

PEM - rámcové příklady

Elektrostatické pole a stacionární elektrický proud

1. Mějme bodový náboj o velikosti 1 C. Jaký počet elementárních nábojů vytváří celkovou velikost tohoto náboje?
2. Měděná mince má hmotnost 3 g a je elektricky neutrální. Jaký je celková velikost kladného náboje mince?
3. Stanovte celkový kladný náboj elektricky neutrální molekuly vody.
4. Dva bodové náboje o velikostech 3 C a 5 C jsou ve vakuu od sebe vzdáleny 10 cm. Jakou silou na sebe působí?
5. Koule A má na začátku pokusu náboj $-50e$ a koule B náboj $+20e$. Obě jsou vyrobeny z vodivého materiálu a jsou stejně velké. Jaký bude výsledný náboj na kouli A poté, co se navzájem dotknou?
6. Jakou silou na sebe působí dva kladné náboje o velikostech $2 \cdot 10^{-7}$ C a $1 \cdot 10^{-5}$ C ve vodě, jestliže jejich vzdálenost je 5 cm? Do jaké vzdálenosti bychom museli náboje přemístit ve vzduchu, aby velikost působící síly zůstala stejná? (Relativní permitivita vody je 81)
7. Ve vzduchu se vznášejí dvě stejně velké vodní kapičky kulového tvaru. Každá nese záporný elementární náboj, o němž předpokládáme, že je umístěn ve středu kapičky. Vypočítejte poloměr r kapiček, jestliže jejich odpuzivá síla elektrostatická je stejně velká jako přitažlivá síla gravitační (hustota vody $\rho = 1000 \text{ kg.m}^{-3}$).
8. Jaká musí být vzdálenost mezi dvěma bodovými náboji $2,6 \cdot 10^{-7}$ C a $-4,7 \cdot 10^{-7}$ C, aby elektrostatická síla, která mezi nimi působí, měla velikost 5,70 N?
9. Dva náboje o velikostech $2 \cdot 10^{-7}$ C a $4 \cdot 10^{-7}$ C leží ve vzájemné vzdálenosti 10 cm. Na střed spojnice obou bodových nábojů umístíme třetí náboj o velikosti $1 \cdot 10^{-7}$ C. Určete celkovou sílu působící na třetí náboj.
10. Uvažujme zadání dle úkolu č. 9. V jakém místě na spojnici dvou nábojů bude celková velikost elektrostatické síly na třetí náboj nulová?
11. Dva volně pohyblivé bodové náboje $+Q$ a $+4Q$ jsou ve vzdálenosti d . Třetí náboj je umístěn tak, že je systém v rovnováze. Určete polohu, velikost a znaménko třetího náboje.
12. Jakou silou se ve vakuu přitahují dvě kuličky s náboji $3,2 \cdot 10^{-6}$ C a $-5,4 \cdot 10^{-6}$ C při vzájemné vzdálenosti 16 cm? Dojde-li ke vzájemnému dotyku, budou se přitahovat či odpuzovat?
13. Jaká je intenzita elektrostatického pole bodového náboje o velikosti 10 C ve vzdálenosti 20 cm od tohoto náboje?

