjera r.

$$E_1 = k \cdot \frac{Q_1}{r^2} = 9 \cdot 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2} \cdot \frac{6.67 \cdot 10^{-9} C}{(0.04 m)^2} = 3.75 \cdot 10^4 \frac{V}{m},$$

$$E_2 = k \cdot \frac{Q_2}{r^2} = 9 \cdot 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2} \cdot \frac{6.67 \cdot 10^{-9} C}{(0.04 m)^2} = 3.75 \cdot 10^4 \frac{V}{m},$$

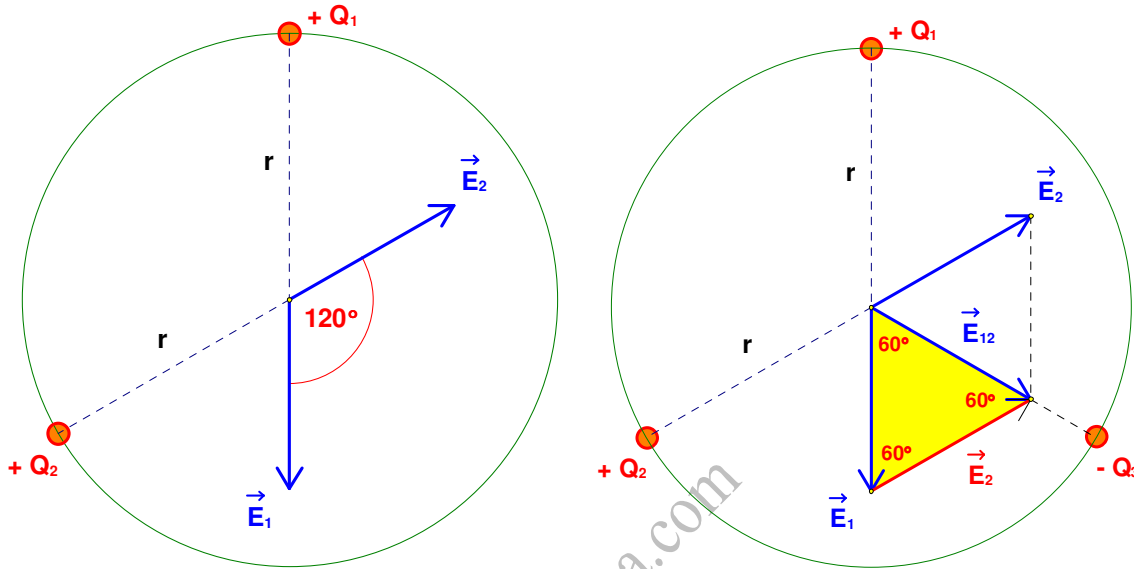
$$E_3 = k \cdot \frac{Q_3}{r^2} = 9 \cdot 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2} \cdot \frac{6.67 \cdot 10^{-9} C}{(0.04 m)^2} = 3.75 \cdot 10^4 \frac{V}{m}$$

Dakle,

$$E_1 = E_2 = E_3.$$

Najprije izračunamo zbroj vektora

$$\vec{E}_1 + \vec{E}_2.$$



Iz jednakostraničnog trokuta slijedi:

$$E_{12} = E_1 = E_2 = 3.75 \cdot 10^4 \frac{V}{m}$$

Iznos jakosti električnog polja u središtu kružnice je

$$\begin{aligned} [\text{vektorski zapis}] &\Rightarrow \vec{E} = \vec{E}_{12} + \vec{E}_3 \Rightarrow [\text{skalarni zapis}] \Rightarrow E = E_{12} + E_3 = \\ &= 3.75 \cdot 10^4 \frac{V}{m} + 3.75 \cdot 10^4 \frac{V}{m} = 7.5 \cdot 10^4 \frac{V}{m}. \end{aligned}$$

Odgovor je pod D.

Vježba 292

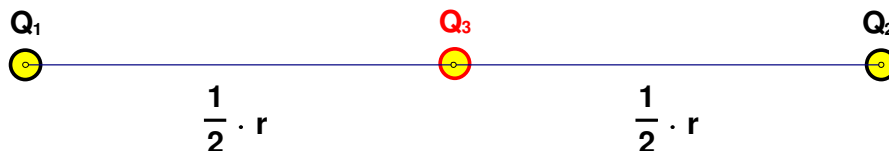
Tri točkasta naboja postavljena su na kružnici polumjera 4 cm tako da su međusobne udaljenosti naboja jednake. Koliki je iznos jakosti električnog polja u središtu kružnice ako su sva tri naboja pozitivna? Svaki od tri naboja je po apsolutnoj vrijednosti jednak $6.67 \cdot 10^{-9} C$.

A. $1.5 \cdot 10^2 \frac{V}{m}$ B. $1.5 \cdot 10^3 \frac{V}{m}$ C. $1.5 \cdot 10^4 \frac{V}{m}$ D. $0 \frac{V}{m}$ E. $2 \cdot 10^2 \frac{V}{m}$

Rezultat: D.

