

Úlohy ke cvičení z Fyziky pro biology

KEF/FBIO, 1 hodina týdně
Cvičení vede Mgr. Lucie Kolářová

Domácí cvičení najdete v systému Moodle na adrese <http://afnet.upol.cz/moodle/>.
Termíny pro vypracování DCV: do 10. 4. 2015 (DCV 1) a do 22. 5. 2015 (DCV 2)

1. Elektřina a magnetismus

1.1 Elektrický náboj a elektrické pole

1.1 Dvě stejné vodivé kuličky jsou nabity, první nese náboj 40 nC a druhá -80 nC , a přitahují se silou 24 N . Poté se obě kuličky navzájem dotkly a byly opět oddáleny na původní vzdálenost. Jakou silou se budou nyní odpuzovat?

1.2 Dvě stejně nabitě kuličky o hmotnosti $0,5\text{ g}$ jsou zavěšeny v jednom bodě na vláknech o délce 1 m . Obě kuličky se od sebe vlivem elektrického odpuzování oddálily na vzdálenost 4 cm . Určete velikost nábojů.

1.3 Dva kladné bodové náboje $Q_1 = Q$ a $Q_2 = 4Q$ jsou pevně umístěny ve dvou bodech vzdálených od sebe 6 cm . Určete, kde je třeba na přímce spojující oba body umístit třetí kladný bodový náboj Q_0 , aby na ně nepůsobila žádná síla.

1.4 Atom izotopu plutonia ${}^{239}_{94}\text{Pu}$ má poloměr jádra $6,64\text{ fm}$ a atomové číslo $Z = 94$. Určete velikost a směr elektrické intenzity na povrchu jádra za předpokladu, že je kladný náboj v jádře rozložen rovnoměrně.

1.5 Ve dvou vrcholech rovnostranného trojúhelníku, jehož strany mají délku $0,5\text{ m}$, jsou umístěny bodové náboje, které mají velikost $1\text{ }\mu\text{C}$. Určete intenzitu elektrického pole ve třetím vrcholu, jestliže jeden náboj je kladný a druhý záporný.

1.6 Dva kladné bodové náboje 20 nC a 40 nC jsou 80 cm od sebe. Jakou práci musíme vykonat, abychom se přiblížili na vzdálenost 10 cm ?

1.7 Kladně nabitý kulový vodič o poloměru 5 cm vytváří v bodě vzdáleném 1 m od středu koule elektrické pole o intenzitě $1\text{ V}\cdot\text{m}^{-1}$. Jaký je potenciál kulového vodiče?

1.8 Jaký je potenciál φ elektrického pole jádra vodíkového atomu ve vzdálenosti $r = 2,12\cdot 10^{-10}\text{ m}$ od jeho středu? Jádro vodíku tvoří jediný proton.

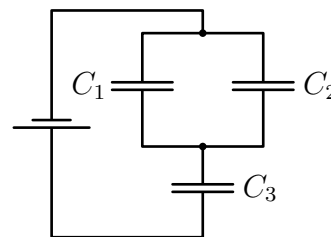
1.9 Paměťový prvek dynamické paměti RAM na čipu má kapacitu 55 fF . Kolik elektronů je nutno dodat na jeho zápornou elektrodu, aby získal napětí $5,3\text{ V}$?

1.10 Deskový kondenzátor má elektrody kruhového tvaru o poloměru $8,2\text{ cm}$ vzdálené od sebe $1,3\text{ mm}$. Vypočítejte jeho kapacitu. Jak velký náboj se objeví na elektrodách, když na kondenzátor vložíme napětí 120 V ?

1.11 Deskový kondenzátor s kapacitou $C = 13,5\text{ pF}$ je nabit na napětí $U = 12,5\text{ V}$. Baterii odpojíme a mezi desky zasuneme porcelánovou destičku ($\epsilon_r = 6,5$). Vypočítejte elektrickou energii kondenzátoru před a po zasunutí porcelánové destičky.

1.12 Desky kondenzátoru o ploše 20 cm^2 jsou ve vzdálenosti 1 mm . Mezi deskami kondenzátoru je napětí 400 V . Jak velká přitažlivá síla působí mezi deskami?