14. Jak se změní intenzita elektrostatického pole náboje v úloze č. 13, jestliže vzdálenost, ve které intenzitu stanovujeme, vzroste na dvojnásobek?
15. Dva bodové náboje o stejných velikostech 2 C jsou umístěny ve vzduchu v polohách definovaných polohovými vektory $(0;0;0)\text{ cm}$ a $(3;4;0)\text{ cm}$. Určete celkovou intenzitu elektrostatického pole v místě $(3;0;0)\text{ cm}$. Dále určete místo, ve které je celková intenzita pole nulová.
16. Dva bodové náboje o velikostech $-3 \cdot 10^{-6}\text{ C}$ a $-6 \cdot 10^{-6}\text{ C}$ jsou umístěny ve stejném prostředí ve vzdálenosti $d = 0,5\text{ m}$ od sebe. Určete místo na jejich spojnici, v němž je intenzita výsledného elektrického pole nulová.
17. Ve všech vrcholech čtverce o straně a je umístěn kladný bodový náboj Q .
a) Určete intenzitu elektrického pole a potenciál ve středu čtverce.
b) Jaký náboj q musíme umístit doprostřed čtverce, aby síly působící na každý náboj byly rovny nule.
18. Ve dvou vrcholech rovnostranného trojúhelníka, jehož strany mají délku $0,5\text{ m}$, jsou umístěny kladné bodové náboje, které mají velikost $1\text{ }\mu\text{C}$. Určete elektrickou intenzitu ve třetím vrcholu tohoto trojúhelníka.
19. Elektron je uvolněn z klidu v homogenním elektrickém poli, jehož intenzita má velikost $10\text{ V}\cdot\text{m}^{-1}$. Vypočítejte zrychlení elektronu a jeho rychlost v čase $0,001\text{ s}$.
20. Elektron pohybující se rychlostí $5 \cdot 10^8\text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$ vletí do elektrického pole o intenzitě $1 \cdot 10^3\text{ N}\cdot\text{C}^{-1}$ ve směru vektoru intenzity tak, že se zpomaluje. Jakou dráhu elektron v poli urazí, než se zastaví? Jaká doba přitom uplyne? Jakou kinetickou energii ztratí elektron, než se zastaví?
21. Jakou práci A vykoná síla homogenního elektrického pole při posunutí bodového náboje 5 mC o délku $0,15\text{ m}$ ve směru skloněném o úhel 45° od směru tohoto pole, jehož intenzita má velikost $2 \cdot 10^5\text{ V}\cdot\text{m}^{-1}$?
22. Jakou práci A je třeba vynaložit k přemístění volného bodového náboje o velikosti $6 \cdot 10^{-8}\text{ C}$ z nekonečna do bodu vzdáleného $0,2\text{ m}$ od povrchu nabitě vodivé koule o poloměru 10 mm ? Na kouli je rovnoměrně rozložen volný náboj plošné hustoty $1 \cdot 10^{-4}\text{ C}\cdot\text{m}^{-2}$, okolním prostředím je vzduch.
23. Jaká je potenciální energie bodového elektrického náboje o velikosti $2 \cdot 10^{-7}\text{ C}$, který je umístěn ve vakuu v poli jiného bodového náboje o velikosti $3 \cdot 10^{-7}\text{ C}$ ve vzdálenosti 40 mm od něho? Předpokládejte, že potenciální energie je v nekonečnu nulová.
24. Molekulu vody je možné považovat za elektrický dipól, který se skládá ze záporného a kladného náboje stejné velikosti rovnému náboji deseti elektronů a s velikostí dipólového momentu $6,2 \cdot 10^{-30}\text{ C}\cdot\text{m}$. Vypočítejte délku dipólu l . Jakým maximálním momentem síly M může na molekulu působit pole o intenzitě $1,5 \cdot 10^4\text{ V}\cdot\text{m}^{-1}$? Jakou práci A musí vykonat

vnější síla, aby otočila molekulu vody o úhel 180° , je-li molekula na počátku ve stabilní rovnovážné poloze $\theta = 0$?

25. Určete velikost elektrického dipólového momentu dipólu, který při natáčení v homogenním elektrickém poli, jehož intenzita má velikost $1 \cdot 10^3 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$, může změnit svou potenciální energii nejvýše o $2 \cdot 10^{-5} \text{ J}$.
26. V prostoru mezi rovnoběžnými rovinnými deskami je elektrický potenciál určen vztahem $\varphi = kx^2$, kde x je vzdálenost od jedné z desek, $k = 1500 \text{ V} \cdot \text{m}^{-2}$. Určete velikost a směr intenzity elektrického pole E v bodě $x = 13 \text{ mm}$.
27. Pomocí Gaussovy věty elektrostatické odvoďte vztah pro intenzitu pole bodového náboje ve vzdálenosti d od tohoto náboje. Jaká je nejvhodnější Gaussova plocha pro řešení tohoto příkladu?
28. Pomocí Gaussovy věty elektrostatické určete směr a velikost intenzity elektrostatického pole nekonečné rovnoměrně nabitě roviny ve vzdálenosti l od této roviny.
29. Mějme dvě nekonečné roviny rovnoměrně nabitě plošným nábojem $+\sigma$ a $-\sigma$ ve vzájemné vzdálenosti d . Určete velikost a směr intenzity elektrostatického pole ve zvoleném místě mezi rovinami. Jak závisí velikost intenzity pole na volbě místa mezi rovinami?
30. Ve výšce 300 m nad Zemí byla naměřena intenzita elektrického pole o velikosti $60 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$, ve výšce 200 m pak $100 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$. V obou případech směřovala elektrická intenzita svisle k Zemi. Stanovte celkový náboj Q uzavřený v krychli o hraně 100 m , jejíž spodní stěna leží ve výšce 200 m od povrchu Země. Zakřivení Země zanedbejte.
31. Jaký je potenciál φ elektrického pole jádra vodíkového atomu ve vzdálenosti $2,12 \cdot 10^{-10} \text{ m}$ od jeho středu? (Jádro vodíku tvoří jediný proton). Jakou potenciální energii W_p (v elektronvoltech) má elektron v této vzdálenosti? (Tato potenciální energie je energií systému elektron + proton, tj. vodíkového atomu)
32. Automobilová baterie 12V může dodat celkový náboj 84Ah do elektrického obvodu automobilu. Jak velký je tento náboj v coulombech? Jak velká energie je nahromaděna v baterii?
33. Elektrody deskového kondenzátoru mají vzdálenost 1 mm . Jak velká by musela být jejich plocha, aby měl kondenzátor kapacitu 1 F ? Prostředím mezi deskami kondenzátoru je vzduch.
34. Deskový kondenzátor, jehož každá deska má plošný obsah $0,01 \text{ m}^2$ je vyplněn dielektrikem o relativní permitivitě $1,7$. Na kladné desce kondenzátoru je volný náboj $3 \cdot 10^{-7} \text{ C}$. Vypočítejte velikost intenzity elektrického pole E v dielektriku a velikost vektoru elektrické polarizace P dielektrika.
35. Určete celkovou kapacitu dvou kondenzátorů, jestliže jsou zapojeny sériově, resp. paralelně.

