

## Prověrka "elektrostatika" - řešení

**R5.12**  $F = 3,6 \text{ N}$ ,  $r = 10 \text{ cm} = 10^{-1} \text{ m}$ ;  $Q = ?$

$$Q = r \sqrt{\frac{F}{k}} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ C} = 2 \mu\text{C}$$

Poněvadž se náboje navzájem přitahují, mají náboje opačné znaménko:  $Q_1 = +2 \mu\text{C}$ ,  $Q_2 = -2 \mu\text{C}$ .

**R5.15**  $Q_1 = 6 \mu\text{C} = 6 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ ,  $Q_2 = -4 \mu\text{C} = -4 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ ,  $r = 6 \text{ cm} = 6 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ ; a)  $F = ?$ , b)  $F' = ?$ ,  $Q' = ?$

a)  $F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2} = 60 \text{ N}$

b)  $Q' = \frac{Q_1 + Q_2}{2} = 10^{-6} \text{ C} = 1 \mu\text{C}$

$$F' = k \frac{Q'^2}{r^2} = 2,5 \text{ N}$$

**R5.17**  $E = 4 \cdot 10^5 \text{ N} \cdot \text{C}^{-1}$ ,  $Q = 25 \mu\text{C} = 2,5 \cdot 10^{-5} \text{ C}$ ;  $F = ?$

$$F = QE = 10 \text{ N}$$

**R5.20**  $Q_1 = 1 \mu\text{C} = 10^{-6} \text{ C}$ ,  $Q_2 = 5 \mu\text{C} = 5 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ ,  $r = 20 \text{ cm} = 0,2 \text{ m}$ ;  $E = ?$

$$E_1 = k \frac{Q_1}{\left(\frac{r}{2}\right)^2}, E_2 = -k \frac{Q_2}{\left(\frac{r}{2}\right)^2}$$

$$E = E_1 - E_2 = k \frac{1}{\left(\frac{r}{2}\right)^2} (Q_1 - Q_2) = 3,6 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{C}^{-1}$$

**R5.23**  $Q_A = 8 \cdot 10^{-8} \text{ C}$ ,  $Q_B = -8 \cdot 10^{-8} \text{ C}$ ,  $r = 0,4 \text{ m}$ ,  $c = 0,3 \text{ m}$ ;  $E_C = ?$ ,  $E_D = ?$

a) Ve středu  $C$  úsečky  $AB$  jsou intenzity  $\mathbf{E}$  elektrického pole nábojů  $Q_A$  a  $Q_B$  stejně velké a stejného směru (viz obr. 5-23a [5-2a]). Velikost výsledné intenzity pole je proto

$$E_C = \frac{2kQ}{r^2},$$

kde  $Q = Q_A = |Q_B|$ . Pro dané veličiny je  $E_C = 9 \cdot 10^3 \text{ N} \cdot \text{C}^{-1}$ .

b) V bodě  $D$  ležícím na ose úsečky  $AB$  jsou intenzity  $\mathbf{E}$  elektrického pole od nábojů  $Q_A$  a  $Q_B$  opět stejně velké, ale různého směru (viz obr. 5-23b [5-2b]).

Velikost intenzity od každého náboje je  $E = kQ/d^2$ , kde

$$d = \sqrt{r^2 + c^2} = 0,5 \text{ m}.$$

Velikost výsledné intenzity je pak

$$E_D = 2E \cos \alpha,$$

kde  $\cos \alpha = r/d$ . Po dosazení  $E = kQ/d^2$  dostáváme

$$E_D = \frac{2kQr}{d^3}.$$

Pro příslušné číselné hodnoty  $E_D = 4,6 \cdot 10^3 \text{ N} \cdot \text{C}^{-1}$ .

Velikost intenzity elektrického pole ve středu  $C$  dané úsečky je  $9 \cdot 10^3 \text{ N} \cdot \text{C}^{-1}$ , v bodě  $D$  je  $4,6 \cdot 10^3 \text{ N} \cdot \text{C}^{-1}$ .