1.13 Stanovte výslednou kapacitu kondenzátorů na obr. 1.1, je-li dáno $C_1 = 12\text{ }\mu\text{F}$, $C_2 = 5,3\text{ }\mu\text{F}$, $C_3 = 4,5\text{ }\mu\text{F}$.



Obr. 1.1: K úloze 1.13

1.2 Elektrický proud v kovech a v elektrolytech

1.14 Kovovým vodičem prochází po dobu 1 minuty proud o velikosti 50 mA . Kolik elektronů projde za tuto dobu průřezem vodiče?

1.15 Housenka dlouhá 4 cm se plazí ve směru pohybu elektronů po neizolovaném měděném drátu o průměr 5,2 mm, kterým prochází proud 12 A. Jaké je napětí mezi konci housenky?

1.16 Měděný drát vinutí elektromotoru má při teplotě 20 °C odpor 50 Ω. Jaký odpor má při provozní teplotě motoru 70 °C? Teplotní součinitel elektrického odporu mědi je 0,004 K⁻¹.

1.17 Máme připojit tři žárovky 60 V/0,5 A k síťovému napětí 230 V. Jaký předřadný odpor musíme k žárovkám připojit?

1.18 Ve dvou měděných drátech telefonního vedení uloženého pod zemí nastalo krátké spojení. Při určování polohy poškozeného místa pomocí ohmmetru bylo zjištěno, že zkratované vedení má odpor 6,5 Ω, průřez jednoho drátu má plošný obsah 0,4 mm² a rezistivita mědi je 0,017 μΩ · m. V jaké vzdálenosti od místa měření je potřeba hledat poškozené místo?

1.19 Ke svorkám zdroje elektromotorického napětí 3 V a vnitřním odporu 1,8 Ω je připojen vnější obvod, kterým prochází proud 150 mA. Určete odpor vnějšího obvodu a proud při zkratu.

1.20 Elektrické ryby vytvářejí napětí ve zvláštních buňkách zvaných elektroplaxy, které jsou fyziologickými zdroji napětí. Elektroplaxy jihoamerického paúhoře elektrického jsou uspořádány ve 140 řádcích podél těla tak, že každý řádek obsahuje 5 000 elektroplaxů. Každý elektroplax má elektromotorické napětí $\mathcal{E} = 0,15$ V a vnitřní odpor 0,25 Ω. Určete velikost proudu procházejícího okolní vodou od paúhořovy hlavy k ocasu, jeli odpor vody $R_v = 800$ Ω. Jaký proud $I_{\text{ř}}$ prochází každým řádkem elektroplaxů?

1.21 Na kolik stejných částí je nutno rozdělit vodič o odporu 50 Ω, aby při paralelním zapojení těchto částí byl výsledný odpor vodiče 2 Ω?

1.22 Při vnějším odporu 1 Ω má baterie svorkové napětí 1,5 V, při odporu 2 Ω se svorkové napětí zvýší na 2 V. Vypočítejte vnitřní odpor baterie a její elektromotorické napětí.

1.23 Vodičem o délce $l = 2,35$ m a průměru $d = 1,63$ mm prochází proud $I = 1,24$ A. Ztrátový výkon ve vodiči je $P = 48,5$ mW. Z čeho je vodič vyroben?

1.24 Dvě žárovky na 120 V o příkonech 60 W a 40 W jsou zapojené sériově ke zdroji, který má napětí 230 V. Jaké bude napětí na obou žárovkách?

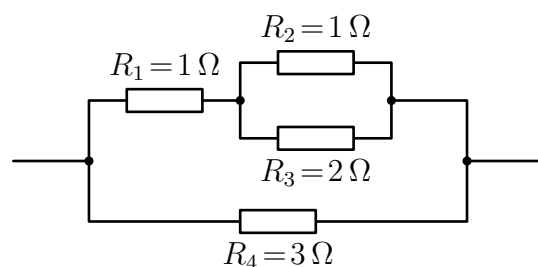
1.25 Určete výsledný odpor dle zapojení na obrázku 1.2.

1.26 Hliník se vyrábí kontinuální elektrolýzou taveniny oxidu hlinitého o teplotě 950 °C v sérii zapojených vanových pecí. Jednou elektrolytickou sérii protéká proud 30 000 A a tvoří ji 50 pecí, přičemž napětí na každé z nich je asi 4 V.

a) Kolik energie je potřeba k výrobě jednoho kilogramu surového hliníku?

b) Za jakou dobu jedna vanová pec vyprodukuje jeden kilogram hliníku?

