ELEKTROSTATICKÉ POLE (1)

1. Při tření skleněné tyče kůží vznikl náboj 80 nC. Kolik elektronů přešlo z tyče na kůži? Jak se zmenšila hmotnost skleněné tyče při tomto ději?

2. Vyjádřete obecně poměr velikosti Coulombovy síly F_{el} a gravitační síly F_g, kterou na sebe působí dva protony ze vzdálenosti r. Náboj protonu označte e a jeho hmotnost m_p. Vyhledejte v tabulkách hodnoty příslušných konstant a dopočítejte číselně.

3. Kde na přímce spojující dva souhlasné náboje Q a 4Q vzdálené l = 0,9 m od sebe je místo s nulovou intenzitou elektrostatického pole? Jak se změní řešení úlohy v případě nesouhlasných zdrojových nábojů (Q a -4Q)? .

4. Dvě malé kuličky, jedna má náboj Q_1 = 40 nC, druhá Q_2 = 80 nC, jsou umístěny vedle sebe ve vzdálenosti 1 cm. Jakými velkými silami na sebe kuličky působí, pokud jsou:

a. ve vzduchu (ε_r = 1) (počítejte s $k = 9.10^9 N.m^2.C^{-2}$)
b. v petroleji (ε_r = 2,1)
c. ve vodě (ε_r = 81)

5. Dvě malé kuličky, z nichž jedna má náboj -20 nC a druhá +80 nC, jsou umístěny ve vakuu ve vzdálenosti 10 cm od sebe. Jak velkými silami na sebe navzájem působí? Jak velkými silami by na sebe působily ve stejné vzájemné vzdálenosti, kdybychom je umístili v petroleji, jehož relativní permitivita 2,1?

6. Dva stejné náboje $Q_1 = Q_2 = 5.10^{-8}$ C se odpuzují ve vzduchu silou $2,5.10^{-4}$ N. Jaká je mezi nimi vzdálenost? Relativní permitivita vzduchu je 1.

7. Dva stejné bodové náboje umístěné ve vzdálenosti l = 20 cm působí na sebe ve vzduchu elektrostatickou silou F. V jaké vzdálenosti by musely být umístěny v oleji o relativní permitivitě ε_r = 5, aby velikost elektrostatické síly, kterou by na sebe vzájemně působily, byla stejná.

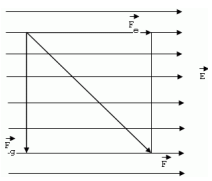
8. Do homogenního elektrického pole vstupuje nabitá částice ($Q = 5\cdot10^{-6}$ C) s kinetickou energií 12 mJ a vystupuje z tohoto pole s kinetickou energií 28 mJ. Pohyb částice v poli se děje pouze vlivem elektrické síly. Vypočítejte napětí mezi deskami.

9. Částice s nábojem $Q = 6.10^{-6}$ C byla homogenním elektrickým polem zbrzděna tak, že její původní kinetická energie 30 mJ klesla na 12 mJ. Vypočítejte napětí a intenzitu pole mezi deskami, víte-li, že během brzdění uletěla částice ve směru siločar dráhu 60 cm a její pohyb v poli byl ovlivněn pouze elektrickou silou.

10. Mezi dvě rovnoběžné desky, které jsou opačně nabité, vstupuje *kolmo k deskám* elektronový paprsek, jehož vektor rychlosti je $(0,3.10^8, 0,4.10^8, 0)$ m.s^{-1}. Určete napětí, které je třeba k zastavení elektronů. (Nakreslete obrázek!)

11. Malá částice, která má hmotnost 1 mg a náboj 0,5 nC, je na začátku v klidu. S jakým zrychlením se bude pohybovat v homogenním elektrickém poli s intenzitou 30 kV.m^{-1}. Jakou dráhu tato částice urazí za 0,1 s ve vakuu? Tíhovou sílu působící na částici zanedbejte.

12. Malá prachová částice s hmotností 0,01 mg a nábojem 10 nC je umístěna v homogenním elektrickém poli, jehož siločáry mají vodorovný směr. Částice má nulovou počáteční rychlost, za 4 s získá rychlost 50 m.s^{-1}. Určete intenzitu elektrického pole!



Příklady 12 a 13 a doplňkové příklady jsou nepovinné (bonusové ke zkoušce).

13. Elektron urychlený napětím 600 V vlétne doprostřed mezi vychylovací destičky obrazovky, jejichž délka je 16 mm. Desky jsou od sebe vzdáleny 4 mm. Po jaké trajektorii se bude elektron pohybovat? Při jakém vychylovacím napětí dopadne na konec vychylovací desky?