**R5.24**  $Q_1 = 1 \mu\text{C} = 10^{-6} \text{ C}$ ,  $E_C = 0$ ;  $Q_2 = ?$ ,  $Q_3 = ?$

Intenzita elektrického pole v bodě  $C$  bude nulová, když budou náboje  $Q_1$  a  $Q_2$  souhlasné a stejně velké, tzn. když  $Q_2 = 1 \mu\text{C}$ , a když náboj  $Q_3$  bude nulový ( $Q_3 = 0$ ).

**R5.25**  $Q = 10 \mu\text{C} = 10^{-5} \text{ C}$ ,  $E = 10^4 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$ ,  $s = 10 \text{ cm} = 0,1 \text{ m}$ ;  $W_e = ?$

a)  $W_e = Fs = QEs = 10^{-2} \text{ J}$

b) Jestliže elektrická síla působí ve směru kolmém k intenzitě elektrického pole, práce se nekoná,  $W_e = 0$ .

**R5.29**  $\varphi_A = +120 \text{ V}$ ,  $\varphi_B = -80 \text{ V}$ ,  $W_e = 2 \cdot 10^{-4} \text{ J}$ ;  $Q = ?$

$$\Delta\varphi = \varphi_A - \varphi_B = 200 \text{ V}$$

$$Q = \frac{W_e}{\Delta\varphi} = \frac{2 \cdot 10^{-4}}{200} \text{ C} = 1 \mu\text{C}$$

**R5.30**  $Q = 1 \mu\text{C} = 10^{-6} \text{ C}$ ,  $\varphi_1 = 300 \text{ V}$ ,  $\varphi_2 = 800 \text{ V}$ ;  $W_e = ?$ , a)  $A \rightarrow B$ , b)  $A \rightarrow C$

a)  $W_e = Q\Delta\varphi = 5 \cdot 10^{-4} \text{ J}$

b)  $W_e = 0$

**R5.32**  $U = 1000 \text{ V}$ ,  $d = 0,1 \text{ m}$ ,  $q = 10^{-6} \text{ C}$ ;  $E = ?$ ,  $W = ?$

a) Vztah mezi napětím  $U$  a intenzitou elektrického pole  $E$  mezi dvěma rovnoběžnými vodivými deskami je  $U = Ed$ . Odtud

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

Pro dané hodnoty je velikost intenzity  $E = 10^4 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$ .

b) Vztah mezi napětím  $U$  a prací  $W$ , která se vykoná při přenesení náboje  $q$  mezi deskami, je  $U = W/q$ . Odtud  $W = qU$ .

Pro dané hodnoty je práce  $W = 10^{-3} \text{ J}$ .

Velikost intenzity elektrického pole je  $10^4 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$ , práce vykonaná při přenesení náboje je  $10^{-3} \text{ J}$ .

**R5.34**  $d = 5 \text{ cm} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ ,  $Q = 10 \mu\text{C} = 10^{-5} \text{ C}$ ,  $F_e = 1 \text{ N}$ ;  $U = ?$

$$U = \frac{F_e d}{Q} = \frac{1 \cdot 5 \cdot 10^{-2}}{10^{-5}} \text{ V} = 5 \text{ kV}$$

**R5.36**  $U = 220 \text{ V}$ ,  $E = 50 \text{ kV} \cdot \text{m}^{-1} = 5 \cdot 10^4 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$ ;  $d = ?$

$$d = \frac{U}{E} = \frac{220}{5 \cdot 10^4} = 4,4 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 4,4 \text{ mm}$$

**R5.37**  $r = 10 \text{ cm} = 0,1 \text{ m}$ ,  $Q = 1 \mu\text{C} = 10^{-6} \text{ C}$ ;  $\sigma = ?$

$$\sigma = \frac{Q}{S} = \frac{Q}{4\pi r^2} = 8 \cdot 10^{-6} \text{ C} \cdot \text{m}^{-2} = 8 \mu\text{C} \cdot \text{m}^{-2}$$