Zadatak 293 (Mihael, gimnazija)

Odredite rezultantnu silu na naboj Q_3 , prikazan na slici. Zadane su vrijednosti $Q_1 = 2.2 \mu C$, $Q_2 = 2.3 \mu C$ i $Q_3 = 1 \mu C$, $r = 4 cm$.



Rješenje 293

$$Q_1 = 2.2 \mu\text{C} = 2.2 \cdot 10^{-6} \text{ C}, \quad Q_2 = 2.3 \mu\text{C} = 2.3 \cdot 10^{-6} \text{ C}, \quad Q_3 = 1 \mu\text{C} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ C},$$
$$r = 4 \text{ cm} = 0.04 \text{ m}, \quad F = ?$$

Elektrostatska sila između dvaju točkastih nabijenih tijela razmjerna je umnošku njihovih naboja Q_1 i Q_2 , a obrnuto razmjerna kvadratu njihove udaljenosti.

Elektrostatska sila između dvaju točkastih naboja (Coulombov zakon) dana je relacijom:

$$F = k \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2},$$

gdje su Q_1 i Q_2 naboji, r njihova međusobna udaljenost, k konstanta u vakuumu (a praktično i u zraku).

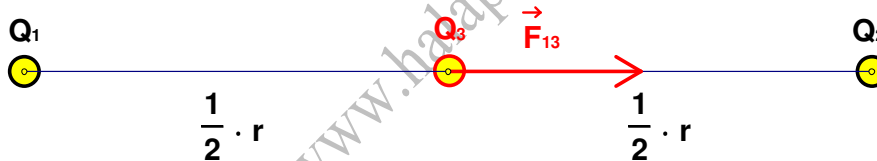
$$k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}.$$

Čestice ili fizikalna tijela nabijena istoimenim električnim nabojem međusobno djeluju odbojnom silom, a čestice ili tijela nabijena raznoimenim električnim nabojem se privlače.

Odredimo iznos sile kojom:

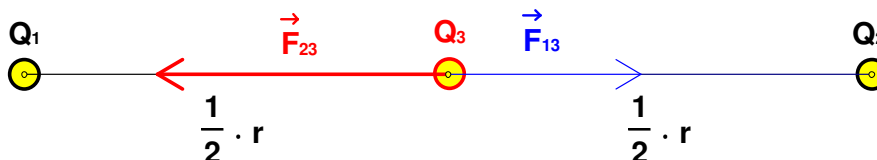
- naboj Q_1 djeluje na naboj Q_3 (sila je odbojna jer su naboji istoimeni)

$$F_{13} = k \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_3}{\left(\frac{1}{2} \cdot r\right)^2} = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \cdot \frac{2.2 \cdot 10^{-6} \text{ C} \cdot 1 \cdot 10^{-6} \text{ C}}{\left(\frac{1}{2} \cdot 0.04 \text{ m}\right)^2} =$$
$$= 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \cdot \frac{2.2 \cdot 10^{-6} \text{ C} \cdot 1 \cdot 10^{-6} \text{ C}}{(0.02 \text{ m})^2} = 49.5 \text{ N}$$



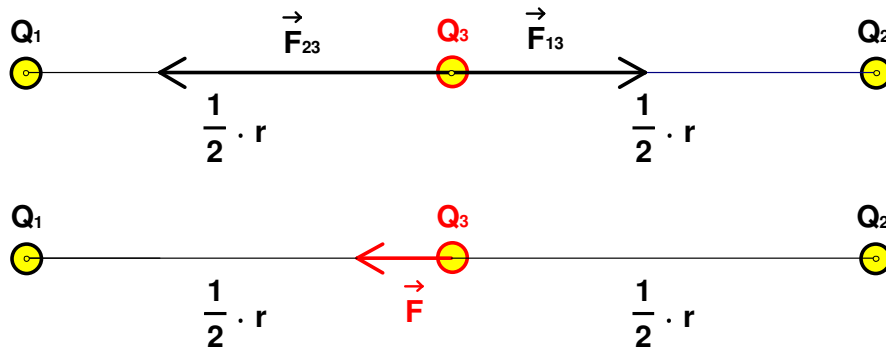
- naboj Q_2 djeluje na naboj Q_3 (sila je odbojna jer su naboji istoimeni)

$$F_{23} = k \cdot \frac{Q_2 \cdot Q_3}{\left(\frac{1}{2} \cdot r\right)^2} = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \cdot \frac{2.3 \cdot 10^{-6} \text{ C} \cdot 1 \cdot 10^{-6} \text{ C}}{\left(\frac{1}{2} \cdot 0.04 \text{ m}\right)^2} =$$
$$= 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \cdot \frac{2.3 \cdot 10^{-6} \text{ C} \cdot 1 \cdot 10^{-6} \text{ C}}{(0.02 \text{ m})^2} = 51.75 \text{ N}.$$



Rezultantna sila F na naboj Q_3 jednaka je razlici sila F_{23} i F_{13} i orijentirana je prema naboju Q_1 ,

$$F = F_{23} - F_{13} = 51.75 \text{ N} - 49.5 \text{ N} = 2.25 \text{ N}.$$



Vježba 293

Odmor!

Rezultat: ...