36. Vzduchový deskový kondenzátor má kapacitu 10 pF. Zdvojnásobení vzdálenosti jeho elektrod a současné vložení vosku mezi ně vede ke zvětšení jeho kapacity na hodnotu 20 pF. Určete relativní permitivitu vosku.
37. Mějme tři kondenzátory o kapacitách C_1 , $C_2 = 2 C_1$ a $C_3 = 1,5C_1$. Kondenzátory připojujeme k baterii o napětí U postupně samostatně, ve dvojicích paralelně i sériově a všechny tři paralelně i sériově. Ve kterém zapojení je kapacita ekvivalentního kondenzátoru nejmenší (největší)? Ve kterém zapojení je na ekvivalentním kondenzátoru nejmenší (největší) náboj?
38. Kulová kapka rtuti o poloměru R má kapacitu $4\pi\epsilon_0 R$. Dvě takové kapky spojíme do jedné. Jaká bude její kapacita?
39. Dva kondenzátory o kapacitách 2 μF a 8 μF jsou spojeny do série a připojeny ke zdroji napětí 300 V. Jaký náboj a jaké napětí je na každém z nich?
40. Deskový vzduchový kondenzátor má kapacitu 130 pF. Jaká je energie jeho elektrického pole, je-li napětí na kondenzátoru 56,0 V?
41. Deskový vzduchový kondenzátor o ploše elektrod 40 cm^2 a vzdálenosti elektrod 1 mm je nabit na napětí 600 V. Určete
- jeho kapacitu,
 - velikost náboje na každé z elektrod,
 - jeho energii,
 - intenzitu elektrického pole mezi elektrodami,
 - hustotu energie elektrického pole mezi elektrodami.
42. Kondenzátor je nabit na napětí U . O kolik procent je nutno zvýšit toto napětí, chceme-li zvýšit jeho energii (tj. energii jeho elektrického pole) o 10%?
43. Svazek elektronů dopadajících na stínítko televizní obrazovky odpovídá proudu 200 mA. Kolik elektronů dopadá na stínítko obrazovky za sekundu?
44. Vodičem o odporu 5 Ω protekl náboj 40 C. Určete, jak velká práce tím byla vykonána, jestliže vodičem protékal stálý proud po dobu 16 s, a práci A_1 , jestliže proud protékající vodičem klesal rovnoměrně na nulovou hodnotu po dobu 16 s.
45. Jaký elektrický náboj projde vodičem za čas 10 s, jestliže a) je proud stálý 5 A, b) proud rovnoměrně roste od 0 A do 3 A?
46. Proud I se mění s časem podle vztahu $I = I_0 + kt$, kde $I_0 = 4 \text{ A}$ a $k = 2 \text{ A}\cdot\text{s}^{-1}$. Vypočtěte, jaký náboj projde vodičem mezi druhou a šestou sekundou.