**R5.38**  $\sigma = 4 \mu\text{C} \cdot \text{m}^{-2} = 4 \cdot 10^{-6} \text{ C} \cdot \text{m}^{-2}$ ,  $\epsilon_r = 2$ ; a)  $E_0 = ?$  pro  $\epsilon_r = 1$ , b)  $E = ?$  pro  $\epsilon_r = 2$

$$E = k \frac{Q}{r^2}, \quad \sigma = \frac{Q}{4\pi r^2}$$

a)  $E_0 = k 4\pi \sigma = 4,5 \cdot 10^5 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$

b)  $E = \frac{E_0}{\epsilon_r} = 2,3 \cdot 10^5 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$

**R5.45**  $C = 5 \text{ nF} = 5 \cdot 10^{-9} \text{ F}$ ,  $U = 200 \text{ V}$ ;  $Q = ?$

$$Q = C\varphi = 10^{-6} \text{ C} = 1 \mu\text{C}$$

**R5.47**  $r = 9 \text{ cm} = 9 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ ,  $Q = 1 \mu\text{C} = 10^{-6} \text{ C}$ ;  $C = ?, \varphi = ?$

$$C = \frac{Q}{\varphi} = \frac{Q}{k \frac{Q}{r}} = \frac{r}{k} = 10^{-11} \text{ F} = 10 \text{ pF}$$

$$\varphi = k \frac{Q}{r} = 10^5 \text{ V} = 100 \text{ kV}$$

**R5.52**  $C_0 = 500 \text{ pF} = 5 \cdot 10^{-10} \text{ F}$ ,  $U_0 = 100 \text{ V}$ ,  $\epsilon_r = 2$ ; a)  $C = ?, \text{b) } U = ?$

a)  $C = \epsilon_r C_0 = 10^{-9} \text{ F} = 1 \text{ nF}$

b)  $U = \frac{Q}{C} = \frac{Q}{\epsilon_r C_0} = \frac{U_0}{\epsilon_r} = 50 \text{ V}$

**R5.53**  $C = 50 \mu\text{F} = 5 \cdot 10^{-5} \text{ F}$ ,  $U = 400 \text{ V}$ ;  $W_e = ?$

$$W_e = \frac{1}{2} C U^2 = 4 \text{ J}$$

**R5.56**  $C_1 = 2 \text{ nF} = 2 \cdot 10^{-9} \text{ F}$ ,  $C_2 = 3 \text{ nF} = 3 \cdot 10^{-9} \text{ F}$ ,  $C_3 = 6 \text{ nF} = 6 \cdot 10^{-9} \text{ F}$ ,  $U_0 = 300 \text{ V}$ ; a)  $C = ?, \text{b) } U_{1,2,3} = ?$

a)  $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$

$$C = \frac{C_1 C_2 C_3}{C_2 C_3 + C_1 C_3 + C_1 C_2} = 10^9 \text{ F} = 1 \text{ nF}$$

b) Všechny kondenzátory mají stejný náboj, takže  $U \sim 1/C$ .

$$U_1 : U_2 : U_3 = \frac{1}{C_1} : \frac{1}{C_2} : \frac{1}{C_3}$$

$$U_1 = 150 \text{ V}, U_2 = 100 \text{ V}, U_3 = 50 \text{ V}$$

**R5.57**  $C_1 = 1 \text{ pF}$ ,  $C_2 = 4 \text{ pF}$ ,  $C_3 = 3 \text{ pF}$ ;  $C = ?$

$$\frac{1}{C_{12}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \Rightarrow C_{12} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{4}{5} \text{ pF}$$

$$C = C_{12} + C_3 = 3,8 \text{ pF}$$