1.27 Jaký proud je třeba, aby se z roztoku CuSO₄ za 1 minutu vyloučilo 10 mg mědi? Uvažujte hodnoty $A_r(\text{Cu}) = 63,5$, $A_r(\text{S}) = 32$ a $A_r(\text{O}) = 16$.



Obr. 1.2: K úloze 1.25

1.3 Stacionární a nestacionární magnetické pole

1.28 Příčný vodič délky 30 cm je umístěn v homogenním magnetickém poli o indukci 0,4 T. Vodičem prochází proud 2 A. Jak velká magnetická síla působí na vodič, svírá-li se směrem indukčních čar úhel 30°?

1.29 Dva 10 m dlouhé přímé a rovnoběžné vodiče se přitahují silou 20 mN. Jak jsou od sebe daleko, když jimi oběma protéká proud 50 A?

1.30 Částice α se pohybuje rychlostí v o velikosti 550 m · s⁻¹ v homogenním magnetickém poli o indukci B , jejíž velikost je 0,045 T. Částice α má náboj $3,2 \cdot 10^{-19}$ C a hmotnost $6,6 \cdot 10^{-27}$ kg. Úhel mezi vektory \mathbf{v} a \mathbf{B} je 52°. Jaká je velikost magnetické síly, kterou působí na částici magnetické pole, a zrychlení částice způsobené magnetické silou?

1.31 Jakou velikost musí mít magnetická indukce B homogenního magnetického pole působícího na paprsek elektronů, které letí rychlostí $1,3 \cdot 10^6$ m · s⁻¹, aby se pohybovaly po kružnici o poloměru 0,35 m?

1.32 V magnetickém poli se nachází kruhová smyčka o poloměru 2 cm. Normálový vektor plochy smyčky svírá s vektorem \mathbf{B} úhel 30° . Velikost magnetické indukce je $B = 50$ mT. Určete magnetický indukční tok touto smyčkou Φ .

1.33 Solenoid s 200 závitů má délku 25 cm, průměr 1 cm a protéká jím proud 0,3 A. Vypočtete velikost magnetické indukce B v dutině solenoidu.

1.34 Indukčnost hustě navinuté cívky o 400 závitěch je 8 mH. Vypočtete magnetický indukční tok cívku, jestliže jí protéká proud 5 mA.

1.4 Střídavý proud

1.35 Do obvodu harmonického střídavého proudu byly zapojeny wattmetr (ukazuje 550 W), voltmetr (ukazuje 220 V) a ampérmetr (ukazuje 5 A). Jaké je aktuální fázové zpoždění proudu vůči napětí?

1.36 Určete kapacitu kondenzátoru, který při frekvenci střídavého proudu v obvodu 48 Hz ruší účinek indukčnosti 3,6 H.

1.37 Určete induktanci cívky s indukčností 280 mH, prochází-li jí střídavý proud o frekvenci 50 Hz a o amplitudě 400 mA. Urči amplitudu a efektivní hodnotu napětí na cívce.

1.38 Jakou účinnost má třífázový turboalternátor, poháněný turbínou o výkonu 640 kW, jestliže dává proud 160 A? Generované napětí je 4 kV a účinník 0,8.

1.39 Zapojíme-li ke zdroji střídavého napětí žárovku, protéká jí proud 300 mA, zapojíme-li místo ní tlumivku, protéká jí proud 400 mA. Jaký proud proteče obvodem, zapojíme-li žárovku a tlumivku současně za sebou?

1.40 Sériový obvod RLC , buzený zdrojem s $U_e = 120$ V při frekvenci 60 Hz, sestává z rezistoru o odporu 200Ω , cívky s induktancí 80Ω a kondenzátorem s kapacitancí 150Ω . Jaký je účinník $\cos \varphi$ a fázový posuv φ v tomto obvodu?

1.41 Rozvodný transformátor je napájen primárním napětím $U_1 = 22$ kV a dodává energii do okolních domů při napětí $U_2 = 230$ V. Předpokládejme ideální transformátor, odporovou zátěž a účinník roven jedné. Jaký je poměr počtu závitů na transformátoru? Je-li střední výkon spotřebičů v domech 78 kW, jaké jsou efektivní hodnoty proudu na primárním a sekundárním vinutí?