Další příklady:

D1. *Homogenním elektrostatickým polem $E = 15\ kV{\cdot}m^{-1}$, jehož siločáry mají svislý směr, prochází svazek elektronů tak, že jejich počáteční rychlost v_0 je kolmá na vektor intenzity E. Po uražení dráhy $x = 0{,}05$ m se odkloní od vodorovného směru o $y = 1.10^{-3}$ m. Stanovte velikost počáteční rychlosti v_0.*
[$5{,}7.10^{7}$ m.s^{-1}]

D2. *Částice (+Q, m) se pohybuje směrem ke kladnému bodovému náboji +q rychlostí v. Do jaké vzdálenosti R se tato částice může k náboji přiblížit? Řešte obecně a pak pro pozitron s rychlostí $5{,}7{\cdot}10^{6}$ m/s a částici α.*
[$3{,}1.10^{-11}$ m]

D3. *Při radioaktivním rozpadu je z jádra atomu polonia emitována α částice (jádro He) s rychlostí $1{,}6.10^{7}$ m/s. Vypočítejte její kinetickou energii (v eV). Jakým potenciálovým rozdílem by musela α částice projít, aby získala stejnou rychlost? Hmotnost α částice považujte za konstantní.*
[5,3 MeV; $2{,}67.10^{6}$ V]

Klíč k řešení příkladů

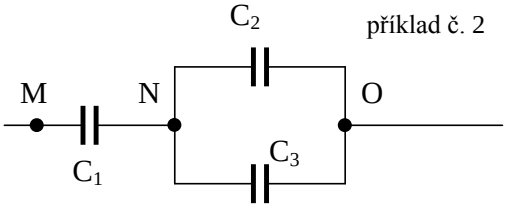
1. Elementární náboj a hmotnost elektronu vyhledejte v tabulkách — $4{,}99{\cdot}10^{11}$; $4{,}55{\cdot}10^{-19}$kg
2. Coulombův a Newtonův gravitační zákon — $1{,}24{\cdot}10^{36}$
3. Coulombův zákon, kvadratická rovnice, „dvě“ řešení (souhlasné/nesouhlasné náboje). — 0,6m/1,8m
4. Coulombův zákon ve vakuu, resp. v látkovém prostředí. — 0,288N; 0,137N; $3{,}55{\cdot}10^{-3}$N
5. Coulombův zákon ve vakuu a v látkovém prostředí, přitažlivá síla. — 1,44mN; 0,686mN
6. Coulombův zákon ve vakuu, nezapomeňte na permitivitu vakua! — 0,3m
7. Coulombův zákon ve vakuu a v látkovém prostředí. — 8,9cm
8. Přeměna potenciální energie nabitých částic na kinetickou energii. — 3,2kV
9. Přeměna kinetické energie nabitých částic na potenciální energii, definice intenzity. — 3kV; $5kV{\cdot}m^{-1}$
10. Přeměna kinetické energie letících elektronů na potenciální energii, parametry elektronu vyhledejte v tabulkách. — 7,1kV
11. Rovnoměrně zrychlený přímočarý pohyb, zopakujte si potřebné vztahy — $15m{\cdot}s^{-2}$; 7,5cm
12. Rovnoměrně zrychlený přímočarý pohyb ve dvou osách na sebe kolmých, při výpočtu je třeba započítat elektrické i tíhové zrychlení a použít Pythagorovu větu (viz obrázek). — $7{,}5V{\cdot}m^{-1}$
13. Pohyb po části paraboly — 75V

Příklady 12 a 13 a doplňkové příklady jsou nepovinné (bonusové ke zkoušce).

ELEKTROSTATICKÉ POLE (2)

1. Desky kondenzátoru o ploše 2 m^2 jsou ve vakuu ve vzdálenosti 5 mm. Na kondenzátoru je udržováno napětí 10^4 V. Stanovte kapacitu kondenzátoru, náboj každé desky, plošnou hustotu náboje a intenzitu pole mezi deskami. Co se změní, dáme-li mezi desky kondenzátoru pertinax o relativní permitivitě $\varepsilon_r = 5$?

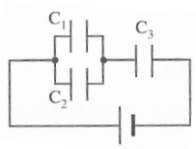
2. V soustavě kondenzátorů na následujícím obrázku je bod O uzemněn, v bodě M je udržován potenciál 1200 V. Určete náboj každého kondenzátoru a potenciál v bodě N. Kapacita prvního kondenzátoru je 3 μF, druhého 4 μF a třetího 2 μF.



3. V nabitém kondenzátoru je akumulována energie 2,7 mJ. Určete kapacitu kondenzátoru a náboj na jeho deskách, víte-li že napětí na deskách kondenzátoru je 85 V.

4. V homogenním elektrickém poli s intenzitou o velikosti 20 $kV \cdot m^{-1}$ se působením elektrické síly přemístí částice s nábojem 100 μC po dráze 4 cm. Jakou práci síla vykoná, jestliže se částice přemísťuje po elektrické siločáře? Jakou práci vykonáme, pokud částici přemístíme po stejné dlouhé dráze, ale kolmo na siločáry?