Zadatak 294 (Mihael, gimnazija)

Naboj od $-3 \mu\text{C}$ učvršćen je na neko mjesto u prostoru. S udaljenosti od 5.4 cm početnom brzinom od 65 m/s izravno prema tom naboju ispaljena je čestica mase 7.5 g i naboja $-8 \mu\text{C}$. Koliki put će prijeći čestica prije nego što njezina brzina padne na nulu?

Rješenje 294

$$Q_1 = -3 \mu\text{C} = -3 \cdot 10^{-6} \text{ C}, \quad d = 5.4 \text{ cm} = 5.4 \cdot 10^{-2} \text{ m}, \quad v_0 = 65 \text{ m/s}, \quad m = 7.5 \text{ g} = 7.5 \cdot 10^{-3} \text{ kg}, \quad Q_2 = -8 \mu\text{C} = -8 \cdot 10^{-6} \text{ C}, \quad v = 0, \quad s = ?$$

Za jednoliko usporeno pravocrtno gibanje sa početnom brzinom v_0 vrijedi formula za konačnu brzinu v :

$$v^2 = v_0^2 - 2 \cdot a \cdot s.$$

Drugi Newtonov poučak: Ako na tijelo djeluje stalna sila u smjeru njegovog gibanja, tijelo ima akceleraciju koja je proporcionalna sili, a obrnuto proporcionalna masi tijela te ima isti smjer kao i sila.

$$a = \frac{F}{m} \Rightarrow F = m \cdot a.$$

Elektrostatska sila između dvaju točkastih nabijenih tijela razmjerna je umnošku njihovih naboja Q_1 i Q_2 , a obrnuto razmjerna kvadratu njihove udaljenosti.

Elektrostatska sila između dvaju točkastih naboja (Coulombov zakon) dana je relacijom:

$$F = k \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2},$$

gdje su Q_1 i Q_2 naboji, r njihova međusobna udaljenost, k konstanta u vakuumu (a praktično i u zraku).

$$k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}.$$

Čestice ili fizikalna tijela nabijena istoimenim električnim nabojem međusobno djeluju odbojnom silom, a čestice ili tijela nabijena raznoimenim električnim nabojem se privlače.

Naboji su istoimeni, Coulombova sila je odbojna i čestica se usporava akceleracijom a . Budući da se razmak između naboja i čestice smanjuje iznos sile postaje sve veći. Vrijedi:

$$m \cdot a = k \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{(d-s)^2} \Rightarrow m \cdot a = k \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{(d-s)^2} \cdot \frac{1}{m} \Rightarrow a = k \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{m \cdot (d-s)^2} \Rightarrow$$

$$a = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{3 \cdot 10^{-6} \cdot 8 \cdot 10^{-6}}{7.5 \cdot 10^{-3} \cdot (d-s)^2} \Rightarrow a = \frac{28.8}{(d-s)^2}.$$

Nakon prijednog puta s čestica se zaustavila.

$$v^2 = v_0^2 - 2 \cdot a \cdot s \Rightarrow \left[v = 0 \frac{m}{s} \right] \Rightarrow 0 = v_0^2 - 2 \cdot a \cdot s \Rightarrow 2 \cdot a \cdot s = v_0^2 \Rightarrow 2 \cdot a \cdot s = v_0^2 \cdot \frac{1}{2 \cdot a} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow s = \frac{v_0^2}{2 \cdot a} \Rightarrow \left[a = \frac{28.8}{(d-s)^2} \right] \Rightarrow s = \frac{v_0^2}{2 \cdot \frac{28.8}{(d-s)^2}} \Rightarrow s = \frac{v_0^2 \cdot (d-s)^2}{2 \cdot 28.8} \Rightarrow s = \frac{65^2 \cdot (d-s)^2}{57.6} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow s = 73.35 \cdot (d-s)^2.$$

Treba riješiti kvadratnu jednadžbu.

$$s = 73.35 \cdot (d-s)^2 \Rightarrow s = 73.35 \cdot (d^2 - 2 \cdot d \cdot s + s^2) \Rightarrow s = 73.35 \cdot d^2 - 146.7 \cdot d \cdot s + 73.35 \cdot s^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 73.35 \cdot d^2 - 146.7 \cdot d \cdot s + 73.35 \cdot s^2 = s \Rightarrow 73.35 \cdot d^2 - 146.7 \cdot d \cdot s + 73.35 \cdot s^2 - s = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 73.35 \cdot s^2 - 146.7 \cdot d \cdot s - s + 73.35 \cdot d^2 = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 73.35 \cdot s^2 - 146.7 \cdot 5.4 \cdot 10^{-2} \cdot s - s + 73.35 \cdot (5.4 \cdot 10^{-2})^2 = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 73.35 \cdot s^2 - 7.9218 \cdot s - s + 0.2139 = 0 \Rightarrow 73.35 \cdot s^2 - 8.9218 \cdot s + 0.2139 = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \left. \begin{array}{l} 73.35 \cdot s^2 - 8.9218 \cdot s + 0.2139 = 0 \\ a = 73.35, b = -8.9218, c = 0.2139 \end{array} \right\} \Rightarrow s_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c}}{2 \cdot a} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \left[\text{malo bolje} \right] \Rightarrow s = 0.033 \text{ m} \Rightarrow s = 3.3 \text{ cm.}$$

Napomena!