1.5 Elektromagnetické kmitání a vlnění

1.42 Oscilační obvod přijímače je naladěn na příjem vysílání přenášeného elektromagnetickým vlněním o vlnové délce 5 m. Určete indukčnost cívky ladicího oscilačního obvodu, je-li kapacita obvodu 20 pF.

1.43 Porovnejte rychlost šíření elektromagnetické vlny ve vakuu s rychlostí šíření této vlny v daném homogenním látkovém prostředí, jestliže délky vlny v tomto prostředí je 100 m. Frekvence elektromagnetické vlny je 2 MHz, rychlost šíření elektromagnetického vlnění ve vakuu je $3 \cdot 10^8$ m·s⁻¹.

1.44 Určete vlnovou délku záření v mikrovlnné troubě, jejíž magnetron vyzařuje na frekvenci 2,45 GHz.

1.45 Elektromagnetický kmitavý obvod emituje vlny o frekvenci 120 MHz. Pak vnitřek vakuového kondenzátoru vyplníme dielektrikem s relativní permeabilitou 9. Jak se změní frekvence kmitání?

2. Optika a fyzika mikrosvětla

2.1 Paprsková optika

2.1 Výška Jaromíra Jágra je 190 cm. Jak vysoké musí být svisle zrcadlo, aby v něm viděl svou postavu celou?

2.2 Mol je 10 cm před rovinným zrcadlem přibližně ve výšce vašich očí. Vy jste za molem, tedy 30 cm před zrcadlem. Na jakou vzdálenost musíte zaostřit oči, abyste viděli obraz mola v zrcadle?

- 2.3** Martin, jehož oči jsou ve výšce 1,7 m, chce zjistit výšku komína, jehož pata je od Martina vzdálena 54 m. Na vodorovnou zem před sebou položil ve vzdálenosti 1,5 m rovinné zrcátko, v němž právě vidí vrchol komína. Jaká je výška komína?
- 2.4** Paprsek se láme ze vzduchu do skla. Určete úhel dopadu paprsku, je-li úhel lomu roven 40° a index lomu skla je 1,52.
- 2.5** Jakou rychlostí se šíří světlo v diamantu, jestliže mezní úhel pro přechod světelného paprsku z diamantu do vzduchu je $24^\circ 40'$?
- 2.6** Předmět leží ve vzdálenosti 10 cm od tenké spojné čočky a skutečný převrácený obraz ve vzdálenosti 20 cm od čočky. Určete optickou mohutnost čočky.
- 2.7** Dopravní zrcadla na křižovatkách jsou vypuklá, mívají průměr 90 cm a ohniskovou vzdálenost 1,73 m. Jak daleko za zrcadlem vidíme obraz automobilu, který se nachází 20 m před zrcadlem? Kolikrát je obraz automobilu zmenšen?
- 2.8** Filmová kamera, jejíž objektiv je jednoduchá čočka s ohniskovou vzdáleností 75 mm, snímá obraz osoby vysoké 180 cm stojící ve vzdálenosti 27 m. Jaká je výška obrazu osoby na filmu?
- 2.9** Tarantule výšky h sedí před kulovým zrcadlem s ohniskovou vzdáleností $|f| = 40$ cm. Obraz tarantule vytvořený zrcadlem je orientován shodně jako předmět a má výšku $h' = 0,2h$. Je obraz reálný nebo virtuální? Leží na stejné nebo opačné straně zrcadla? Je zrcadlo duté nebo vypuklé?
- 2.10** Moskyt z jurského období byl nalezen zalitý v kusu jantaru s indexem lomu 1,6. Jeden povrch jantaru tvoří vypuklá kulová plocha s poloměrem křivosti 3 mm, hlava moskyta leží na centrální ose této kulové plochy. Díváme-li se ve směru osy, jeví se nám hlava vnořena do jantaru v hloubce 5 mm pod povrchem. V jaké hloubce je ve skutečnosti?
- 2.11** Kudlanka nábožná loví na ose tenké symetrické čočky ve vzdálenosti 20 cm od ní. Její příčné zvětšení při zobrazení čočkou je $-0,25$ a index lomu materiálu čočky je 1,65. Určete typ obrazu vytvořeného čočkou, druh čočky, zda se předmět nachází blíže k čočce, nebo dále od ní než ohnisko, na které straně čočky vnikne obraz a zda je obraz převrácený. Jaká je velikost r obou poloměrů křivosti čočky?
- 2.12** Sestrojte obraz předmětu o výšce 1 cm, který se nachází 4 cm od vrcholu konvexního zrcadla (10 cm od vrcholu konkávního zrcadla). Řešte pro konvexní i konkávní sférické zrcadlo o poloměru křivosti 8 cm. Porovnejte s výpočtem.
- 2.13** Sestrojte obraz předmětu o výšce 1 cm, zobrazeného spojnou čočkou, která má ohniskovou vzdálenost 3 cm. Řešte pro vzdálenost předmětu 5 cm. Vzdálenosti a' a y' ověřte výpočtem. Úlohu řešte i pro rozptylku s ohniskovou vzdáleností -3 cm.
- 2.14** Daleký bod oka je ve vzdálenosti 50 cm od oka. Jaké brýle budou korigovat tuto vadu?
- 2.15** Člověka vysokého 180 cm pozorujeme ze vzdálenosti 50 m. Pod jakým zorným úhlem jej vidíme?
- 2.16** Při pozorování předmětu lupou byl zdánlivý obraz předmětu pětkrát větší než předmět umístěný ve vzdálenosti 4 cm před lupou. Jaká je optická mohutnost lupy a jaké je v daném případě její zvětšení?
- 2.17** Fotografujeme předmět 2 m vysoký ve vzdálenosti 10 m. Jak velký bude jeho obraz na políčku filmu, když ohnisková vzdálenost použitého fotoaparátu je 50 mm?
- 2.18** Mikroskop zvětšoval 360krát při 60násobném zvětšení objektivu. Jak se změní zvětšení mikroskopu, jestliže okulár zaměníme jiným okulárem s ohniskovou vzdáleností 30 mm?
- 2.19** Při pozorování je třeba použít mikroskop, jehož objektiv je od pozorovaného předmětu vzdálen 36 mm. Jakou ohniskovou vzdálenost musí mít objektiv, má-li být celkové zvětšení mikroskopu $200\times$ a zvětšení okuláru $40\times$?
- 2.20** Keplerův dalekohled, jehož objektiv a okulár jsou od sebe vzdáleny 80 cm, zvětšuje 19krát. Určete ohniskovou vzdálenost objektivu a okuláru.

