INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
FAKULTA STROJNÍ

FYZIKA II - V PŘÍKLADECH

Řešené příklady

Problémové a testové úlohy

Prof. RNDr. Vilém Mádr, CSc.
Prof. Ing. Libor Hlaváč, Ph.D.
Doc. Ing. Irena Hlaváčová, Ph.D.
Mgr. Art. Dagmar Mádrová

Ostrava 2013

Tento studijní materiál vznikl za finanční podpory Evropského sociálního fondu (ESF) a rozpočtu České republiky v rámci řešení projektu: CZ.1.07/2.2.00/15.0463, MODERNIZACE VÝUKOVÝCH MATERIÁLŮ A DIDAKTICKÝCH METOD

Název: Fyzika II - v příkladech

Autoři: Prof. RNDr. Vilém Mádr, CSc., Prof. Ing. Libor Hlaváč, Ph.D., Doc. Ing. Irena Hlaváčová, Ph.D., Mgr. Art. Dagmar Mádrová

Vydání: první, 2013

Počet stran: 78

Náklad: 5

Jazyková korektura: nebyla provedena.



Tyto studijní materiály vznikly za finanční podpory Evropského sociálního fondu a rozpočtu České republiky v rámci řešení projektu Operačního programu Vzdělávání pro konkurenceschopnost.



Název: Modernizace výukových materiálů a didaktických metod

Číslo: CZ.1.07/2.2.00/15.0463

Realizace: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

© Prof. RNDr. Vilém Mádr, CSc., Prof. Ing. Libor Hlaváč, Ph.D., Doc. Ing. Irena Hlaváčová, Ph.D., Mgr. Art. Dagmar Mádrová

© Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

ISBN 978-80-248-3179-4

OBSAH

1 ŘEŠENÉ PŘÍKLADY 5
1.1 Příklad 7 5
1.2 Příklad 8 7
1.3 Příklad 9 9
1.4 Příklad 10 12
1.5 Příklad 11 15
1.6 Příklad 12 17
1.7 Příklad 13 19
2 PROBLÉMOVÉ A TESTOVÉ ÚLOHY 22
3 Teplo 22
3.1 Teplotní délková roztažnost 22
3.2 Teplo 23
3.3 Teplotní změny. Stavová rovnice ideálního plynu 24
3.4 Vnitřní energie a práce plynů. Zákon zachování energie 26
3.5 1. věta termodynamiky – zákon zachování energie 29
3.6 2. věta termodynamiky – rozptyl energie 30
4 Elektřina 31
4.1 Elektrostatické pole 31
4.2 Pohyb náboje v elektrostatickém poli 34
5 Magnetismus 41
5.1 Magnetické pole 41
5.2 Pohyb náboje v magnetickém poli 46
5.3 Střídavý proud. Elektromagnetické oscilační obvody 48
6 Optika 50
6.1 Elektromagnetické záření. Fotometrie 50
6.2 Geometrická optika 52
6.3 Vlnové vlastnosti elektromagnetického záření 54
6.4 Částicové vlastnosti elektromagnetického záření. Fotoelektrický jev 58
7 Atomistika 65

7.1 Elektronový obal 65
7.2 Jádro atomů 66
7.3 Jaderné přeměny a jaderné záření 69
7.4 Úbytek jaderného záření v čase a na překážce 71
3 ŘEŠENÍ ÚLOH 73
3 Teplo 73
3.1 Teplotní délková roztažnost 73
3.2 Teplo 73
3.3 Teplotní změny. Stavová rovnice ideálního plynu 73
3.4 Vnitřní energie a práce plynů. Zákon zachování energie 73
3.5 1. věta termodynamiky – zákon zachování energie 73
3.6 2. věta termodynamiky – rozptyl energie 74
4 Elektřina 74
4.1 Elektrostatické pole 74
4.2 Pohyb náboje v elektrostatickém poli 74
5 Magnetismus 74
5.1 Magnetické pole 74
5.2 Pohyb náboje v magnetickém poli 75
5.3 Střídavý proud. Elektromagnetické oscilační obvody 75
6 Optika 75
6.1 Elektromagnetické záření. Fotometrie 75
6.2 Geometrická optika 75
6.3 Vlnové vlastnosti elektromagnetického záření 75
6.4 Částicové vlastnosti elektromagnetického záření. Fotoelektrický jev 76
7 Atomistika 76
7.1 Elektronový obal 76
7.2 Jádro atomů 76
7.3 Jaderné přeměny a jaderné přeměny 76
7.4 Úbytek jaderného záření v čase a na překážce 76
4 LITERATURA 78

1 ŘEŠENÉ PŘÍKLADY

1.1 PŘÍKLAD 7

Zadání:

Vzduchová bublina na dně Černého jezera v hloubce $h=40\ m$ má při teplotě $t_1 = 4°C$ poloměr $r_1 = 1\ cm$. Pomalu stoupá, přičemž se její objem zvětšuje. Vypočítejte, jaký bude mít poloměr, když dosáhne povrchu jezera, kde je teplota $t_2 = 25°C$. Povrchové napětí vody nebereme v úvahu, atmosférický tlak předpokládáme $b = 0,1\ MPa$.



Řešení:

h = 26 m
t_1 = 4°C → T_1 = 277,15 K
r_1 = 1 cm = 0,01m
t_2 = 25°C → T_2 = 298,15 K
p_{atm} = 0,1MPa = 100 000 Pa
ρ = 998 kg·m^{-3}
g = 9,81 m·s^{-2}

---

r_2 = ?

Řešení:

Provedeme výpočet tlaku p_1, který působí na bublinu na dně. Bude to součet hydrostatického tlaku v hloubce *h* a atmosférického tlaku, který působí na hladinu vody.

$$p_{hydrost.} = h\,\rho\,g = 25 \cdot 998 \cdot 9{,}81 = 291\,615{,}20\ Pa$$

$$p_1 = p_{hydrost} + p_{atm} = 291\,615{,}20 + 100\,000 = 391\,615{,}20\ Pa$$

$$p_2 = p_{atm} = 100\,000\ Pa$$

Dále provedeme výpočet objemu vzduchu v bublině na dně jezera.

$$V_1 = \frac{4}{3}\pi r_1^3 = \frac{4}{3}\pi\, 0{,}01^3 = 4{,}188 \cdot 10^{-6} m^3$$

Ze stavové rovnice vyjádříme objem vzduchu V_2 v bublině na hladině.

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} \Rightarrow V_2 = \frac{p_1 V_1 T_2}{T_1 p_2} = \frac{391615{,}20 \cdot 4{,}188 \cdot 10^{-6} \cdot 298{,}15}{277{,}15 \cdot 100000} = 2{,}215 \cdot 10^{-5} m^3$$

$A_f = \frac{Q_1 \cdot a_n{}^2}{350}$Zpětně z objemu V_2 dopočítáme poloměr bubliny r_2.

$$V_2 = \frac{4}{3}\pi r_2^3 \Rightarrow r_2 = \sqrt[3]{\frac{3\,V_2}{4\,\pi}} = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot 2{,}215 \cdot 10^{-5}}{4\,\pi}}$$

$$r_2 = 0{,}0174 m = 1{,}74 cm$$

Závěr:
Poloměr bubliny při dosažení hladiny jezera bude 1,74 cm.

1.2 PŘÍKLAD 8

Zadání:

Paprsek elektronů vstupuje mezi dvě elektricky nabité rovnoběžné desky vzdálené 3 cm od sebe rychlostí $v = 0{,}5.10^{8}$ m.s^{-1}. Mezi desky vstupuje otvorem v kladné desce a jeho vektor rychlosti svírá s kolmicí k rovině desky v místě otvoru úhel 30°. Pro plošnou hustotu náboje na deskách $\sigma = 6.10^{-6}$ C.m^{-2} určete, v jaké vzdálenosti od tohoto místa musíme v desce vyvrtat otvor, kterým bude elektronový paprsek zase vystupovat ven. Stanovte napětí mezi deskami rozměru 15 x 20 cm.



Řešení:

$d = 3$ cm $= 0{,}03$ m
$v = 0{,}5.10^{8}$ m.s^{-1}
$\alpha = 30°$
$\sigma = 6.10^{-6}$ C.m^{-2}
$e = 1{,}602.10^{-19}$ C
$\varepsilon = 8{,}854.10^{-12}$ F.m^{-1}
$m_e = 9{,}1.10^{-31}$ kg
$S =$ 15 x 20 cm $= 0{,}15$ x $0{,}2$ m^2

$s = ?$, $U = ?$

Nejprve je třeba si uvědomit, že v paprsku, který je tvořen elektrony, každý zachovává svoji individualitu, ale chovají se naprosto shodně. Stačí tedy sledovat pohyb jednoho elektronu. Dále je třeba mít na paměti, že stejně, jako ve všech dalších obdobných případech, si můžeme natočit souřadný systém tak, že vektor rychlosti leží v rovině xy a desky jsou rovnoběžné s rovinou yz. Vstupní rychlost pak můžeme rozložit na dvě složky, a to kolmou k rovině desek

$$v_{\perp} = v.\cos\alpha$$

a rovnoběžnou s rovinou desek.

$$v_{\parallel} = v.\sin\alpha$$

Protože ve směru rovnoběžném s deskami nepůsobí žádná síla, bude se elektron v tomto směru pohybovat rovnoměrně přímočaře a jeho dráha v tomto směru bude určena vztahem

$$s = v_{\parallel}.t = v.t.\sin\alpha$$

Naproti tomu ve směru kolmém k deskám působí síla elektrického pole o velikosti

$$F = m_e a = e\frac{\sigma}{\varepsilon}$$

Tato síla je odpudivá vzhledem k pozici desek a skutečnosti, že náboj elektronu je záporný. Mezi deskami se bude tedy elektron nejprve zpomalovat a po zastavení opět zrychlovat směrem ke kladné desce. Vývoj rychlosti je popsán rovnicí

$$v(t) = v_{\perp} - at = v.\cos\alpha - \frac{e\sigma}{\varepsilon m_e}t$$

Čas, za který dorazí elektron zpět ke kladné desce je totožný s časem, který potřebujeme k výpočtu dráhy ve směru rovnoběžném s deskami, abychom stanovili pozici otvoru, který máme vyvrtat. Zároveň je zřejmé, že při návratu ke kladné desce bude mít elektron rychlost stejně velkou jako při vstupu, ale opačného směru; platí tedy

$$-v_{\perp} = -v.\cos\alpha = v.\cos\alpha - \frac{e\sigma}{\varepsilon m_e}t \quad \Rightarrow \quad 2.v.\cos\alpha = \frac{e\sigma}{\varepsilon m_e}t \quad \Rightarrow \quad t = \frac{2\varepsilon m_e v.\cos\alpha}{e\sigma}$$

Dosazením času do rovnice pro dráhu ve směru podél desek a úpravou dostaneme

$$s = v.t.\sin\alpha = v.\frac{2\varepsilon m_e v.\cos\alpha}{e\sigma}.\sin\alpha \quad \Rightarrow \quad s = \frac{\varepsilon m_e v^2}{e\sigma}.\sin 2\alpha$$

Dosazením čísel získáme výsledek

$$s = \frac{8,854.10^{-12}\ 9,1.10^{-31}\left(0,5.10^{8}\right)^{2}}{1,602.10^{-19}\ 6.10^{-6}}.\sin(2.30°) \cong 18,15\ \text{mm}$$

Výstupní otvor pro elektronový paprsek musíme při zadaných podmínkách vyvrtat ve vzdálenosti 18,15 mm od vstupního otvoru, a to v kladném směru osy y při zavedení souřadného systému uvedeným způsobem.

Napětí mezi deskami stanovíme nejlépe na základě definičního vztahu

$$U = \int \vec{E}.d\vec{s} \quad pro\ případ\ dvou\ nabitých\ rovnoběžných\ desek\ \ je\ E = konst \Rightarrow U = \frac{\sigma}{\varepsilon}d$$

Číselně tedy

$$U = \frac{6.10^{-6}}{8,854.10^{-12}}0,03 = 20330\,V$$

Napětí mezi deskami je 20330 V.

Závěr:

Při zadaných veličinách je třeba vyvrtat výstupní otvor pro elektronový paprsek přibližně ve vzdálenosti 18,15 mm od vstupního a napětí na deskách upravujících směr paprsku je napětí 20330 V.

Poznámka: Jedná se o elektrostatické zrcadlo pro elektronový paprsek a trajektorie elektronů mezi deskami je symetrická část paraboly obsahující vrchol, který je zároveň bodem maximálního průniku paprsku mezi desky.