5. Osamocený kulový vodič je nabit nábojem 60 nC na potenciál 18 kV. Určete jeho kapacitu a poloměr.



6. Kondenzátory o kapacitách 10 nF, 20 nF a 30 nF jsou připojeny k napětí U. Určete toto napětí, je-li na kondenzátoru C_1 náboj 60 nC!

7. Určete kapacitu deskového kondenzátoru o obsahu desek 0,01 m^2, když ho až do poloviny ponoříme do petroleje, který má relativní permitivitu 2. Desky jsou ve vzdálenosti 5 mm od sebe.

8. Určete kapacitu kondenzátoru, který je třeba sériově připojit ke kondenzátoru o kapacitě 800 nF, aby výsledná kapacita obou sériově zapojených kondenzátorů byla 160 nF.

9. Mezi deskami kondenzátoru je napětí U = 100 V, plochy desek jsou S = 200 cm^2, vzdálenost mezi deskami je r = 0,5 mm a prostor mezi deskami je vyplněn vzduchem ($\varepsilon_r = 1$). Vypočtěte velikost síly *F*, kterou se desky vzájemně přitahují, a určete práci *W*, kterou musíme vykonat, jestliže vzdálenost mezi deskami zvětšíme třikrát.

10. Koule má povrchovou hustotu náboje $\sigma = 10^{-6}$ C m^{-2} a potenciál $\varphi = 100$ V. Tato koule je umístěna v dielektrickém prostředí o relativní permitivitě $\varepsilon_r = 2{,}2$. Určete poloměr *R* koule, náboj *Q* na kouli a kapacitu *C* koule.

11. Deskový kondenzátor, jehož desky mají vzdálenost d_0, je nabit na napětí U_0. Energii tohoto kondenzátoru chceme změnou napětí nebo vzdálenosti desek zvýšit o 21 %.

a) O kolik procent je nutno zvýšit napětí, pokud neměníme vzdálenost desek kondenzátoru?

b) O kolik procent bychom naopak museli změnit vzdálenost desek kondenzátoru, pokud bychom neměnili napětí?

Příklady 9 a 11 jsou nepovinné (bonusové ke zkoušce).

Klíč k řešení příkladů

1. Požadované veličiny je výhodnější počítat postupně v jiném pořadí, než je zadáno. Z napětí (rozdílu potenciálů) a vzdálenosti desek určíme **intenzitu pole**, tok intenzity násobený permitivitou vakua je roven **náboji na desce** (Gaussova věta: uzavřenou plochu volíme tak, aby obsahovala celou jednu desku), **kapacita** je náboj dělený napětím, **plošná hustota náboje** je náboj dělený plochou.
   2.10^6 V·m^{-1}; $3{,}54.10^{-5}$ C; 3,54 nF; $1{,}77.10^{-5}$ C·m^{-2};
   intenzita je stejná, náboj a hustota náboje klesnou, kapacita vzroste.
2. Kondenzátory 2 a 3 jsou zapojeny paralelně, vypočítejte jejich celkovou kapacitu C_{23} a pak dopočítejte celkovou kapacitu soustavy (dvě sériově spojené kapacity!). Celkový náboj určíte z celkového napětí a celkové kapacity, je to zároveň náboj na kondenzátoru 1. Z náboje a kapacity dopočítejte napětí na kondenzátoru 1 ($=U_{MN}$). Napětí na soustavě 23 je rovno potenciálu bodu N, je stejné pro oba paralelně zapojené kondenzátory. Náboje na těchto kondenzátorech vypočítejte z napětí a jednotlivých kapacit, v součtu by vám měly dát celkový náboj. $2{,}4.10^{-3}$ C; $1{,}6.10^{-3}$ C; $0{,}8.10^{-3}$ C; 400 V
3. Vzorec pro energii nabitého kondenzátoru, definice kapacity. $7{,}47.10^{-7}$F; $6{,}35.10^{-5}$ C
4. Práce je skalární součin síly a posunutí. 0,08J; 0J
5. Definice kapacity a potenciálu. 3,33pF; 3cm
6. Paralelní a sériové zapojení kondenzátorů, známe náboj na kondenzátoru (1). 12V
7. Řešíme jako dva kondenzátory zapojené paralelně. 26,6pF
8. Sériové zapojení kondenzátorů. 200nF
9. Síla je náboj krát intenzita, započítáváme ale intenzitu jen od protilehlé desky; při oddalování desek se mění kapacita a tedy i náboj, síla mezi deskami se zmenšuje; počítat integrací. 3,54mN; $1{,}18\cdot10^{-6}$J
10. Definice potenciálu. 1,95mm;47,7pC;0,477pF
11. Vzorec pro energii nabitého kondenzátoru. +10%napětí;-17%vzdálenosti

Příklady 9 a 11 jsou nepovinné (bonusové ke zkoušce).