2.2 Vlnová optika

- 2.21** Kruhová spojná čočka o průměru $d = 32$ mm a s ohniskovou vzdáleností $f = 24$ cm vytváří ve své ohniskové rovině obrazy vzdálených bodových objektů. Používáme-li světlo o vlnové délce $\lambda = 550$ nm a

bereme-li v úvahu difrakci na apertuře čočky, jako úhlovou vzdálenost musejí mít dva bodové objekty, aby splňovaly Rayleighovo kritérium rozlišení?

2.22 Na difrakční mřížku mající 500 vrypů na milimetr dopadá kolmo monochromatické světlo o vlnové 600 nm. Určete polohu 2. maxima.

2.23 Určete vlnovou délku světla, které se interferencí zcela zruší při kolmém osvětlení tenké vzduchové mezery o tloušťce 1 000 nm bílým světlem, když pozorujeme odražené světlo.

2.24 Na Newtonova skla dopadá kolmo monochromatické světlo. Plankonvexní (ploskovypuklá) čočka má poloměr křivosti 5 m a desátý temný kroužek má průměr 10 mm. Určete délku vlny dopadajícího světla, jestliže pozorování se provádí ve světle odraženém.

2.25 Duhové zbarvení povrchu křídel motýlů z rodu *Morpho* je důsledkem konstruktivní interference světla odraženého na tenkých terasovitě uspořádaných stupních buněčných blan (kutikul). Ty jsou rovnoběžné s povrchem křídel a rozšiřují se směrem ke středové části kolmé ke křídlu. Stupně mají index lomu $n = 1,53$ a tloušťku $h_t = 63,5$ nm a jsou odděleny vzduchovou mezerou tloušťky $h_v = 127$ nm. Jestliže na ně světlo dopadá kolmo, pro jakou vlnovou délku viditelného světla vzniká při odrazu interferenční maximum?