Alternativní stanovení napětí:

$$Q = CU \ \Rightarrow\ U = \frac{Q}{C} \ \wedge\ Q = \sigma S \ \wedge\ C = \varepsilon\frac{S}{d}$$

Kromě úpravy na předchozí použitý vzorec pro napětí můžeme postupovat také cestou číselného určení náboje a kapacity, ze kterých pak podílem stanovíme napětí (hodnota je shodná s předchozí, ale vzhledem k mezivýpočtům může být zatížena větším množstvím zaokrouhlovacích nejistot – chyb):

$$Q = 6.10^{-6}.0,15.0,2 = 1,8.10^{-7}\,\text{C} \ \wedge\ C = 8,854.10^{-12}\frac{0,15.0,2}{0,03} = 8,854.10^{-12}\,\text{F}$$

$$U = \frac{Q}{C} \Rightarrow U = \frac{1,8.10^{-7}}{8,854.10^{-12}} = 20330\,V$$

1.3 PŘÍKLAD 9

Zadání:

Elektron urychlený potenciálovým rozdílem 20 kV vlétne do homogenního magnetického pole indukce 50 mT. Směr rychlosti je určen jednotkovým vektorem $\mathbf{v_0}$ = 0,5.3^{0,5}.**i** + 0,5.**j**

a jednotkový vektor indukce magnetického pole $\mathbf{B_0} = \mathbf{j}$. Určete druh dráhy elektronu, sílu působící na elektron a parametry jeho pohybu (i číselně).



Řešení:

$U = 20\ \text{kV} = 20000\ \text{V}$

$\vec{v}^0 = \left(\frac{\sqrt{3}}{2}, \frac{1}{2}\right)$

$e = 1{,}602.10^{-19}\ \text{C}$

$m_e = 9{,}1.10^{-31}\ \text{kg}$

$B = 50\ \text{mT} = 0{,}05\ \text{T}$

$F = ?, r = ?, p = ?$

Základem řešení je uvědomit si, že máme-li dané dva vektory, vždy můžeme natočit souřadný systém tak, aby jeden z nich ležel v některé ze souřadných os a druhý v rovině, která obsahuje také uvedenou osu (zde je to osa y, neboť magnetické pole přímo v ní leží, vektor rychlosti leží v rovině x-y). Dále je třeba si uvědomit, že každý vektor je součinem velikosti a jednotkového vektoru. Pro určení směru je tedy potřeba provést operace s jednotkovými

vektory; výsledný vektor je pak součinem zjištěné velikosti vektoru a výsledného vektoru vzniklého operacemi mezi jednotkovými vektory.

Řešení příkladu rozdělíme na dvě části. V první určíme velikost vektoru rychlosti, ve druhé pak velikost síly působící na elektron a z toho vyplývající druh dráhy a parametry pohybu (u magnetického pole jsou tři možnosti – přímka, kružnice a šroubovice).

Velikost vektoru rychlosti určíme z toho, že práce urychlovacího potenciálového rozdílu elektrického pole (napětí) se přemění na kinetickou energii elektronu:

$$\frac{1}{2}m_e v^2 = eU \quad \Rightarrow \quad v = \sqrt{\frac{2eU}{m_e}}$$

Ve druhé fázi určíme směr vektoru Lorenzovy síly, která působí v magnetickém poli na pohybující se elektricky nabité objekty:

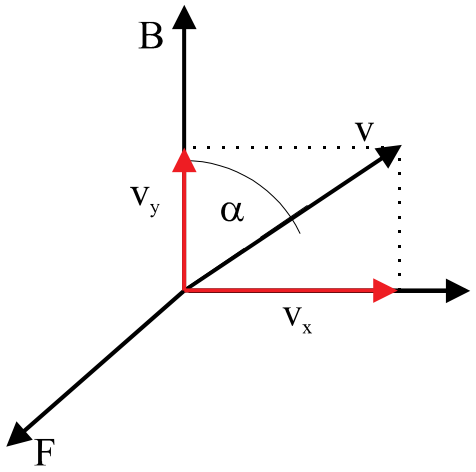
$$\vec{F}_L = q(\vec{v} \times \vec{B})$$

v tomto případě využijeme jednotkové vektory, abychom stanovili směr vektoru síly a podíl velikosti síly z její maximální možné velikosti, která nastává pro kolmé vektory ve vektorovém součinu.

$$\vec{F}_{Lj} = \vec{v}_o \times \vec{B}_o = \left(\frac{\sqrt{3}}{2}\vec{i} + \frac{1}{2}\vec{j}\right) \times \vec{j} = \frac{\sqrt{3}}{2}(\vec{i} \times \vec{j}) + \frac{1}{2}\vec{j} \times \vec{j} = \frac{\sqrt{3}}{2}\vec{k} + \vec{0} = \frac{\sqrt{3}}{2}\vec{k}$$

Je zřejmé, že velikost vektoru získaného součinem jednotkových vektorů rychlosti náboje a indukce magnetického pole je sinus úhlu mezi těmito vektory. Celková síla je tedy určena takto:

$$\vec{F}_L = q|\vec{v}||\vec{B}|\vec{F}_{Lj} \quad \Rightarrow \quad \vec{F}_L = 1{,}602.10^{-19}\sqrt{\frac{2.1{,}602.10^{-19}.20000}{9{,}1.10^{-31}}}.50.10^{-3}.\frac{\sqrt{3}}{2}.\vec{k} = 5{,}821.10^{-13}\,N$$



Z obrázku je patrné, že rychlost je možno rozložit na dvě nezávislé složky, z nichž jedna je kolmá ke směru magnetického pole (v_x) a druhá je s tímto směrem rovnoběžná (v_y). Na

kolmou složku působí neustále kolmá síla F (která se otáčí spolu s otáčející se složkou v_x tak, že je k ní i směru pole B kolmá), proto se trajektorie nabitého objektu začne stáčet do kružnice a rychlost v_x je přitom obvodovou rychlostí. Na složku vy však pole nepůsobí, protože vektorový součin dvou rovnoběžných vektorů je nulový vektor, ve směru y se tedy bude objekt pohybovat rovnoměrně přímočaře, pokud na něj nebude působit nějaká odporová či jiná síla. Výsledkem složení uvedených nezávislých pohybů je šroubovice, která pro úhel $\alpha = 90°$ přechází v kružnici a pro úhel $a = 0°$ v přímku. Pro pohyb po kružnici platí tato rovnováha mezi dostředivou a odstředivou silou:

$$q.\left(\vec{v}_x \times \vec{B}\right) = \vec{m.a_d} = m.\frac{v_x^2}{r}.\vec{a}_{do} \quad \vec{a}_{do} \text{ je jednotkový vektor ve směru dostředivého zrychlení}$$

Z toho tedy po úpravách vyjde vzorec pro určení poloměru pohybu po kružnici ve tvaru

$$r = \frac{m.v.\sin\alpha}{q.B} \quad \Rightarrow \quad \text{pro zadané hodnoty} \quad r = \frac{\sqrt{3.2.1{,}602.10^{-19}.20000.9{,}1.10^{-31}}}{2.1{,}602.10^{-19}.50.10^{-3}} = 8{,}256 \text{ mm}$$

Stoupání šroubovice je dráha, kterou urazí objekt pohybem rovnoměrným přímočarým rychlostí rovnoběžnou se směrem pole (zde v_y) za jednu periodu (jeden oběh rychlostí kolmou – zde v_x). Z toho tedy určíme vztah pro stoupání p:

$$p = v_y.T = v.\cos\alpha\ .T = v.\cos\alpha\ .\frac{2.\pi.r}{v.\sin\alpha} = 2.\pi.r.\mathrm{cotg}\alpha = \frac{2.\pi.r}{\mathrm{tg}\alpha} \quad \Rightarrow \quad p = \frac{2.\pi.8.256.10^{-3}}{\sqrt{3}} = 30 \text{ mm}$$

Závěr:

Při zadané rychlosti a velikosti magnetického pole působí na elektron síla F = 5,821.10^{-13} N, která způsobuje pohyb po šroubovici o poloměru r = 8,256 mm a stoupání P = 30 mm.

1.4 PŘÍKLAD 10

Zadání:

Z tabulek určete plyn ve výbojce, když po dopadu na difrakční mřížku s počtem vrypů 3000 cm^{-1} budou mít v ohniskové rovině čočky s ohniskovou vzdáleností 25 cm barevné proužky odpovídající 1. maximu tyto vzdálenosti od sebe navzájem: červená – 95,2 mm, žlutá – 88 mm, světle zelená – 83,1 mm



Řešení:

$N = 3000\ \text{cm}^{-1} = 300000\ \text{m}$
$f = L = 25\ \text{cm} = 250\ \text{mm}$
$2y_č = 95{,}2\ \text{mm}$
$2y_ž = 88\ \text{mm}$
$2y_z = 83{,}1\ \text{mm}$

$\lambda_č = ?,\ \lambda_ž = ?,\ \lambda_z = ?$

Řešení se opírá o základní vztahy a porovnání vypočítaných hodnot s tabelovanými.

Pro difrakční mřížku (nazývanou také optická mřížka) byl na základě interference odvozen pro úhel α mezi přímým směrem záření a směrem od středu mřížky k příslušnému maximu k sledované barvy (určené vlnovou délkou λ) tento vztah:

$$\sin\alpha = \frac{k\lambda}{a} = k\lambda N$$

kde a je mřížková konstanta a $N = 1/a$ je počet vrypů mřížky na zvolenou délkovou jednotku (zpravidla cm nebo mm).

Zároveň je možno určit pro úhel odklonu funkci tangens z hodnot, které je možno naměřit při sledování jevu na tzv. stínítku (překážka, na které se zobrazí interferenční obrazec vznikající po průchodu světla mřížkou). Označíme-li vzdálenost stínítka od mřížky L a vzdálenost středu příslušného maxima od středu centrálního maxima x (centrální maximum vzniká v okolí průsečíku přímky, která prochází ve směru původního paprsku středem mřížky, a stínítka), platí:

$$tg\alpha = \frac{x}{L} = \frac{y}{2L} \quad resp. \quad tg\alpha = \frac{x}{f} = \frac{y}{2f}$$

je-li použita čočka s ohniskovou vzdáleností f pro zobrazení interferenčního jevu do ohniskové roviny

kde y je vzdálenost symetricky umístěných maxim stejného řádu od sebe (přes centrální maximum).

Máme tedy zadány hodnoty y pro některá vybraná barevná maxima, ohniskovou vzdálenost fokusační čočky f a počet vrypů na mřížce N. Řešení je tedy určeno takto:

$$\lambda = \frac{\sin(arctg\alpha)}{kN} = \frac{\sin\left(arctg\frac{y}{2f}\right)}{kN} \Rightarrow \lambda_{č} = \frac{\sin\left(arctg\frac{95{,}2.10^{-3}}{2.0{,}25}\right)}{1.3000.10^{-2}} = 623{,}47nm$$

$$\lambda_{ž} = \frac{\sin\left(arctg\frac{88.10^{-3}}{2.0{,}25}\right)}{1.3000.10^{-2}} = 577{,}79nm \qquad \lambda_{z} = \frac{\sin\left(arctg\frac{83{,}1.10^{-3}}{2.0{,}25}\right)}{1.3000.10^{-2}} = 546{,}50nm$$

Závěr:

Porovnáním s tabulkou uvedenou níže pak snadno zjistíme, že ve výbojce jsou hlavní složkou rtuťové páry, neboť zjištěná barevná maxima odpovídají nejlépe spektru Hg.

Poznámka: Čáry 576,960 nm a 579,066 nm jsou tak blízko sebe, že jejich interferenční obrazy splývají do jediné čáry, jejíž maximum se nám jeví přibližně mezi nimi.

Vlnové délky některých intenzivních čar ve spektrech

Prvek	λ nm	Prvek	λ nm
H	410,174	Hg	404,660
	434,043		435,830
	434,050		491,610
	486,128		546,074
	486,136		576,960
	656,271		579,066
	656,285		623,440
He	447,148	Ne	519,786
	471,314		533,078
	492,193		540,056
	501,568		585,249
	587,563		594,484
	667,815		614,306
	706,520		640,225

1.5 PŘÍKLAD 11

Zadání:

Určete energii fotonu IR záření o vlnové délce 860 nm. Určete teplo dodané do interakčního prostoru za dvě minuty, dopadá-li na plochu velikosti 1 cm^2 $5{,}6.10^{12}$ fotonů za 1 ms a součinitel absorpce pro danou vlnovou délku je 0,32. Rozhodněte, zda dodané teplo stačí na vznícení materiálu tloušťky 0,15 mm a měrné hmotnosti (hustoty) 800 $kg.m^{-3}$? ($c_{papír}$ = 1,34 $kJ.kg^{-1}.K^{-1}$)



Řešení:

$\lambda = 860$ nm
$h = 6{,}6265.10^{-34}$ J.s
$c = 3.10^{8}$ m.s^{-1}
$\tau = 2$ min
$S = 1$ cm^2
$n_z = 5{,}6.10^{12}$ fotonů
$\tau_z = 1$ ms
$\alpha = 0{,}32$
$d = 0{,}15$ mm
$\rho = 800$ kg.m^{-3}
$c_{papír} = 1{,}34$ kJ.kg^{-1}.K^{-1}

$\Delta t = ?$

Řešení spočívá v tom, že stanovíme množství energie (tepla) dodané do látky ve vymezeném objemu a pomocí rovnice pro ohřev látky určíme teplotní rozdíl. Pokud teplota přesáhne zápalnou teplotu (pro papír je to 440°F, resp. cca 227°C) látka – papír – se zapálí. Pokud je teplotní rozdíl vyšší než 500°C, je možno říci, že se látka zapálí, pro teplotní rozdíl v rozmezí $(0;500\rangle$ °C, záleží na počáteční teplotě látky.