47. Drát kruhového průřezu délky 8 m o průměru 0,5 mm má odpor $2\ \Omega$. Jak dlouhý musí být drát z téhož materiálu o dvojnásobném poloměru, aby měl stejný odpor? Určete měrný elektrický odpor materiálu, z něhož je vodič vyroben.
48. Ocelová tramvajová kolejnice má průřez 56 cm^2 . Jaký je odpor 10 km kolejí? Rezistivita oceli je $3 \cdot 10^{-7}\ \Omega \cdot \text{m}$.
49. Vodič zhotovený ze slitiny niklu, chromu a železa (nazývané nichrom) má odpor $R = 72\ \Omega$. Určete výkon elektrické energie v případě, že: a) napětí na celém vodiči je 120 V, b) vodič rozpůlíme a napětí 120 V je přiloženo ke každé polovině vodiče.
50. Drát o odporu $6\ \Omega$ je protažen otvorem matrice tak, že se jeho délka ztrojnásobí. Vypočtěte odpor vytaženého drátu za předpokladu, že rezistivita a hustota materiálu se nezměnily.
51. Drát dlouhý 4 m o průměru 6 mm má odpor $15\text{ m}\Omega$ a je k němu přiloženo napětí 23 V. Jaký proud I prochází drátem? Jaká je hustota proudu j v drátu? Vypočtěte také rezistivitu ρ materiálu, ze kterého je drát zhotoven.
52. Stanovte délku l homogenního železného drátu potřebného ke zhotovení elektrické topné spirály, jejíž výkon má být 1 000 W při napětí 230 V. Průřez drátu je konstantní o ploše 1 mm^2 , rezistivita železa je $8,81 \cdot 10^{-8}\ \Omega \cdot \text{m}$.
53. Člověka může zabít už elektrický proud 50 mA, pokud prochází v blízkosti jeho srdce. Opravář uchopí upocenýma rukama dva vodiče a propojí je tak svým tělem. Jaké napětí mu může být osudné, je-li odpor jeho těla $2\text{ k}\Omega$?
54. Topná spirála je připojena na napětí 230 V, odpor rozpálené spirály je $14\ \Omega$. S jakým výkonem se ve spirále vyvíjí teplo? Jestliže jedna kilowatthodina elektrické energie stojí 1,75 Kč, kolik zaplatíme, budeme-li spirálou topit 5 hodin?
55. Teplomet o příkonu 1250 W pracuje při napětí 230 V. Jaký proud prochází teplometem? Jaký je odpor topné spirály? Kolik tepla se vyvine v teplometu za 1 hodinu?
56. Určete ekvivalentní odpor trojice rezistorů, je-li odpor každého z nich R a jsou-li připojeny k ideální baterii a) sériově, b) paralelně. c) Je napětí na sériové kombinaci rezistorů větší, menší, nebo stejné jako napětí na paralelní kombinaci rezistorů?
57. Připojte dva rezistory R_1 a R_2 (kde $R_1 > R_2$) k baterii, nejprve každý zvlášť, potom oba sériově a nakonec oba paralelně. Uspořádejte tato zapojení vzestupně podle velikosti proudu procházejícího baterií.
58. Baterie, na jejíchž svorkách je napětí U a kterou protéká proud I , je připojena ke dvěma stejným rezistorům. Jaké je napětí na jednotlivých rezistorech a jaký proud jimi protéká, jsou-li zapojeny a) sériově, b) paralelně?

59. Baterie připojená k odporu $R_1 = 16 \, \Omega$ dává proud $I = 3 \, \text{A}$. Připojíme-li ji k odporu $R_2 = 26 \, \Omega$, dává proud $I = 2 \, \text{A}$. Vypočítejte vnitřní odpor R_i baterie a její elektromotorické napětí U_e .
60. Čtyři rezistory o odporu $18 \, \Omega$ jsou připojeny paralelně k ideální 25 V baterii. Jak velký proud prochází baterií?
61. Elektrický rozvod o napětí 230 V je jištěn 16 A pojistkou. Jaký největší počet 500 W reflektorů můžeme současně zapojit paralelně, aby se pojistka nepřepálila?
62. Čtyři žárovky pro napětí 120 V o výkonu 60 W jsou spojeny paralelně a připojeny ke zdroji napětí $U_e = 220 \, \text{V}$ (obr. 5.13). Stanovte velikost odporu R_x , který je třeba předřadit zdroji, aby žárovky měly předepsaný výkon a proud I_x , který tímto odporem prochází.