Zbog jednostavnosti tijekom računanja nismo pisali mjerne jedinice. Jasno, u rezultatu **obvezatno** mora se napisati mjerna jedinica.

Vježba 294

Odmor!

Rezultat: ...

Zadatak 295 (Mihael, gimnazija)

Alfa čestica ispaljena je prema jezgri uranija ^{92}U . Kolikom razlikom potencijala mora biti ubrzana α – čestica kako bi se pri direktnom približavanju jezgri zaustavila na 1 nm od središta jezgre? (elementarni naboj je $|Q| = e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$)

Rješenje 295

$$Q_1 = 2 \cdot e \text{ naboj } \alpha \text{ – čestice (jezgra od } \frac{4}{2}\text{He), } \quad Q_2 = 92 \cdot e \text{ naboj uranove jezgre,}$$

$$r = 1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}, \quad U = ?$$

Elektrostatska sila između dvaju točkastih nabijenih tijela razmjerna je umnošku njihovih naboja Q_1 i Q_2 , a obrnuto razmjerna kvadratu njihove udaljenosti.

Elektrostatska sila između dvaju točkastih naboja (Coulombov zakon) dana je relacijom:

$$F = k \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2},$$

gdje su Q_1 i Q_2 naboji, r njihova međusobna udaljenost, k konstanta u vakuumu (a praktično i u zraku).

$$k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}.$$

Čestice ili fizikalna tijela nabijena istoimenim električnim nabojem međusobno djeluju odbojnom silom, a čestice ili tijela nabijena raznoimenim električnim nabojem se privlače.
Razlika potencijala između dviju točaka u električnom polju ili mreži naziva se napon.

$$U = \varphi_1 - \varphi_2.$$

Električno polje je stanje u prostoru koje se očituje silama na naboje. Električno polje je vektorska veličina. U točki prostora polje jakosti \vec{E} djeluje na naboj Q silom

$$\vec{F} = Q \cdot \vec{E}$$

ili u skalarnom zapisu

$$F = Q \cdot E.$$

Polje između dviju nabijenih paralelnih ploča udaljenih d između kojih je napon U ima svuda jednaku jakost i paralelne silnice, a naziva se homogeno polje.

$$E = \frac{U}{d}.$$

Alfa-čestica ili α -čestica je jezgra atoma helija složena od dvaju protona i dvaju neutrona. Uranij (po planetu Uranu), simbol U radioaktivni kemijski element (atomski broj 92, relativna atomska masa 238.029).

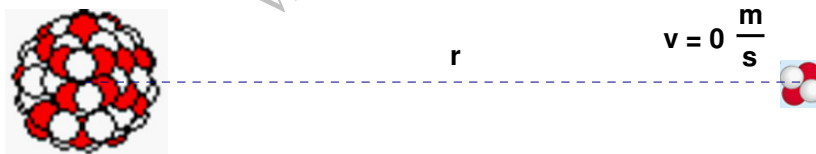
U točki prostora na udaljenosti r polje jezgre urana djeluje na naboj Q_1 (α -česticu) silom

$$F = Q_1 \cdot E \Rightarrow F = Q_1 \cdot \frac{U}{d}.$$

Da bi se čestica zaustavila sila F mora po iznosu biti jednaka Coulombovoj sili.

$$Q_1 \cdot \frac{U}{r} = k \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2} \Rightarrow Q_1 \cdot \frac{U}{r} = k \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2} \Rightarrow U = k \cdot \frac{Q_2}{r} \Rightarrow U = k \cdot \frac{92 \cdot e}{r} =$$

$$= 9 \cdot 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2} \cdot \frac{92 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} C}{10^{-9} m} = 132.48 V.$$



Vježba 295

Odmor!

Rezultat: ...

Zadatak 296 (Maturant, gimnazija)

Pločasti se kondenzator sastoji od dvije ravne usporedne ploče kružnog oblika. Razmak između ploča je 1 cm. Ako je između ploča zrak, kapacitet je kondenzatora 43 pF. Koliki je promjer ploča kondenzatora?

Rješenje 296

$$s = 1 \text{ cm} = 0.01 \text{ m}, \quad C = 43 \text{ pF} = 4.3 \cdot 10^{-11} \text{ F}, \quad d = ?$$

Krug je skup svih točaka ravnine kojima je udaljenost od zadane točke S manja ili jednaka zadanom broju $r > 0$ (polumjeru kruga).