Určení energie fotonu:

$$E_f = h\frac{c}{\lambda} \Rightarrow E_f = 6{,}626.10^{-34}\frac{3.10^8}{860.10^{-9}} = 2{,}31.10^{-19}J = 1{,}44eV$$

Dodaná energie (teplo) je pak určena takto:

$$E_c = \alpha E_f n\tau = \alpha h\frac{c}{\lambda}\frac{n_z}{\tau_n}\tau \Rightarrow E_c = 0{,}32.6{,}626.10^{-34}\frac{3.10^8}{860.10^{-9}}\frac{5{,}6.10^{12}}{0{,}001}.120 = 49{,}7mJ$$

α – součinitel absorpce, n_z – zadaný počet fotonů dopadajících za čas τ_z, τ – čas

Rovnice pro ohřev látky (papíru) pak má tento tvar a řešení:

$Q = c_p m\Delta t = c_p \rho Sd\Delta t$ *sloučením s předchozím vztahem* $E_c = Q$ *pak platí*

$$\alpha h\frac{c}{\lambda}\frac{n_z}{\tau_n}\tau = c_p\rho Sd\Delta t \Rightarrow \Delta t = \frac{\alpha hcn_z\tau}{c_p\rho Sd\lambda\tau_n} \Rightarrow \Delta t = \frac{0{,}32.6{,}626.10^{-34}.3.10^8.5{,}6.10^{12}.120}{1340.800.0{,}0001.0{,}15.10^{-3}.860.10^{-9}.0{,}001} = 3{,}09°C$$

Závěr:

Za daných podmínek se papír ohřeje pouze o 3,09°C, proto k jeho zapálení může dojít jen v případě, že počáteční teplota bude vyšší než 224°C (asi 435°F).

Poznámka: Jedná se o obdobu zapalování papíru lupou, pouze vlnová délka je určena jako jediná hodnota a nikoli jako určité spektrum se zadaným rozložením intenzit.

Možnosti převodu stupňů Fahrenheita na Celsia a opačně: $C = \frac{5}{9}(F - 32) \Rightarrow F = \frac{9}{5}C + 32$ nebo $C = \frac{5}{9}F - 18 \Rightarrow F = \frac{9}{5}(C + 18)$. Rozdíl mezi hodnotami určenými odlišnými způsoby přepočtu je 0,22222°C při převodu F-C a 0,4°F při převodu C-F. Při převodu F-C dává vyšší hodnotu první možnost, při převodu C-F druhá.

1.6 PŘÍKLAD 12

Zadání:

Jakou vlnovou délku musí mít světlo, aby došlo k fotoemisi na kovu, jehož výstupní práce je 1,6 eV? Jakou rychlost budou mít fotoelektrony, použijeme-li k osvětlení záření vlnové délky 555 nm, a jaké je potřebné brzdné napětí?



Řešení:

$A_V = 1{,}6$ eV
$h = 6{,}6265.10^{-34}$ J.s
$\lambda = 555$ nm
$e = 1{,}602.10^{-19}$ C
$m_e = 9{,}1.10^{-31}$ kg
$S = 15 \times 20$ cm $= 0{,}15 \times 0{,}2$ m^2

$\lambda_0 = ?$, $v = ?$, $U_b = ?$

Řešení se opírá o základní rovnice popisující fotoelektrický jev, ať již bez dodatečného elektrického pole nebo s ním. Tyto rovnice jsou následující:

$$h\frac{c}{\lambda} = A_V + \frac{1}{2}m_e v^2 \quad \text{Ú} \quad h\frac{c}{\lambda} + |e|U = A_V + \frac{1}{2}m_e v^2 \quad \text{Ů} \quad h\frac{c}{\lambda_{lim}} = A_V$$

Limitní vlnová délka λ_{lim} je spojena s případem rovnosti energie fotonu a výstupní práce elektronu A_V.

První úkol tedy splníme dosazením do posledního vztahu:

$$h\frac{c}{\lambda_{lim}} = A_V \quad \Rightarrow \quad \lambda_{lim} = \frac{hc}{A_V} \quad \Rightarrow \quad \lambda_{lim} = \frac{6{,}626.10^{-34}.3.10^{8}}{1{,}6.1{,}602.10^{-19}} = 775{,}52nm$$

Rychlost fotoelektronů (uvolněných fotony z kovu) bude vypočtena z první výše uvedené rovnice.

$$h\frac{c}{\lambda} = A_V + \frac{1}{2}m_e v^2 \quad \Rightarrow \quad v = \sqrt{\frac{2\left(hc - A_V\lambda\right)}{m_e\lambda}} \quad \Rightarrow$$

$$v = \sqrt{\frac{2.\left(6{,}626.10^{-34}.3.10^{8} - 1{,}6.1{,}602.10^{-19}.555.10^{-9}\right)}{9{,}1.10^{-31}.555.10^{-9}}} = 334536ms^{-1}$$

Potřebné brzdné napětí určíme z prostřední rovnice, ve které bude v případě, kdy dojde k zastavení pohybu vyletujících elektronů, kinetická energie je nulová.

$$h\frac{c}{\lambda} + |e|U_b = A_V \quad \Rightarrow \quad U_b = \frac{A_V - h\frac{c}{\lambda}}{|e|} = \frac{A_V\lambda - hc}{|e|\lambda} \quad \Rightarrow$$

$$U_b = \frac{1{,}6.1{,}602.10^{-19}.555.10^{-9} - 6{,}626.10^{-34}.3.10^{8}}{1{,}602.10^{-19}.555.10^{-9}} = -0{,}636V$$

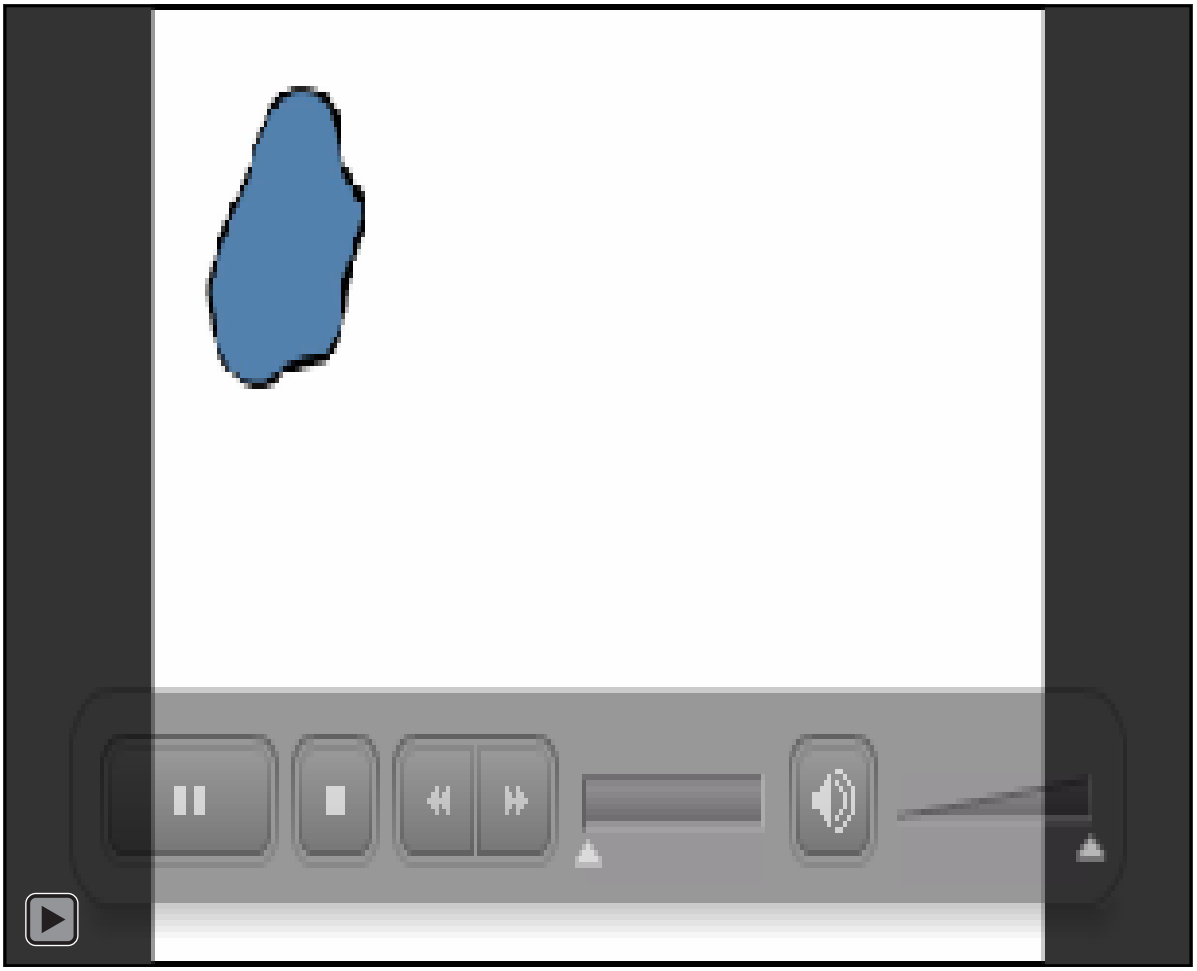
Závěr:

Limitní vlnová délka pro fungování fotoelektrického jevu na uvedeném kovu je 775,52 nm, při uvedené vlnové délce dopadajícího záření vznikají fotoelektrony s rychlostí 334536 $m.s^{-1}$ a potřebné napětí k jejich zastavení (brzdné napětí) je 0,636 V, přičemž musí být kladný potenciál přiveden na katodu (ozařovaná elektroda) a záporný potenciál na anodu.

1.7 PŘÍKLAD 13

Zadání:

Jakou střední hodnotu impulzů za minutu naměříme po deseti týdnech, je-li aktuální naměřená hodnota 150000 impulzů za minutu a poločas rozpadu látky je 46 dnů? Jaká tloušťka materiálu, jehož polovrstva (polotloušťka) je 15 mm, musí být potom použita, aby bylo zbývající záření odstíněno na úroveň pozadí (cca 25 impulsů/min)?



Řešení:

$N_0 = 150000\ min^{-1}$
t = 10 týdnů = 70 dnů
T = 46 dnů
D = 15 mm
$N_1 = 25\ min^{-1}$

N(t) = ?, d = ?

Řešení se opírá o dva základní vztahy související s poklesem intenzity radioaktivního záření v závislosti na čase (kromě typu zářiče charakterizovaného přeměnovou konstantou λ) a na tloušťce stínění, resp. překážky (kromě typu materiálu charakterizovaného absorpčním, resp. útlumovým, součinitelem μ).

$N(t) = N_o e^{-\lambda t}$ *pro závislost na čase;* $N(d) = N_o e^{-\mu d}$ *pro závislost na tloušťce materiálu*

První část úkolu je splnitelná dosazením do prvního vztahu, pokud stanovíme z poločasu rozpadu přeměnovou konstantu λ.