2.26 Čípky v lidském oku jsou nejcitlivější na žlutozelenou barvu s vlnovou délkou okolo 555 nm, tyčinky mají maximum citlivosti posunutou k 510 nm. Jakou teplotu by musel mít zdroj, aby vyzařoval maximálně právě na těchto vlnových délkách?

2.3 Fotometrie

2.27 Lampa o svítivosti 200 cd ve výšce 4 m osvětluje překladiště. Lampu pak vyměnili za jinou o svítivosti 900 cd. Jak vysoko ji musíme umístit, aby osvětlení překladiště bylo nyní $2 \times$ větší?

2.28 Osvětlení 2 m daleko od bodového zdroje světla o svítivosti 100 cd je 25 lx. Jaké osvětlení naměříme ve stejném místě, jestliže 50 cm za zdrojem umístíme rovinné zrcadlo kolmo na spojnici zdroje a bodu, ve kterém měříme osvětlení?

2.29 Určete, z jaké vzdálenosti bude ještě vidět svíčka o svítivosti 1 cd, jestliže povrch oční pupily za temna je $0,4 \text{ cm}^2$ a nejmenší tok světla, na který lidské oko ještě reaguje, je $\Phi = 10^{-13}$ lm.

2.30 Žárovka je umístěna ve výšce 2 m nad středem stolu 4 m dlouhého a 2 m širokého. Urči svítivost žárovky, má-li být osvětlení celého stolu nejméně 50 lx.

2.31 Dva bodové zdroje světla o svítivosti 100 cd a 50 cd jsou do sebe vzdáleny 2,4 m. Mezi oba zdroje je třeba postavit neprůhledné stínítko tak, aby bylo z obou stran stejně osvětleno. Určete vzdálenost tohoto stínítka od prvního zdroje světla.

2.4 Základy fyziky mikrosvěta

2.32 Oranžové světlo dálniční výbojky má vlnovou délku 589 nm. Jaká je příslušná energie fotonu tohoto světla?

2.33 Jaká je vlnová délka de Broglieho vlny elektronu jehož kinetická energie je 120 eV?

2.34 Výstupní práce draslíku a cesia jsou 2,25 eV a 2,14 eV. Uskuteční se fotoelektrický jev pro některý z těchto prvků pro dopadající světlo o vlnové délce 565 nm? Uskuteční se pro světlo o vlnové délce 518 nm?

2.35 Jaký je maximální posuv vlnové délky pro Comptonův rozptyl fotonu na volném protonu?

2.36 Jaká je vlnová délka fotonu s nejmenší možnou energií, emitovaného v rámci přechodů uvnitř Lymanovy série pro spektrální čáry atomu vodíku?

2.37 Vlnová délka světla příslušná prahové frekvenci je pro stříbro 325 nm. Najděte nejvyšší kinetickou energii elektronů emitovaných z povrchu stříbra ultrafialovým světlem o vlnové délce 254 nm.

2.38 Kolik energie je třeba k oddělení všech nukleonů, které tvoří typické středně hmotné jádro ^{120}Sn ? Jaká je hodnota vazební energie na jeden nukleon v tomto nuklidu?

2.39 Poločas rozpadu polonia izotopu ^{218}Po je 3,03 min. Určete střední dobu života tohoto izotopu.

2.40 Polotloušťka olova pro ochranu proti záření γ činí 3 cm. Jak silná vrstva olova zeslabí účinek záření 16krát?

2.41 Měření vzorku horniny z Měsíce na hmotnostním spektrometru ukázala, že poměr počtu stabilních atomů ^{40}Ar k počtu radioaktivních atomů draslíku ^{40}K je 10,3. Předpokládejme, že všechny argonové atomy vznikly s rozpadem draslíku s poločasem rozpadu $\tau = 1,25 \cdot 10^9$ y. Jaké je stáří horniny?

2.42 Blok jaderné elektrárny, která přeměňuje jadernou energii v elektrickou s účinností 35 %, má elektrický výkon 440 MW. Určete hmotnost uranu ^{235}U , která se spotřebuje v elektrárně za 24 hodin, jestliže při štěpení jednoho jádra uranu ^{235}U se uvolní energie 200 MeV.