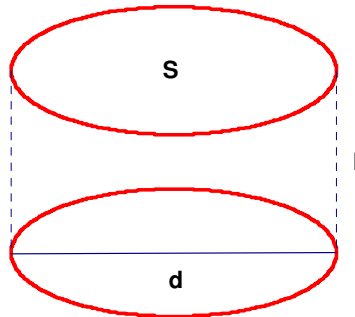
Ploština kruga promjera d iznosi:

$$S = \frac{d^2 \cdot \pi}{4}.$$

Kapacitet pločastog kondenzatora upravo je razmjernan površini S jedne ploče, a obrnuto razmjernan udaljenosti d između ploča:

$$C = \epsilon_r \cdot \epsilon_0 \cdot \frac{S}{d},$$

gdje je konstanta $\epsilon_0 = 8.854 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2 / (\text{N} \cdot \text{m}^2)$, ϵ_r relativna permitivnost sredstva (u vakuumu $\epsilon_r = 1$, u zraku $\epsilon_r \approx 1$).



$$\left. \begin{aligned} S &= \frac{d^2 \cdot \pi}{4} \\ C &= \epsilon_r \cdot \epsilon_0 \cdot \frac{S}{l} \end{aligned} \right\} \Rightarrow [\epsilon_r = 1] \Rightarrow C = \epsilon_0 \cdot \frac{d^2 \cdot \pi}{4 \cdot l} \Rightarrow C = \epsilon_0 \cdot \frac{d^2 \cdot \pi}{4 \cdot \frac{l}{1}} \Rightarrow C = \epsilon_0 \cdot \frac{d^2 \cdot \pi}{4 \cdot l} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \epsilon_0 \cdot \frac{d^2 \cdot \pi}{4 \cdot l} = C \Rightarrow \epsilon_0 \cdot \frac{d^2 \cdot \pi}{4 \cdot l} = C \cdot \frac{4 \cdot l}{\epsilon_0 \cdot \pi} \Rightarrow d^2 = \frac{4 \cdot C \cdot l}{\epsilon_0 \cdot \pi} \Rightarrow d^2 = \frac{4 \cdot C \cdot l}{\epsilon_0 \cdot \pi} \sqrt{} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow d = \sqrt{\frac{4 \cdot C \cdot l}{\epsilon_0 \cdot \pi}} \Rightarrow d = 2 \cdot \sqrt{\frac{C \cdot l}{\epsilon_0 \cdot \pi}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{4.3 \cdot 10^{-11} \text{ F} \cdot 0.01 \text{ m}}{8.854 \cdot 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{N} \cdot \text{m}^2} \cdot \pi}} = 0.25 \text{ m} = 25 \text{ cm}.$$

Vježba 296

Pločasti se kondenzator sastoji od dvije ravne usporedne ploče kružnog oblika. Razmak između ploča je 0.5 cm. Ako je između ploča zrak, kapacitet je kondenzatora 86 pF. Koliki je promjer ploča kondenzatora?

Rezultat: 25 cm.

Zadatak 297 (Maturant, gimnazija)

Pločasti kondenzator nabijen je na 1000 V. Razmak ploča je 1 cm, masa elektrona $9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, a naboj elektrona $1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$. Koliko je vrijeme potrebno da elektron prijeđe put od negativne do pozitivne ploče ako mu je početna brzina nula?

Rješenje 297

$$U = 1000 \text{ V}, \quad d = 1 \text{ cm} = 0.01 \text{ m}, \quad m = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}, \quad Q = e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C},$$

$$t = ?$$

Električno polje je stanje u prostoru koje se očituje silama na naboje. Električno polje je vektorska veličina. U točki prostora polje jakosti \vec{E} djeluje na naboj Q silom

$$\vec{F} = Q \cdot \vec{E}$$

ili u skalarnom zapisu

$$F = Q \cdot E.$$

Polje između dviju nabijenih paralelnih ploča udaljenih d između kojih je napon U ima svuda jednaku jakost i paralelne silnice, a naziva se homogeno polje.

$$E = \frac{U}{d}$$

Drugi Newtonov poučak: Ako na tijelo djeluje stalna sila u smjeru njegova gibanja, tijelo ima akceleraciju koja je proporcionalna sili, a obrnuto proporcionalna masi tijela te ima isti smjer kao i sila.

$$a = \frac{F}{m} \Rightarrow F = m \cdot a$$

Jednoliko ubrzano gibanje duž puta s jest gibanje za koje vrijedi izraz

$$s = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2,$$

gdje je s put tijela pošto se pokrenulo iz mirovanja i gibalo jednoliko ubrzano akceleracijom a za vrijeme t.

Na elektron djeluje električno polje silom koja ga ubrzava akceleracijom a.

$$\left. \begin{aligned} F &= m \cdot a \\ F &= Q \cdot E \end{aligned} \right\} \Rightarrow m \cdot a = Q \cdot E \Rightarrow m \cdot a = e \cdot E \Rightarrow \left[E = \frac{U}{d} \right] \Rightarrow m \cdot a = e \cdot \frac{U}{d} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m \cdot a = e \cdot \frac{U}{d} / \cdot \frac{1}{m} \Rightarrow a = \frac{e \cdot U}{m \cdot d}$$

Vrijeme t određuje se pomoću pomaka d.