Vyjdeme z podmínky platné pro poločas rozpadu *T*:

$$\frac{1}{2}N_o = N_o e^{-\lambda T} \quad \Rightarrow \quad \ln\frac{1}{2} = -\ln 2 = \ln\left(e^{-\lambda T}\right) = -\lambda T \quad \Rightarrow \quad T = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

Přímým dosazením do prvního vztahu pak vypočteme počet impulsů po deseti týdnech takto (potřebné časové údaje převedeme na dny)

$$N(t) = N_o e^{-\frac{\ln 2}{T}t} \quad \Rightarrow \quad N(t) = 150000 e^{-\frac{\ln 2}{46}70} = 52240\ min^{-1}$$

Podobně jako u poločasu zjistíme z údaje o polovrstvě (polotloušťce) útlumový součinitel μ materiálu:

$$\frac{1}{2}N_o = N_o e^{-\mu D} \quad \Rightarrow \quad \ln\frac{1}{2} = -\ln 2 = \ln\left(e^{-\mu D}\right) = -\mu D \quad \Rightarrow \quad D = \frac{\ln 2}{\mu}$$

Nyní lze stanovit potřebnou tloušťku stínícího materiálu, za N_0 dosadíme aktuální hodnotu naměřenou po deseti týdnech, za konečnou hodnotu zadanou hodnotu pozadí N_1:

$$N_1 = N(d)\, e^{-\frac{\ln 2}{D}d} \quad \Rightarrow \quad \ln\frac{N_1}{N(d)} = \ln\left(e^{-\frac{\ln 2}{D}d}\right) \quad \Rightarrow \quad d = D\frac{\ln\left(\frac{N(d)}{N_1}\right)}{\ln 2} \quad \Rightarrow \quad d = 15\frac{\ln\left(\frac{52240}{25}\right)}{\ln 2} = 165{,}44\ mm$$

Závěr:

Pro zářič zadaných parametrů a pro stínící materiál zadaných parametrů platí, že po deseti týdnech bude úroveň jím způsobeného záření 52240 min^{-1} a potřebná tloušťka stínícího materiálu daného druhu, která zeslabí záření na úroveň pozadí je 165,44 mm.

2 PROBLÉMOVÉ A TESTOVÉ ÚLOHY

3 TEPLO

3.1 TEPLOTNÍ DÉLKOVÁ ROZTAŽNOST

3.1.1 Aby délka tyče vzrostla o 10 %, musí teplota vzrůst o Δt =

a) $0{,}1\ \alpha$

b) $\frac{1}{10\alpha}$

c) $0{,}9\ \alpha$

d) $\frac{1}{9\alpha}$

e) $0{,}01\ \alpha$

3.1.2 Máme-li tlakem kompensovat teplotní délkovou roztažnost, pak napětí σ k tomu potřebné je:

a) $\frac{\Delta t\ \alpha}{E}$

b) $E \cdot \alpha \cdot \Delta t \cdot l_0$

c) $E \cdot \alpha \cdot \Delta t$

d) $E \cdot \alpha$

e) jinak

3.1.3 Těleso objemu 1 m^3 po zahřátí o Δt zvětší svůj objem o 10 %. Kolik činí absolutní přírůstek objemu ΔV ?

a) $0{,}1\ m^3$

b) $0{,}01\ m^3$

c) $0{,}9\ m^3$

d) $0{,}09\ m^3$

3.2 TEPLO

3.2.1 K ohřátí 3 kg kapaliny z 0 °C na 100 °C potřebujeme $1{,}26 \cdot 10^6\ J$ tepla. Určete (střední) měrné teplo c této kapaliny!

a) $4{,}2\ J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$

b) $4{,}2 \cdot 10^3 J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$

c) $3{,}78 \cdot 10^3 J \cdot kg^{-1}$

d) $3{,}78\ J \cdot kg^{-1} \cdot K$

e) $4{,}2 \cdot 10^3 J \cdot kg^{-1}$

3.2.2 Molové teplo C je množství tepla potřebného k ohřátí

a) jednoho kilomolu látky o jeden stupeň

b) na kilomolů látky o jeden stupeň

c) jednoho kilomolu látky o Δt

d) n kilomolů látky o Δt

3.2.3 Z následujících vztahů, obsahujících Poissonovu konstantu neplatí:

a) $\kappa = 1 + \frac{R}{C_v}$

b) $C_p = \kappa \cdot C_v$

c) $p \cdot V^{\kappa} = konst.$

d) $p \cdot V^{\kappa} = R \cdot T^{\kappa}$

e) $\kappa = 1 - \frac{R}{C_v}$

3.2.4 Poissonova konstanta

a) je bezrozměrné číslo, větší než jedna

b) je bezrozměrné číslo menší než jedna

c) se udává $J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$

d) se udává $J \cdot kg^{-1}$

e) se udává v $J \cdot kmol^{-1} \cdot K^{-1}$

3.2.5 Který z uvedených vztahů přestavuje Mayerův vztah?

a) $C_p - c_V = R$

b) $C_p - C_V = R$

c) $C_V - C_p = R$

d) $c_p = R - c_V$

e) $M\ c_p - M\ c_V = R$

M představuje molovou hmotnost

3.3 TEPLOTNÍ ZMĚNY. STAVOVÁ ROVNICE IDEÁLNÍHO PLYNU

3.3.1 Jaký tlak má jeden kilomol vzduchu při teplotě 127 °C, je-li jeho objem 2 m^3 ?

a) $200 \cdot R$

b) $\frac{127}{2} \cdot R$

c) $\frac{127}{58} \cdot R$

d) nejde určit pro nedostatečné zadání

3.3.2 Tlak plynu zvýšíme napřed izochoricky (při objemu V_1) z hodnoty p_1 na p_2. Teplota vzroste z T_1 na T_2. Jaký bude objem V_x, snížíme-li dodatečně teplotu izobaricky na původní hodnotu T_1?

a) $V_x = V_1$

b) $V_x = \frac{R \cdot T_1}{p_2}$

c) $V_x = V_1 \frac{T_1}{T_2}$

d) $V_x = V_1 \frac{T_2}{T_1}$

3.3.3 Při 0 °C zaujímá plyn objem V_0. Při jaké teplotě T zaujme plyn $\frac{2}{3}$ původního objemu za předpokladu izobarické změny?

a) - 91 °C
b) 182 K
c) 409 K
d) 136,5 K
e) 455 °C

3.3.4 V termodynamickém systému probíhá izotermický děj. Jestliže objem plynu vzroste z V_1 na $2 \cdot V_1$, tlak se změní z p_1 na

a) $p_2 = 4 \cdot p_1$
b) $p_2 = p_1$
c) $p_2 = 2p_1$
d) $p_2 = \frac{1}{2} p_1$

3.3.5 Při polytropickém stlačení (n = 1,5) objemu $V_1 = 16\ l$ na $V_2 = 4\ l$ došlo k ohřátí plynu z teploty $T_1 = 300\ K$ na teplotu $T_2 =$

a) 150 K
b) 180 °C
c) 600 K
d) 6,6 °C

3.3.6 Pro jaká n

a) $n = 1$
b) $n = 0$
c) $n = \kappa$
d) $n \to \infty$

přechází rovnice polytropy na rovnici adiabaty?

3.3.7 Pro jaká n

a) $n = 1$
b) $n = 0$
c) $n = \kappa$
d) $n \to \infty$

přechází rovnice polytropy na rovnici izotermy?

3.3.8 Pro jaká n

a) $n = 1$
b) $n = 0$
c) $n = \kappa$
d) $n \to \infty$

přechází rovnice polytropy na rovnici izobary?

3.3.9 Pro jaká n

a) $n = 1$
b) $n = 0$
c) $n = \kappa$
d) $n \to \infty$

přechází rovnice polytropy na rovnici izochory?

3.4 VNITŘNÍ ENERGIE A PRÁCE PLYNŮ. ZÁKON ZACHOVÁNÍ ENERGIE

3.4.1 Tvrzení $\Delta U = -p \cdot \Delta V$ platí, když

a) systém je dokonale tepelně izolován
b) v systému probíhá izotermická změna
c) v systému probíhá izobarická změna
d) v systému probíhá izochorická změna
e) v systému probíhá adiabatická změna

3.4.2 V termodynamickém systému probíhá změna

a) izotermická
b) izobarická
c) izochorická
d) adiabatická
e) polytropická

Ve kterém případě a) až e) můžeme tvrdit, že vnitřní energie zůstane konstantní?

3.4.3 V termodynamickém systému probíhá změna

a) izotermická
b) izobarická
c) izochorická
d) adiabatická
e) polytropická

Ve kterém případě a) až e) můžeme tvrdit, že systém nekoná objemovou práci?

3.4.4 V termodynamickém systému probíhá změna

a) izotermická
b) izobarická
c) izochorická
d) adiabatická
e) polytropická

Ve kterém případě a) až e) můžeme tvrdit, že systém koná objemovou práci jen na úkor své vnitřní energie?

3.4.5 Plyn izotermicky expanduje z objemu V_1 na V_2 při teplotě T. Získaná práce je A_1. Necháme-li plyn expandovat při dvojnásobné teplotě $2 \cdot T$ za jinak stejných podmínek, bude získaná práce $A_2 =$

a) $\frac{1}{2} A_1$

b) $2 \cdot A_1$

c) $4 \cdot A_1$

d) $\frac{1}{4} A_1$

e) $A_1 \cdot \ln 2$

3.4.6 Plynu dodáme 400 J tepla. Určete velikost objemové práce, víte-li, že v systému probíhá izotermická změna: $p_1 = 1 \cdot 10^5$ Pa, $V_1 = 3\ m^3$

a) práce se nedá určit pro nedostatečné zadání

b) $A = \frac{400}{3} J$

c) $A = 400\, J$

d) $A = 3 \cdot 10^5\ J$

e) $A = 0$

3.4.7 Plyn izochoricky zahřejeme z 0 °C na 100 °C. Určete práci, kterou vykoná jeden kilomol plynu, jehož molové teplo je C_v.

a) $A = 100\ C_v$

b) $A = p_0 \cdot V_0 (\frac{373}{273} - 1)$, kde p_0 a V_0 je tlak a objem plynu při 0 °C

c) $A = 0$

d) jinak

3.4.8 Plyn izochoricky zahřejeme z 0 °C na 100 °C. Určete změnu vnitřní energie jednoho kilomolu plynu, jehož molové teplo je C_v.

a) $\Delta U = 100 \cdot C_v$

b) $\Delta U = 0$

c) $\Delta U = 373\ C_v$, kde p_0 a V_0 je tlak a objem plynu při 0 °C

d) $\Delta U = 100\ J$

3.4.9 počet n kilomolů plynu necháme izotermicky expandovat při teplotě T z objemu V_1 na objem V_2, získáme práci A_1. Provedeme-li izotermickou expanzi za stejných podmínek z objemu V_1 na objem $10 \cdot V_2$ získáme práci A_2, která je

a) 10 krát větší než A_1

b) *ln* 10 krát větší než A_1

c) větší o *ln* 10 než A_1

d) větší o $n \cdot R \cdot T \cdot \ln 10$ než A_1

e) stejná jako A_1

3.4.10 Jeden kilomol plynu, jehož molové teplo je C_v adiabaticky expanduje tak, že jeho teplota klesne z T_1 na T_2. Plyn vykoná práci A. Necháme-li tentýž plyn adiabaticky expandovat tak, že jeho teplota klesne z T_1 na $2 \cdot T_2$, plyn vykoná práci

a) stejnou

b) poloviční

c) 2 krát větší

d) menší o $C_v \cdot T_2$

e) větší o $C_v \cdot T_2$

3.5 1. VĚTA TERMODYNAMIKY – ZÁKON ZACHOVÁNÍ ENERGIE

3.5.1 První hlavní věta termodynamiky ve tvaru $dQ = C_V \cdot dT + p \cdot dV$ platí

a) obecně, tj. pro libovolné množství plynu

b) pouze pro jeden kilogram plynu

c) pouze pro jeden kilomol plynu

3.6 2. VĚTA TERMODYNAMIKY – ROZPTYL ENERGIE

3.6.1 Který z následujících vztahů definuje entropii?

a) $dS = \frac{dQ}{T}$

b) $dS = \frac{dQ}{dT}$

c) $dS = d(U + p \cdot V)$

d) $dS = dQ \cdot T$

e) $dS = dQ \cdot dT$

3.6.2 Jednotka entropie je

a) J

b) $J \cdot K$

c) $J \cdot K^{-1}$

3.6.3 Která z následujících tvrzení vyjadřují obsah druhé hlavní věty termodynamiky?

a) teplo nemůže přejít z tělesa chladnějšího na těleso teplejší

b) teplo nemůže samovolně přejít z tělesa chladnějšího na těleso teplejší

c) teplo lze měnit v mechanickou práci neomezeně

d) nelze sestrojit periodicky pracující stroj, který by nedělal nic jiného, než ochlazoval tepelnou lázeň a konal práci

e) nelze sestrojit periodicky pracující stroj, který by nedělal nic jiného, než ochlazoval tepelnou lázeň a konal rovnocennou práci

4 ELEKTŘINA

4.1 ELEKTROSTATICKÉ POLE

4.1.1 Jsou-li dva bodové náboje $Q_1 = Q_2$ umístěny ve vzdálenosti r, působí na sebe silou F. Jakou silou budou na sebe tyto náboje působit, je-li jejich vzdálenost $\frac{r}{2}$?

a) $\frac{F}{2}$

b) $2 \cdot F$

c) $4 \cdot F$

d) $\frac{F}{4}$

e) jinak

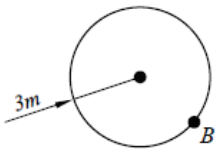
4.1.2 Náboj $Q = 2\ C$ je rovnoměrně rozložen na kulové ploše poloměru $R = 3\ m$. Určete intenzitu elektrického pole v bodě B na povrchu koule. Koule je ve vakuu.

a) 0

b) $2 \cdot 10^9\ V \cdot m^{-1}$

c) $6 \cdot 10^9\ N \cdot C^{-1}$

d) jinak



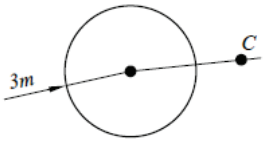
4.1.3 Náboj $Q = 2\ C$ je rovnoměrně rozložen na kulové ploše poloměru $R = 3\ m$. Určete intenzitu elektrického pole v bodě C ve vzdálenosti 4 m od středu koule. Koule je ve vakuu.

a) 0

b) $2 \cdot 10^9\ N \cdot C^{-1}$

c) $\frac{9}{2} \cdot 10^9\ N \cdot C^{-1}$

d) Jinak



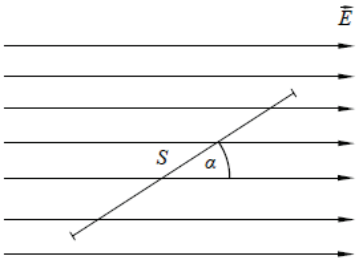
4.1.4 Uvažujte homogenní elektrické pole $\vec{E} = konst.$ Určete tok vektoru $\vec{E}$ plochou S (viz obr.) $N =$

a) $E \cdot S$

b) $E \cdot S \cdot \cos\alpha$

c) $E \cdot S \cdot \cos(90° - \alpha)$

d) 0



4.1.5 Uvažujte elektrické pole mezi dvěma rovnoběžnými deskami (plošné hustoty nábojů jsou e$+\sigma$, $-\sigma$). Jak se změní velikost intenzity pole, bude-li mezi deskami místo vakua dielektrikum o relativní permitivitě $\varepsilon_r = 8$?

a) velikost intenzity se nezmění

b) intenzita klesne 8 krát

c) intenzita vzroste 8 krát

4.1.6 Uvažujte elektrický dipól, který vložíme do homogenního elektrického pole intenzity $\vec{E}$ kolmo k vektoru intenzity.

a) poloha dipólu se nezmění, dipól zůstane v klidu

b) dipól se bude pohybovat ve směru vektoru $\vec{E}$

c) elektrické pole natočí osu dipólu do směru vektoru $\vec{E}$

4.1.7 Potenciál elektrického pole v bodě A je

a) práce, potřebná k přemístění náboje Q z místa nulového potenciálu do bodu A

b) práce, potřebná k přemístění jednotkového náboje z místa nulového potenciálu do bodu A

c) síla, kterou pole působí na jednotkový kladný náboj v místě A

d) síla, kterou působí na náboj Q v bodě A

e) roven potenciální energii, kterou má jednotkový náboj v bodě A

4.1.8 V homogenním elektrickém poli deskového kondenzátoru (viz obr.), mezi jehož deskami je napětí U se vznáší nabitá kapka oleje o hmotnosti m. Vzdálenost desek je d. Určete náboj kapky!

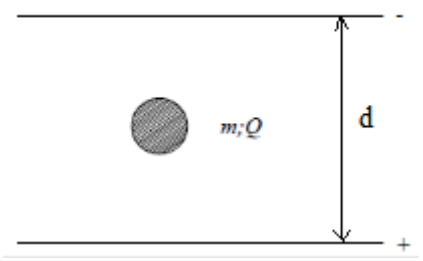
a) $Q = \frac{m \cdot g}{U \cdot d}$

b) $Q = \frac{U}{m \cdot g \cdot d}$

c) $Q = \frac{m \cdot g \cdot d}{U}$

d) $Q = \frac{m \cdot d}{U}$

e) $Q = \frac{m \cdot g \cdot U}{d}$



4.1.9 Dva kondenzátory $C_1 = 3\ pF$ a $C_2 = 4\ pF$ jsou zapojeny paralelně. Výsledná kapacita je

a) $\frac{12}{7}\ pF$

b) $7\ pF$

c) $\frac{7}{12}\ pF$

d) $12\ pF$

e) $\frac{1}{7}\ pF$

4.1.10 Vložíme-li dielektrikum mezi desky nabitého kondenzátoru, dochází

a) vždy ke snížení intenzity pole mezi deskami

b) ke zvýšení napětí mezi deskami

c) ke snížení napětí mezi deskami

d) ke změně celkového náboje kondenzátoru

e) ke zvýšení kapacity kondenzátoru

4.2 POHYB NÁBOJE V ELEKTROSTATICKÉM POLI

4.2.1 Víte, že průřezem vodiče projde náboj 10 C za 5 s. Za předpokladu, že vodičem prochází konstantní proud, určete jeho velikost I =

a) $2\ A$

b) $50\ A$

c) $0{,}5\ A$

d) $10\ A$

e) nejde určit

4.2.2 Uvažujte elektrický dipól, který vložíme do homogenního elektrického pole intenzity $\vec{E}$ kolmo k vektoru intenzity.

a) poloha dipólu se nezmění, dipól zůstane v klidu

b) dipól se bude pohybovat ve směru vektoru $\vec{E}$

c) elektrické pole natočí osu dipólu do směru vektoru $\vec{E}$

4.2.3 Jaký je potenciál elektrického pole, buzeného bodovým nábojem $4 \cdot 10^{-9}\ C$ ve vakuu, ve vzdálenosti 9 m od náboje (místo nulového potenciálu je v nekonečnu)?

a) $\frac{4}{9}\ V$

b) $36\ V$

c) $12\ V$

d) $4\ V$

4.2.4 Válcovým vodičem průměru $10^{-2}\ m$ prochází proud 200 A. Je-li měrný odpor vodiče $\rho = 1{,}72 \cdot 10^{-8}\ \Omega \cdot m$, jaká je intensita elektrického pole ve vodiči?

a) $1{,}72 \cdot 10^{-6}\ V \cdot m^{-1}$

b) $2{,}5 \cdot 10^{-2}\ V \cdot m^{-1}$

c) $1{,}72 \cdot \pi \cdot 10^{-6}\ V \cdot m^{-1}$

d) $\frac{0{,}1376}{\pi}\ V \cdot m^{-1}$

e) jinak

4.2.5 Odpor je připojen na zdroj 220 V a prochází jím proud 3 A. Kolik tepla ve vodiči vznikne za 2 s?

a) 1 320 J

b) 1 320 $kcal$

c) $\frac{440}{3}\ J$

d) $\frac{6}{220}\ J$

e) $330\ J$

4.2.6 Prochází-li spotřebičem při napětí 60 V proud po dobu 3 s, vznikne ve vodiči teplo $Q = 360\ J$. Jaký proud prochází spotřebičem?

a) $0{,}5\ A$

b) $12{,}3\ A$

c) $7{,}6\ A$

d) $1{,}35\ A$

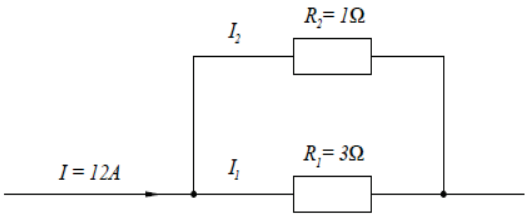
e) $2\ A$

4.2.7 Jaký odpor se musí předřadit žárovce pro napětí 3,5 V a proud 0,02 A, kterou připojíme k baterii 6 V?

a) 300 Ω
b) 125 Ω
c) 27,3 Ω
d) 100,6 Ω
e) 200 Ω

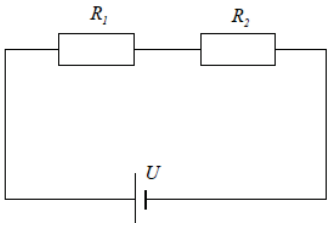
4.2.8 Určete proud I_2, který prochází odporem R_2

a) 9 A
b) 3 A
c) 12 A
d) 4 A
e) 2 A



4.2 .9 Určete napětí na odporu R_2, když $U = 12\ V$, $R_1 = 1\ \Omega$, $R_2 = 3\ \Omega$

a) 1 V
b) 4 V
c) 12 V
d) 3 V
e) 9 V



4.2.10 Určete napětí na odporu R_2, když $U = 12\ V$, $R_1 = 1\ \Omega$, $R_2 = 3\ \Omega$

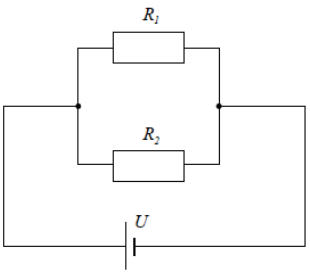
a) $12\ V$

b) $3\ V$

c) $4\ V$

d) $9\ V$

e) $1\ V$



4.2.11 Určete proud, který prochází odporem R_2, když $U = 12\ V$, $R_1 = 1\ \Omega$, $R_2 = 3\ \Omega$

a) $12\ A$

b) $4\ A$

c) $3\ A$

d) $1\ A$

e) $48\ A$

4.2.12 Voltmetr je zhotoven z galvanometru o vnitřním odporu 2 000 Ω a předřadného odporu 6 000 Ω. Základní proudový rozsah galvanometru je 2,5 mA, jaký je rozsah voltmetru?

a) $15\ V$

b) $5\ V$

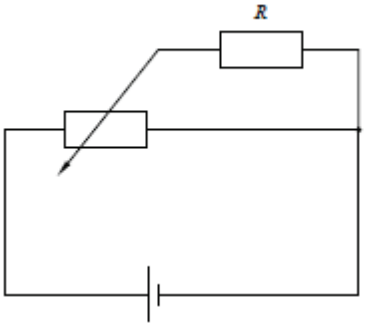
c) $20\ V$

d) $\frac{10}{6}\ V$

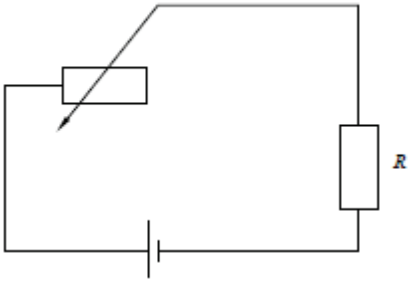
e) Jinak

4.2.13 Které ze schémat představuje zapojení posuvného odporu jako potenciometru?

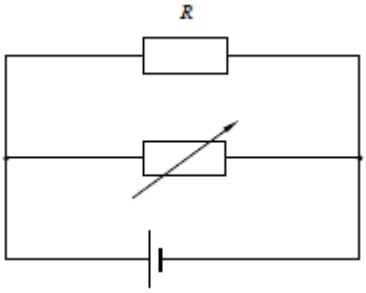
a)



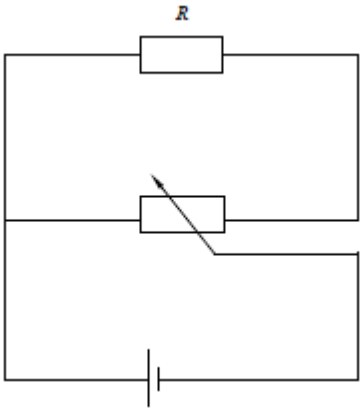
b)



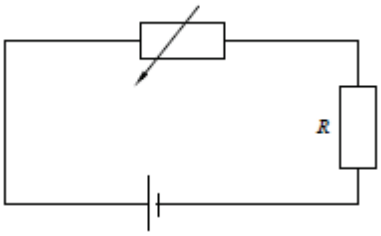
c)



d)

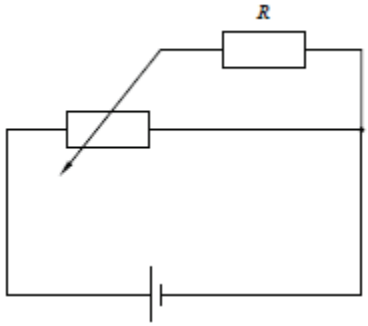


e)