$$d = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 \Rightarrow \left[a = \frac{e \cdot U}{m \cdot d} \right] \Rightarrow d = \frac{1}{2} \cdot \frac{e \cdot U}{m \cdot d} \cdot t^2 \Rightarrow \frac{1}{2} \cdot \frac{e \cdot U}{m \cdot d} \cdot t^2 = d \Rightarrow \frac{1}{2} \cdot \frac{e \cdot U}{m \cdot d} \cdot t^2 = d / \cdot \frac{2 \cdot m \cdot d}{e \cdot U} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow t^2 = \frac{2 \cdot m \cdot d^2}{e \cdot U} \Rightarrow t^2 = \frac{2 \cdot m \cdot d^2}{e \cdot U} / \sqrt{\quad} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2 \cdot m \cdot d^2}{e \cdot U}} \Rightarrow t = d \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot m}{e \cdot U}}$$

$$= 0.01 \text{ m} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}}{1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 1000 \text{ V}}} = 1.07 \cdot 10^{-9} \text{ s} = 1.07 \text{ ns.}$$

Vježba 297

Pločasti kondenzator nabijen je na 4000 V. Razmak ploča je 2 cm, masa elektrona $9.11 \cdot 10^{-31}$ kg, a naboj elektrona $1.602 \cdot 10^{-19}$ C. Koliko je vrijeme potrebno da elektron prijeđe put od negativne do pozitivne ploče ako mu je početna brzina nula?

Rezultat: 1.07 ns.

Zadatak 298 (Maturant, gimnazija)

Elektron uleti u homogeno električno polje u vakuumu i giba se u smjeru električnih silnica. Nakon kojeg vremena će njegova brzina biti jednaka nuli ako je jakost polja 100 N/C, a početna brzina elektrona $2 \cdot 10^3$ km/s? (masa elektrona $m = 9.11 \cdot 10^{-31}$ kg, naboj elektrona $e = 1.602 \cdot 10^{-19}$ C)

Rješenje 298

$$E = 100 \text{ N/C}, \quad v_0 = 2 \cdot 10^3 \text{ km/s} = 2 \cdot 10^6 \text{ m/s}, \quad m = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg},$$

$$Q = e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}, \quad v = 0 \text{ m/s}, \quad t = ?$$

Električno polje je stanje u prostoru koje se očituje silama na naboje. Električno polje je vektorska veličina. U točki prostora polje jakosti \vec{E} djeluje na naboj Q silom

$$\vec{F} = Q \cdot \vec{E}$$

ili u skalarnom zapisu

$$F = Q \cdot E.$$

Drugi Newtonov poučak: Ako na tijelo djeluje stalna sila u smjeru njegova gibanja, tijelo ima akceleraciju koja je proporcionalna sili, a obrnuto proporcionalna masi tijela te ima isti smjer kao i

sila.

$$a = \frac{F}{m} \Rightarrow F = m \cdot a.$$

Za jednoliko usporeno pravocrtno gibanje s početnom brzinom v_0 vrijedi formula za konačnu brzinu v :

$$v = v_0 - a \cdot t,$$

gdje je v brzina za tijelo pošto se počelo usporavati i gibati jednoliko usporeno akceleracijom a za vrijeme t .

Na elektron djeluje električno polje silom koja ga usporava akceleracijom a .

$$\left. \begin{array}{l} F = m \cdot a \\ F = Q \cdot E \end{array} \right\} \Rightarrow m \cdot a = Q \cdot E \Rightarrow m \cdot a = e \cdot E \Rightarrow m \cdot a = e \cdot E \cdot \frac{1}{m} \Rightarrow a = \frac{e \cdot E}{m}.$$

Iz formule za brzinu pri jednoliko usporenom gibanju izračunamo vrijeme t .

$$\begin{aligned} v = v_0 - a \cdot t \Rightarrow [v = 0] \Rightarrow 0 = v_0 - a \cdot t \Rightarrow a \cdot t = v_0 \Rightarrow \left[a = \frac{e \cdot E}{m} \right] \Rightarrow \frac{e \cdot E}{m} \cdot t = v_0 \Rightarrow \\ \Rightarrow \frac{e \cdot E}{m} \cdot t = v_0 \cdot \frac{m}{e \cdot E} \Rightarrow t = \frac{m \cdot v_0}{e \cdot E} = \frac{9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \cdot 2 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 100 \frac{\text{N}}{\text{C}}} = 1.14 \cdot 10^{-7} \text{ s}. \end{aligned}$$

Vježba 298

Elektron uleti u homogeno električno polje u vakuumu i giba se u smjeru električnih silnica. Nakon kojeg vremena će njegova brzina biti jednaka nuli ako je jakost polja 200 N/C , a početna brzina elektrona $4 \cdot 10^3 \text{ km/s}$? (masa elektrona $m = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, naboj elektrona $e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$)

Rezultat: $1.14 \cdot 10^{-7} \text{ s}$.

Zadatak 299 (Maturant, gimnazija)

Napon od 250 V priključen je na ploče kondenzatora razmaknute 1 cm . Paralelno među ploče ulijeće snop elektrona ($m = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, $e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$) i na putu od 5 cm otkloni se za 1 mm . Kolika je srednja brzina elektrona?