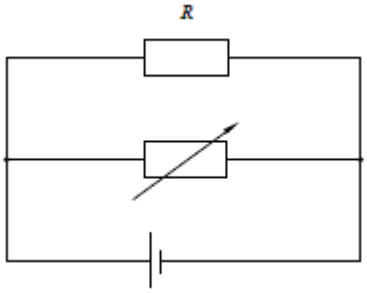


4.2.14 Které ze schémat představuje zapojení **posuvného odporu jako** reostatu?

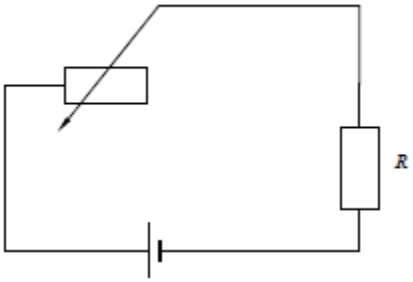
a)



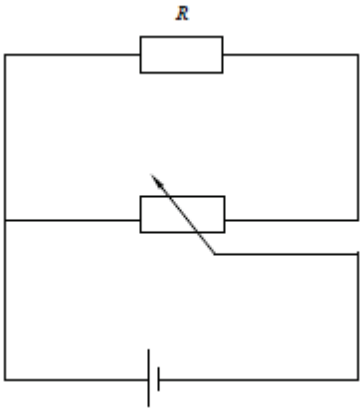
b)



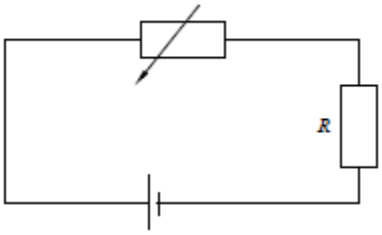
c)



d)



e)



4.2.15 Galvanometr (G) neukáže výchylku, jestliže:

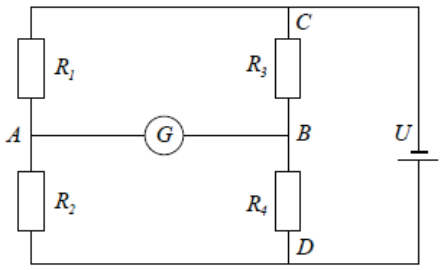
a) Potenciál v bodě A je roven potenciálu v bodě B

b) Potenciál v bodě C je roven potenciálu v bodě D

c) $R_1 + R_2 = R_3 + R_4$

d) $\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$

e) $R_1 \cdot R_2 = R_3 \cdot R_4$



4.2.16 Uvažujte schéma na obrázku. Které z uvedených rovnic platí pro obvod ABCDA?

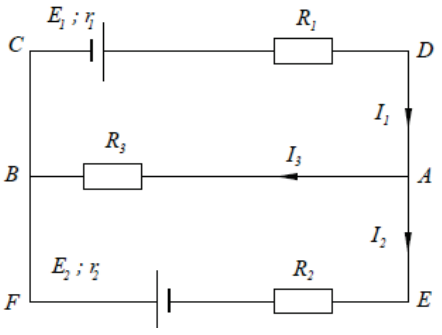
a) $(R_1 + r_1)\ I_1 + R_3\ I_3 = \varepsilon_1$

b) $(R_1\ I_1 - R_2\ I_2 + R_3\ I_3 - \varepsilon_1 = 0$

c) $(R_1 + r_1 + R_3)\ I_1 + (R_1 + r_1 + R_3)\ I_3 = -\varepsilon_1$

d) $-(R_1 + r_1)\ I_1 - R_3\ I_3 + \varepsilon_1 = 0$

e) Neplatí žádná z variant a) až d)



5 MAGNETISMUS

5.1 MAGNETICKÉ POLE

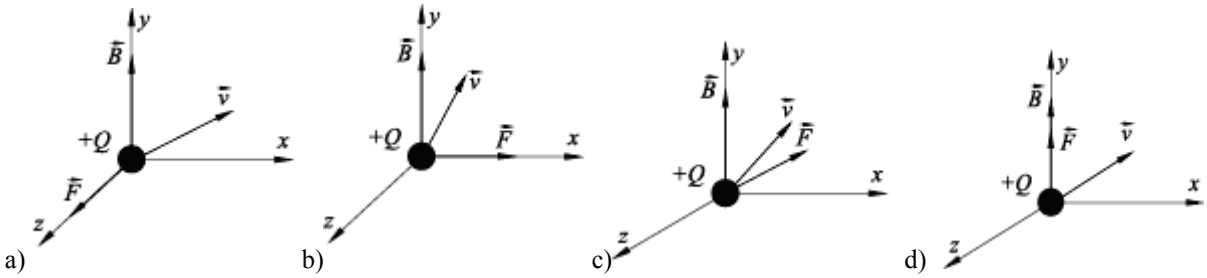
5.1.1 Magnetická indukce $\vec{B}$ má směr kladné osy y, částice +Q se v poli pohybuje rychlostí $\vec{v}$ tak, že vektor rychlosti leží v rovině xy. Určete směr síly $\vec{F}$, která na částici působí.

a) Síla $\vec{F}$ působí ve směru kladné osy z

b) Síla $\vec{F}$ působí ve směru kladné osy x

c) Síla $\vec{F}$ působí ve směru záporné osy z

d) Síla $\vec{F}$ působí ve směru kladné osy y



5.1.2 Jednotka indukčního toku vyjádřená v základních jednotkách soustavy SI je:

a) $kg^{-1} \cdot m^{-2} \cdot s^{4} \cdot A$

b) $kg \cdot m \cdot s^{-4} \cdot A^{-2}$

c) $m^{2} \cdot s^{-3} \cdot A$

d) $kg \cdot m^{2} \cdot s^{-4} \cdot A^{-1}$

e) jinak

5.1.3 Krychli o hraně a = 0,5 m umístíme do homogenního magnetického pole, jehož indukce má velikost 2 T směr kladné osy x. Určete magnetický indukční tok stěnou ABFE.

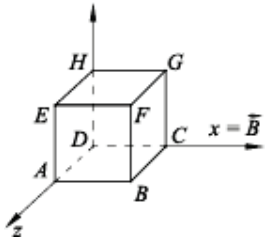
a) 0

b) 0,25 Wb

c) 0,5 Wb

d) 1 Wb

e) 2 Wb



5.1.4 Určete velikost magnetické indukce B ve vzdálenosti 1 m od vodiče, kterým protéká proud 3 A. Vodič je přímý, nekonečně dlouhý, zanedbatelného průřezu, umístěný ve vakuu. ($\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} Wb \cdot A^{-1} \cdot m^{-1}$).

a) $6 \cdot 10^{-7}$ T

b) $\frac{3}{2} \cdot 10^{-7}$ T

c) $6 \cdot 10^{-7}$ Wb

d) $6\pi \cdot 10^{-7}$ T

e) $12\pi \cdot 10^{-7}$ Wb

5.1.5 Přímý vodič (nekonečně dlouhý, zanedbatelného průřezu ve vakuu) vytváří ve vzdálenosti r od vodiče magnetické pole indukce B, pokud vodičem protéká proud 6 A. Jaká bude velikost magnetické indukce tohoto pole, protéká-li vodičem proud 12 A?

a) stejná

b) $2 \cdot B$

c) $4 \cdot B$

d) $\frac{B}{4}$

e) $\frac{B}{2}$

5.1.6 Vodič ve vakuu vytváří ve vzdálenosti r magnetické pole indukce $12\pi \cdot 10^{-7}$ T. Jaká je intenzita magnetického pole v tomto bodě?

a) 3 $A \cdot m^{-1}$

b) 3 T

c) 3 Wb

d) 12 $A \cdot m^{-1}$

e) $4 \cdot 10^{-7}$ T

5.1.7 Na proudovodič $I \cdot d\vec{l}$ umístěný v magnetickém poli indukce $\vec{B}$ působí síla:

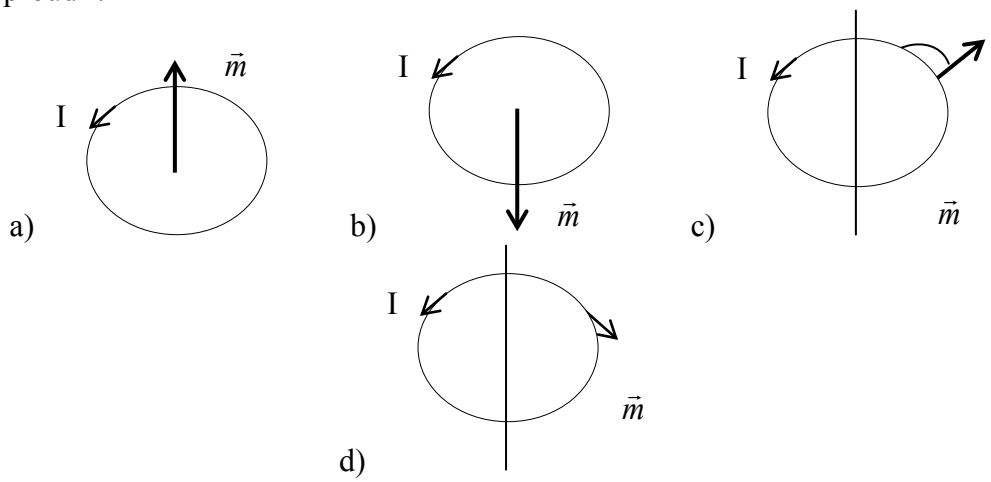
a) $d\vec{F} = I(d\vec{l} \times \vec{B})$

b) $d\vec{F} = I(\vec{B} \times d\vec{l})$

c) $d\vec{F} = d\vec{l}\,(I \times \vec{B})$

d) $d\vec{F} = I(d\vec{l} \cdot \vec{B})$

5.1.8 Určete správný směr vektoru magnetického momentu $\vec{m}$ proudové smyčky, kterou protéká proud I.



5.1.9 Umístíme-li proudovou smyčku charakterizovanou magnetickým momentem $\vec{m}$ do homogenního magnetického pole o indukci $\vec{B}$, působí toto pole na smyčku největším otáčivým momentem, když

a) $\vec{m} \parallel \vec{B}$

b) $\vec{m} \perp \vec{B}$

5.1.10 Uvažujte dva přímé rovnoběžné nekonečně dlouhé proudovodiče, umístěné ve vakuu ve vzdálenosti 1 m. Protéká-li oběma vodiči proud $I_1 = I_2 = 1$ A, pak jeden vodič působí na 1 m délky druhého vodiče silou

a) 2 N

b) $2 \cdot 10^{-7}$ N

c) 1 N

d) $2 \cdot 10^{7}$ N

e) 0

5.1.11 Jaká je rychlost elektronů, jestliže za současného vlivu elektrického pole intenzity $E = 34 \cdot 10^4 V \cdot m^{-1}$ a magnetického pole indukce $B = 2 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{Wb} \cdot m^{-2}$ nenastává úchylka elektronů, přičemž obě pole jsou kolmá vzájemně a ke směru pohybu elektronů.

a) $1{,}7 \cdot 10^8 \ \ m \cdot s^{-1}$

b) $\frac{1}{17} \cdot 10^{-7} \ \ m \cdot s^{-1}$

c) $2 \cdot 10^4 \ \ m \cdot s^{-1}$

d) $6{,}8 \cdot 10^2 \ \ m \cdot s^{-1}$

e) jinak

5.1.12 Prohlédněte si hysterezní smyčku a určete velikost magnetické remanence.

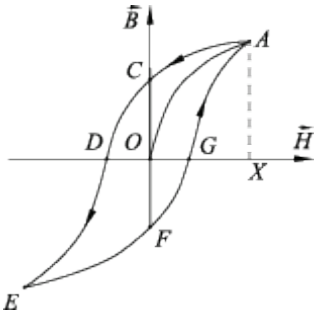
a) velikost úsečky 0G

b) velikost úsečky 0C

c) velikost plochy, určené smyčkou

d) velikost úsečky AX

e) velikost úsečky 0X



5.1.13 Magnetický odpor je úměrný

a) $\frac{l}{\mu_r}$

b) μ_r

c) S

d) $\frac{l}{L}$

e) $\frac{L}{S}$

5.1.14 Uvažujte železný prstenec stejného průřezu S, délky L, na kterém je navinuto N závitů, jimiž prochází proud I. Hopkinsonův vzorec má tvar

a) $\varnothing = \dfrac{\mathrm{M}}{R_m}$

b) $\varnothing = \dfrac{N\ I}{R_m}$

c) $\varnothing = \dfrac{N\ I}{\dfrac{1}{\mu_0 \mu_r} \cdot \dfrac{L}{S}}$

5.1.15 Primárním obvodem 1 prochází proud I_1. V sekundárním obvodu 2 se bude indukovat napětí ε_2, jehož velikost závisí na:

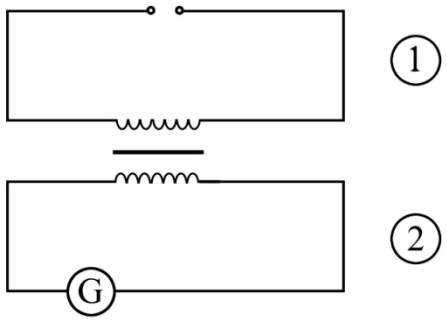
a) velikosti proudu I_1

b) časové změně proudu $\dfrac{dI_1}{dt}$

c) počtech závitů obou cívek

d) jakosti jádra

e) vzájemné poloze obou cívek



5.1.16 Samoindukčnost cívky o 10 závitech je L. Jaká bude samoindukčnost této cívky, zvětší-li se počet závitů 10-krát?

a) stejná

b) 10-krát menší

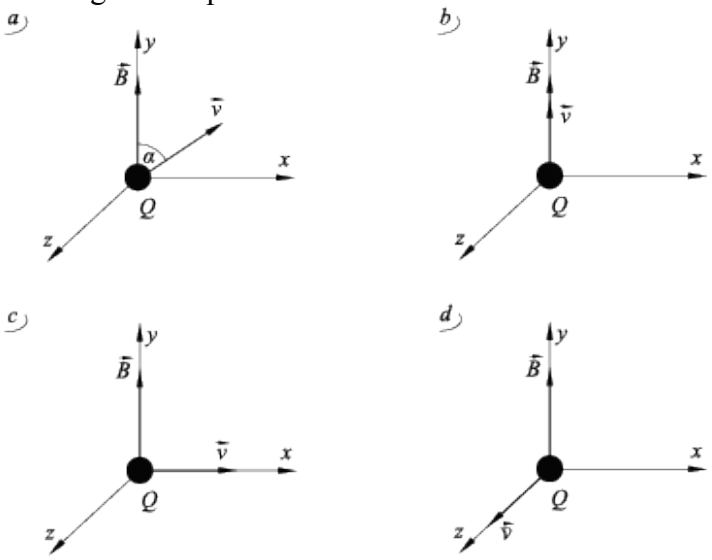
c) 10-krát větší

d) 100-krát menší

e) 100-krát větší

5.2 POHYB NÁBOJE V MAGNETICKÉM POLI

5.2.1 Částice Q vnikne do magnetického pole indukce $\vec{B}$ rychlostí $\vec{v}$. Ve kterém případě bude na částici působit magnetické pole maximální silou?



5.2.2 Částice Q vnikne do homogenního magnetického pole indukce $\vec{B}$ tak, že vektor její rychlosti je rovnoměrný s vektorem indukce $\vec{v} \parallel \vec{B}$. Po jaké dráze se bude částice v poli pohybovat?

a) přímka
b) kružnice
c) parabola
d) šroubovice
e) obecná křivka

5.2.3 Částice hmotnosti m a náboje Q se pohybuje v homogenním magnetickém poli indukce B po kružnici poloměru R. Jaká je obvodová rychlost této částice?

a) $\frac{R \cdot B \cdot Q}{m}$

b) $\frac{m}{R \cdot B \cdot Q}$

c) $\frac{R \cdot B}{m \cdot Q}$

d) $\frac{m \cdot Q}{R \cdot B}$

e) $\frac{R}{m \cdot Q \cdot B}$

5.2 .4 Na náboj dQ, pohybující se v magnetickém poli indukce $\vec{B}$ rychlostí $\vec{v}$ působí síla:

a) $d\vec{F} = dQ(\vec{B} \times \vec{v})$

b) $d\vec{F} = dQ(\vec{B} \cdot \vec{v})$

c) $d\vec{F} = dQ(\vec{v} \times \vec{B})$

d) $d\vec{F} = \vec{B}(dQ \times \vec{v})$

e) $d\vec{F} = \vec{v}(dQ \times \vec{B})$

5.3 STŘÍDAVÝ PROUD. ELEKTROMAGNETICKÉ OSCILAČNÍ OBVODY

5.3.1 Drátěná smyčka plochy S se otáčí v konstantním magnetickém poli indukce $\vec{B}$ úhlovou rychlostí ω. V závitu se indukuje střídavé napětí. Jaká je jeho amplituda?

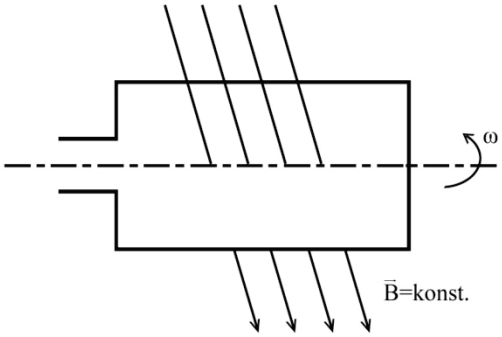
a) $B \cdot S$

b) jedna

c) $B \cdot \omega$

d) $\dfrac{B \cdot \omega}{S}$

e) $B \cdot S \cdot \omega$



5.3.2 Pro výkon střídavého proudu platí:

a) $P = U \cdot I \cdot \sin\varphi$

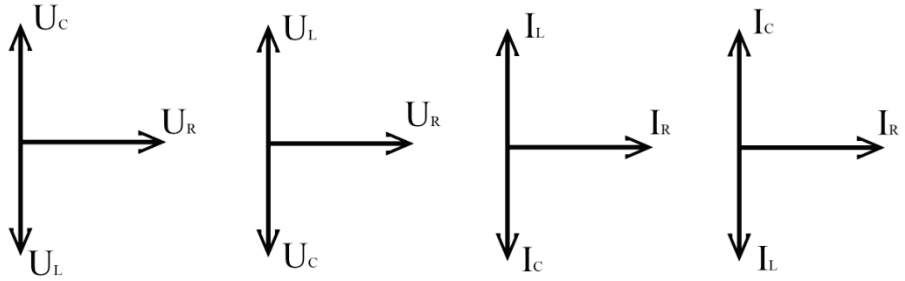
b) $P = U \cdot I \cdot \cos\varphi$

c) $P = U_m \cdot I_m \cdot \cos\varphi$

d) $P = \dfrac{1}{2} U_m \cdot I_m \cdot \cos\varphi$

φ .... představuje fázový posuv mezi proudem a napětím

5.3.3 Který z uvedených vektorových diagramů je správný pro střídavý paralelní obvod R, L, C?



a) b) c) d)

5.3 .4 Určete indukčnost cívky, jejíž induktivní odpor je 1 Ω při frekvenci proudu 50 s^{-1} .

a) 50 Ω

b) 100 π Ω

c) $\frac{1}{50\pi}\Omega$

d) $\frac{1}{100\pi}\Omega$

e) jinak

5.3.5 Určete kapacitu kondenzátoru, jehož kapacitní odpor je 1 Ω při frekvenci proudu 50 s^{-1}

a) $\frac{1}{50\pi}F$

b) 50 π F

c) 100 π F

d) $\frac{1}{100\pi}F$

5.3.6 V obvodu střídavého proudu jsou zapojeny v sérii ohmický odpor R = 300 Ω, induktivní odpor X_L = 400 Ω a kapacitní odpor X_C = 500 Ω. Určete impedanci obvodu.

a) $10^2\sqrt{10}\Omega$

b) $10\sqrt{12}\Omega$

c) $300\sqrt{10}\Omega$

d) $100\sqrt{50}\Omega$

e) 1200 Ω

5.3.7 V obvodu střídavého napětí 500 V (frekvence $f = 50\,s^{-1}$) jsou zapojeny v sérii ohmický odpor 300 Ω, induktivní odpor 400 Ω a kapacitní odpor 500 Ω. Určete fázový posuv mezi proudem a napětím, $\cos\varphi =$

a) $\frac{500}{10^2\sqrt{10}}$

b) $\frac{300}{10^2\sqrt{10}}$

c) $\frac{300}{10\sqrt{12}}$

d) $\frac{500}{1200}$

6 OPTIKA

6.1 ELEKTROMAGNETICKÉ ZÁŘENÍ. FOTOMETRIE

6.1.1 Podíl světelného toku Φ a odpovídajícího zářivého toku Φ_e je

a) světelná účinnost záření

b) poměrná světelná účinnost záření

c) koeficient normálního fotometrického pozorovatele

6.1.2 Svítivost I bodového zdroje v daném směru je

a) světelný tok vyzářený zdrojem do jednotkového prostorového úhlu

b) světelný tok vyzářený zdrojem do celého prostoru (tj. 4π steradiánů)

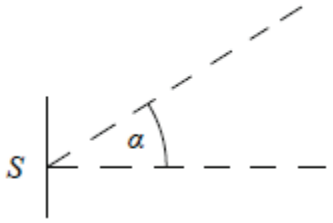
c) světelná energie, která dopadá na jednotkovou kolmo postavenou plochu

6.1.3 Uvažujte elementární plošku ΔS na povrchu plošného zdroje tak, že pozorovatel na ni hledí kolmo. Kolmá elementární svítivost zdroje je ΔI_0. Vztah $\frac{\Delta I_0}{\Delta S}$ definuje

a) svítivost
b) osvětlení
c) kolmý jas
d) světelný tok

6.1.4 Elementární plošku ΔS na povrchu plošného zdroje pozorujeme pod úhlem α. Je-li svítivost zdroje v daném směru I, jaký je jas plošky ΔS? L =

a) $\frac{\Delta I}{\Delta S \cos\alpha}$
b) $\frac{\Delta I}{\Delta S \sin\alpha}$
c) $\frac{\Delta I \cdot \cos\alpha}{\Delta S}$
d) $\frac{\Delta I \cdot \sin\alpha}{\Delta S}$



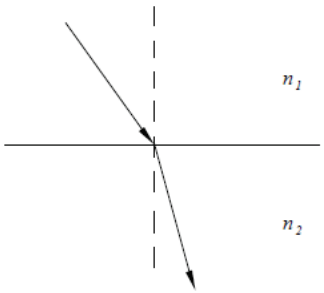
6.2 GEOMETRICKÁ OPTIKA

6.2.1 Tento obrázek představuje šíření světla z prostředí o indexu lomu n_1 do prostředí o indexu lomu n_2. Který index lomu je větší?

a) n_1

b) n_2

c) nedá se rozhodnout



6.2.2 Kde se zobrazí předmět, umístěný do středu křivosti dutého zrcadla?

a) do středu křivosti

b) do ohniska

c) do nekonečna

d) nelze určit

6.2.3 Kde se zobrazí předmět, umístěný do ohniska dutého zrcadla?

a) do středu křivosti

b) do ohniska

c) do nekonečna

d) nelze určit

6.2.4 Při konstrukci obrazu vytvořeného kulovým zrcadlem používáme význačných paprsků. Jedním z nich je paprsek, jdoucí rovnoběžně s optickou osou. Tento se odráží do

a) ohniska

b) středu kulové plochy

c) nekonečna

d) jinak

6.2.5 Která z následujících rovnic je zobrazovací rovnice pro tenkou čočku?

a) $\frac{1}{x'} - \frac{1}{x} = \frac{1}{f}$

b) $\frac{1}{x'} + \frac{1}{x} = \frac{1}{f}$

c) $\frac{1}{x} - \frac{1}{x'} = \frac{1}{f}$

d) $\frac{1}{x} - \frac{1}{x'} = \frac{1}{f'}$

e) $\frac{1}{x'} + \frac{1}{x} = \frac{1}{f'}$

6.2.6 Zvětšení mikroskopu, který má optický interval 0,16 m o ohniskové vzdálenosti soustavy objektivu a okuláru $0{,}2 \cdot 10^{-2}\ m$ a $2 \cdot 10^{-2}\ m$ je

a) 20

b) 10

c) 100

d) 160

e) 1000

6.2.7 U mikroskopu dáváme pozorovaný předmět do vzdálenosti x, kde

a) $0 < x < f$

b) $2f < x < f$

c) jinak

(f je ohnisková vzdálenost objektivu).