Rješenje 299

$$\begin{aligned} U = 250 \text{ V}, \quad d = 1 \text{ cm} = 0.01 \text{ m}, \quad m = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}, \quad Q = e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}, \\ s = 5 \text{ cm} = 0.05 \text{ m}, \quad x = 1 \text{ mm} = 0.001 \text{ m}, \quad v = ? \end{aligned}$$

Jednoliko pravocrtno gibanje duž puta s jest gibanje pri kojem vrijedi izraz

$$s = v \cdot t \Rightarrow t = \frac{s}{v},$$

gdje je v stalna, konstantna brzina kojom se tijelo giba.

Jednoliko ubrzano gibanje duž puta s jest gibanje za koje vrijedi izraz

$$s = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2,$$

gdje je s put tijela pošto se pokrenulo iz mirovanja i gibalo jednoliko ubrzano akceleracijom a za vrijeme t .

Električno polje je stanje u prostoru koje se očituje silama na naboje. Električno polje je vektorska veličina. U točki prostora polje jakosti \vec{E} djeluje na naboj Q silom

$$\vec{F} = Q \cdot \vec{E}$$

ili u skalarnom zapisu

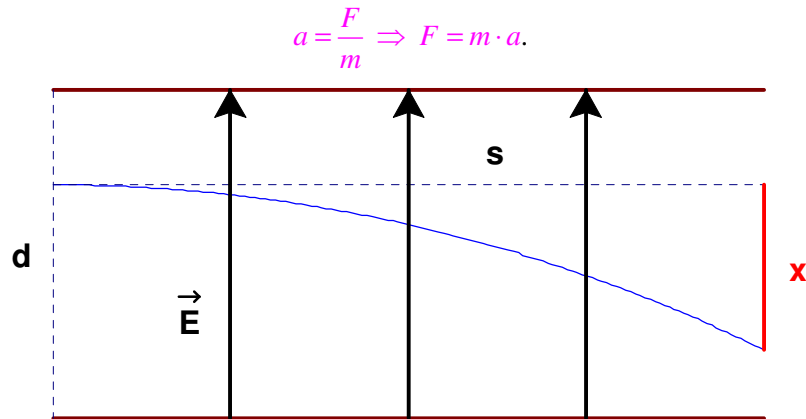
$$F = Q \cdot E.$$

Polje između dviju nabijenih paralelnih ploča udaljenih d između kojih je napon U ima svuda jednaku

jakost i paralelne silnice, a naziva se homogeno polje.

$$E = \frac{U}{d}.$$

Drugi Newtonov poučak: Ako na tijelo djeluje stalna sila u smjeru njegova gibanja, tijelo ima akceleraciju koja je proporcionalna sili, a obrnuto proporcionalna masi tijela te ima isti smjer kao i sila.



Na snop elektrona djeluje električno polje silom koja ga ubrzava akceleracijom a .

$$\left. \begin{aligned} F &= m \cdot a \\ F &= Q \cdot E \end{aligned} \right\} \Rightarrow m \cdot a = Q \cdot E \Rightarrow m \cdot a = e \cdot E \Rightarrow \left[E = \frac{U}{d} \right] \Rightarrow m \cdot a = e \cdot \frac{U}{d} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m \cdot a = e \cdot \frac{U}{d} \cdot \frac{1}{m} \Rightarrow a = \frac{e \cdot U}{m \cdot d}.$$

Horizontalna komponenta brzine ostaje stalna. Za vrijeme t elektroni prijeđu put s , a snop se otkloni za x . Horizontalna komponenta brzine je

$$v = \frac{s}{t}.$$

Izrazimo vrijeme t pomoću otklona x , tj.

$$x = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 \Rightarrow \left[\begin{aligned} a &= \frac{e \cdot U}{m \cdot d} \\ t &= \frac{s}{v} \end{aligned} \right] \Rightarrow x = \frac{1}{2} \cdot \frac{e \cdot U}{m \cdot d} \cdot \left(\frac{s}{v} \right)^2 \Rightarrow x = \frac{1}{2} \cdot \frac{e \cdot U}{m \cdot d} \cdot \left(\frac{s}{v} \right)^2 \cdot \frac{2 \cdot m \cdot d}{e \cdot E} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{2 \cdot x \cdot m \cdot d}{e \cdot U} = \left(\frac{s}{v} \right)^2 \Rightarrow \left(\frac{s}{v} \right)^2 = \frac{2 \cdot x \cdot m \cdot d}{e \cdot U} \Rightarrow \left(\frac{s}{v} \right)^2 = \frac{2 \cdot x \cdot m \cdot d}{e \cdot U} \cdot \sqrt{} \Rightarrow \frac{s}{v} = \sqrt{\frac{2 \cdot x \cdot m \cdot d}{e \cdot U}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \left[\frac{a}{b} = \frac{c}{d} \Rightarrow \frac{b}{a} = \frac{d}{c} \right] \Rightarrow \frac{v}{s} = \sqrt{\frac{e \cdot U}{2 \cdot x \cdot m \cdot d}} \Rightarrow \frac{v}{s} = \sqrt{\frac{e \cdot U}{2 \cdot x \cdot m \cdot d}} \cdot s \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v = s \cdot \sqrt{\frac{e \cdot U}{2 \cdot x \cdot m \cdot d}} = 0.05 \text{ m} \cdot \sqrt{\frac{1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 250 \text{ V}}{2 \cdot 0.001 \text{ m} \cdot 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \cdot 0.01 \text{ m}}}$$

$$= 74130525.41 \frac{\text{m}}{\text{s}} \approx 7.41 \cdot 10^7 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

Vježba 299

Napon od 500 V priključen je na ploče kondenzatora razmaknute 2 cm. Paralelno među ploče ulijeće snop elektrona ($m = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, $e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$) i na putu od 5 cm otkloni se za 1 mm. Kolika je srednja brzina elektrona?

Rezultat: $7.41 \cdot 10^7 \text{ m/s}$.

Zadatak 300 (Maturant, gimnazija)

U homogeno električno polje jakosti 4000 V/m uleti okomito na silnice polja elektron brzinom 6000 km/s . Za koliko će elektron skrenuti od svog početnog smjera pošto je u polju prešao put od 10 cm ? (masa elektrona $m = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, naboj elektrona $e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$)

Rješenje 300

$$E = 4000 \text{ V/m}, \quad v = 6000 \text{ km/s} = 6 \cdot 10^6 \text{ m/s}, \quad s = 10 \text{ cm} = 0.1 \text{ m}, \\ m = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}, \quad Q = e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}, \quad x = ?$$

Jednoliko pravocrtno gibanje duž puta s jest gibanje pri kojem vrijedi izraz

$$s = v \cdot t \Rightarrow t = \frac{s}{v},$$

gdje je v stalna, konstantna brzina kojom se tijelo giba.

Jednoliko ubrzano gibanje duž puta s jest gibanje za koje vrijedi izraz

$$s = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2,$$

gdje je s put tijela pošto se pokrenulo iz mirovanja i gibalo jednoliko ubrzano akceleracijom a za vrijeme t .

Električno polje je stanje u prostoru koje se očituje silama na naboje. Električno polje je vektorska veličina. U točki prostora polje jakosti \vec{E} djeluje na naboj Q silom

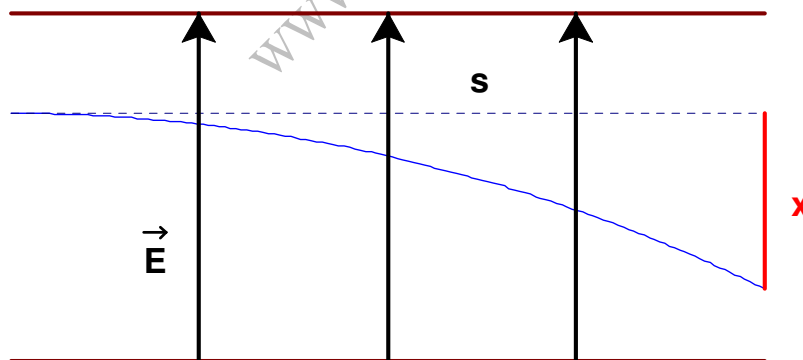
$$\vec{F} = Q \cdot \vec{E}$$

ili u skalarnom zapisu

$$F = Q \cdot E.$$

Drugi Newtonov poučak: Ako na tijelo djeluje stalna sila u smjeru njegova gibanja, tijelo ima akceleraciju koja je proporcionalna sili, a obrnuto proporcionalna masi tijela te ima isti smjer kao i sila.

$$a = \frac{F}{m} \Rightarrow F = m \cdot a.$$



Na elektron djeluje električno polje silom koja ga ubrzava akceleracijom a .

$$\left. \begin{array}{l} F = m \cdot a \\ F = Q \cdot E \end{array} \right\} \Rightarrow m \cdot a = Q \cdot E \Rightarrow m \cdot a = e \cdot E \Rightarrow m \cdot a = e \cdot E \cdot \frac{1}{m} \Rightarrow a = \frac{e \cdot E}{m}.$$

Horizontalna komponenta brzine ostaje stalna. Za vrijeme t elektron prijeđe put s i otkloni se za x . Horizontalna komponenta brzine je

$$v = \frac{s}{t}$$

pa je otklon elektrona jednak

$$x = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 \Rightarrow \left[a = \frac{e \cdot E}{m}, \quad t = \frac{s}{v} \right] \Rightarrow x = \frac{1}{2} \cdot \frac{e \cdot E}{m} \cdot \left(\frac{s}{v} \right)^2 =$$

$$= \frac{1}{2} \cdot \frac{1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 4000 \frac{\text{V}}{\text{m}}}{9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}} \cdot \left(\frac{0.1 \text{ m}}{6 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}} \right)^2 = 0.0977 \text{ m} = 97.7 \text{ mm}.$$

Vježba 300

U homogeno električno polje jakosti 4000 V / m uleti okomito na silnice polja elektron brzinom 3000 km / s. Za koliko će elektron skrenuti od svog početnog smjera pošto je u polju prešao put od 5 cm? (masa elektrona $m = 9.11 \cdot 10^{-31}$ kg, naboj elektrona $e = 1.602 \cdot 10^{-19}$ C)

Rezultat: 97.7 mm.

www.halapa.com