6.3 VLNOVÉ VLASTNOSTI ELEKTROMAGNETICKÉHO ZÁŘENÍ

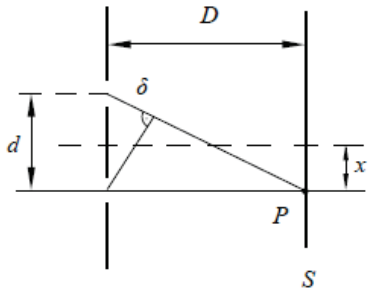
6.3.1 Na obrázku je schéma Youngova pokusu. V bodě P (ve vzdálenosti x od osy) zkoumáme interferenci. Veličiny *d, D,* δ , *x* spolu souvisí (přibližně) vztahem x =

a) $\delta \frac{d}{D}$

b) $\delta \frac{D}{d}$

c) $\delta \cdot D \cdot d$

d) $\frac{D\ d}{\delta}$



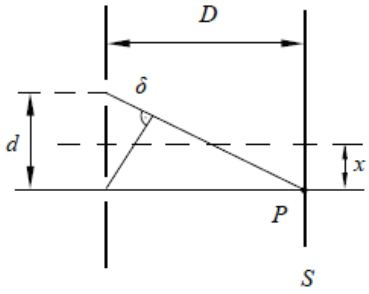
6.3.2 Uvažujte Youngův pokus. Štěrbiny jsou osvětleny monochromatickým zdrojem vlnové délky λ . V jaké vzdálenosti *x* od osy leží na stínítku *S* druhé minimum? *x* =

a) $2\lambda \frac{D}{d}$

b) $3\frac{\lambda}{2}\ \frac{D}{d}$

c) $2\frac{\lambda}{2}\ \frac{D}{d}$

d) jinak



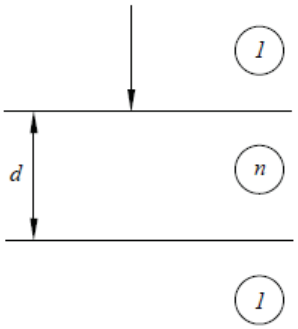
6.3.3 Světlo vlnové délky λ dopadá kolmo na planparalelní desku tloušťky d. Symboly v kroužku představují indexy lomu. Maximum v odraženém světle nastane v případ, že

a) $2d = (2k \pm 1)\ \frac{\lambda}{2}$

b) $2n_1 d = (2k \pm 1)\ \frac{\lambda}{2}$

c) $2n_1 d = 2k\frac{\lambda}{2}$

d) $2d = 2k\frac{\lambda}{2}$

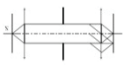


6.3.4 Na obrázku je znázorněna realizace ohybového jevu

a) Fraunhofera

b) Fresnela

c) v daném pokusu nejde vůbec o ohyb

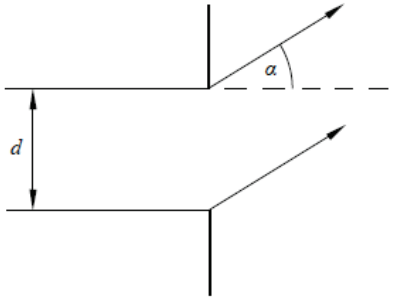


6.3.5 Na štěrbinu šířky d dopadá kolmo světlo vlnové délky λ. Pro paprsky odkloněné od původního směru o úhel α tak, že $\sin\alpha = \frac{\frac{3}{2}\lambda}{d}$ nastává

a) zeslabení

b) zesílení

c) nelze rozhodnout



6.3.6 O mřížce víte, že má 10 vrypů na mm. Jaká je hodnota mřížkové konstaty? a =

a) 10 nm

b) 10^{-4} m

6.3.7 Světlo dopadá kolmo na mřížku. Červenou čáru (λ = 700 nm) ve spektru 2. řádu vidíme pod úhlem 30°. Určete mřížkovou konstantu a =

a) $2{,}1\cdot10^{-5}\,m$

b) $1{,}4\cdot10^{-7}\,m$

c) $7\cdot10^{-7}\,m$

d) $2{,}8\cdot10^{-6}\,m$

6.3.8 Světlo se nazývá polarizovaným když

a) koncový body vektoru $\vec{E}$ intenzity elektrického pole opisuje neproměnnou křivku

b) vektory intenzity elektrického a magnetického pole jsou vzájemně kolmé

c) vektory intenzity elektrického a magnetického pole leží v jedné přímce (světlo lineárně polarizované)

6.3.9 Dvojlomem rozumíme

a) dva po sobě jdoucí lomy na hranolu

b) fakt, že světlo se při lomu na krystalu štěpí na dva svazky, které postupují stejnou rychlostí, ale různým směrem

c) fakt, že světlo se při lomu na krystalu štěpí na dva paprsky, z nichž jeden je polarizován, druhý nikoliv

d) fakt, že světlo se při lomu na krystalu štěpí na dva svazky, šířící se různou rychlostí

6.3.10 Do bodu *P* přichází vlnění

$y_1 = A_1 \sin(\omega t - \varphi_1),\ \varphi_1 = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot x_1, y_2 = A_2 \sin(\omega t - \varphi_2),\ \varphi_2 = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot x_2$

Jaká je amplituda A_V výsledného vlnění v případě, že $x_2 - x_1 = (2k \pm 1)\frac{\lambda}{2}$, kde $k = 0, 1, 2,\ldots$

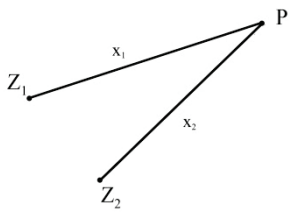
$A_V =$

a) 2 *A*

b) *A*

c) 4 *A*

d) jinak



6.3.11 Do bodu *P* přichází vlnění

$y_1 = A_1 \sin(\omega t - \varphi_1),\ \varphi_1 = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot x_1,\ y_2 = A_2 \sin(\omega t - \varphi_2),\ \varphi_2 = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot x_2$

Výsledné vlnění má amplitudu *A*, pro kterou platí

a) $A = A_1^2 + A_2^2$

b) $A = A_1 + A_2$

c) $A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2\cos(\varphi_2 - \varphi_1)}$

d) $A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 - 2A_1A_2\cos(\varphi_2 - \varphi_1)}$

6.3.12 Při použití světla vlnové délky λ je rozlišovací mez mikroskopu y. Použijeme-li za jinak stejných podmínek světlo o vlnové délce $\lambda' < \lambda$, bude rozlišovací mez y´

a) < y
b) > y
c) = y

6.4 ČÁSTICOVÉ VLASTNOSTI ELEKTROMAGNETICKÉHO ZÁŘENÍ. FOTOELEKTRICKÝ JEV.

6.4.1 Který z uvedených vztahů vyjadřuje zákon Kirchhoffův?

a) $\lambda_m = \frac{T}{b}$

b) $H_0 = \sigma T^4$

c) $\frac{H_0}{\alpha} = f(T)$

d) $H_0 = \int_0^\infty H_\lambda \cdot d\lambda$

6.4.2 Podle Kirchhoffova zákona závisí poměr vyzařování H_0 k pohltivosti α $\frac{H_0}{\alpha}$

a) na absolutní teplotě T a vlnové délce λ
b) na absolutní teplotě T a vlnové délce λ a druhu látky
c) jen na absolutní teplotě T

6.4.3 Který z uvedených vztahů vyjadřuje zákon Stefan – Boltzmannův pro záření absolutně černého tělesa?

a) $\lambda_m = \frac{T}{b}$

b) $H_0 = \sigma T^4$

c) $\frac{H_0}{\alpha} = f(T)$

d) $H_\lambda = \frac{C_1 \lambda^{-5}}{\exp\left[\frac{C_2}{\lambda T}\right] - 1}$

6.4.4 Kolikrát je nutno zvětšit, resp. zmenšit teplotu absolutně černého tělesa, aby vyzařování se zvětšilo 16 krát?

a) teplotu je nutno zvětšit 4 krát $T_2 = 4T_1$

b) teplotu je nutno zvětšit 8 krát $T_2 = 8T_1$

c) teplotu je nutno zvětšit 2 krát $T_2 = 2T_1$

d) teplotu je nutno zmenšit na polovinu $T_2 = \frac{T_1}{2}$

6.4.5 Maximum spektrálního vyzařování H_λ se s rostoucí teplotou posouvá ke kratším vlnovým délkám. Toto je znění zákona

a) Stefan-Boltzmannova

b) Planckova

c) Rayleigh-Jeansova

d) Wienova zákona posuvu

6.4.6 Teplota absolutně černého tělesa se zvětší z T_1 na T_2 tak, že bude 16 krát větší. Jak se změní vlnová délka, na kterou připadá maximální vyzařování?

a) $\lambda_2 = \frac{1}{2}\lambda_1$

b) $\lambda_2 = \lambda_1$

c) $\lambda_2 = \frac{1}{4}\lambda_1$

d) $\lambda_2 = 2\lambda_1$

6.4.7 Wienův zákon posuvu má tvar

a) $\lambda_m T^4 = b$

b) $\lambda_m = bT^4$

c) $\lambda_m T = b$

d) $\lambda_m = bT$

6.4.8 Uvažujte vnější fotoelektrický jev. Rychlost uvolněných elektronů pro daný kov závisí na

a) vlnové délce dopadajícího záření

b) intenzitě dopadajícího záření

c) velikosti osvětlení plochy

6.4.9 Jakou rychlostí opouští elektron povrch kovu, jehož výstupní práce je A_V, je-li vlnová délka dopadajícího záření λ ? v =

a) $\sqrt{\frac{2(h\lambda - A_V)}{m}}$

b) $\sqrt{\frac{2(h\frac{\lambda}{c} - A_V)}{m}}$

c) $\sqrt{\frac{2(h\frac{c}{\lambda} - A_V)}{m}}$

d) $0\ m \cdot s^{-1}$

6.4.10 Výstupní práce hliníku je $6 \cdot 10^{-19}$ J. Určete, s jakou rychlostí opouští elektron povrch hliníku, který je ozářen zářením o frekvenci $5 \cdot 10^{14}$ Hz. Rychlost v =

a) $7{,}7 \cdot 10^{5}\ m \cdot s^{-1}$

b) $1{,}4 \cdot 10^{6}\ m \cdot s^{-1}$

c) $2{,}8 \cdot 10^{6}\ m \cdot s^{-1}$

d) k fotoefektu nedojde

6.4.11 Výstupní práce hliníku je $6 \cdot 10^{-19}$ J. Určete, s jakou kinetickou energií opouští elektron povrch hliníku, který je ozářen zářením o frekvenci $5 \cdot 10^{15}\ s^{-1}$. Kinetická energie W_k =

a) $12{,}625 \cdot 10^{-19}$ J

b) 0,625 J

c) k fotoefektu nedojde

d) $0{,}625 \cdot 10^{-19}$ J

6.4.12 Na kov, jehož výstupní práce je A_V, dopadá elektromagnetické záření frekvence f a vyvolává fotoelektrický efekt

a) jen když $f \geq \frac{A_V}{h}$

b) jen když $f \leq \frac{A_V}{h}$

c) vždy

6.4.13 Jednu ze základních myšlenek kvantové hypotézy o podstatě světla lze vyjádřit

a) světlo se šíří prostředím s konstantní rychlostí

b) záření je emitováno nebo pohlcováno po celých kvantech

c) záření je emitováno po celých kvantech, ale je pohlcováno spojitě

6.4.14 Červené světlo má ve vakuu vlnovou délku $6 \cdot 10^{-7}$ m. Jaká je energie kvanta tohoto světla?

a) $1{,}325 \cdot 10^{-48}$ J

b) $3{,}975 \cdot 10^{-40}$ J

c) $1{,}104 \cdot 10^{-27}$ J

d) $3{,}312\ 5 \cdot 10^{-19}$ J

6.4.15 Jaká je energie fotonu tvrdého X záření o vlnové délce $\lambda = 0{,}1\,\text{nm}$? $\varepsilon =$

a) $19{,}86 \cdot 10^{-16}$ J

b) $9{,}86 \cdot 10^{-16}$ J

c) $19{,}86 \cdot 10^{-15}$ J

d) $9{,}86 \cdot 10^{-15}$ J

6.4.16 Dopadem elektronů na anodu rentgenové trubice vznikají dva druhy záření – brzdné a charakteristické. Brzdné záření má spojité spektrum s intenzitou

a) rovnoměrně klesající na obě strany od maximální intenzity

b) prudce klesající v oblasti kratších vlnových délek

c) prudce klesající v oblasti delších vlnových délek

6.4.17 Je-li na rentgenově lampě napětí U, je vlnová délka odpovídající krátkovlnné hranici rentgenova spektra λ_1. Zvětšíme-li napětí na lampě 2 krát, změní se vlnová délka na λ_2, přičemž $\frac{\lambda_1}{\lambda_2} =$

a) 1

b) $\frac{1}{2}$

c) 2

d) $\sqrt{2}$

6.4.18 Jednou z vlastností spojitého spektra rentgenová záření je jeho začátek na zcela určité vlnové délce λ_0. Co platí pro tuto vlnovou délku, vyměníme-li za jinak stejných podmínek molybdenovou anodu za wolframovou? Wolfram má větší atomové číslo než molybden.

a) λ_0 se posune směrem k delším vlnovým délkám

b) λ_0 se posune směrem ke kratším vlnovým délkám

c) λ_0 se nezmění

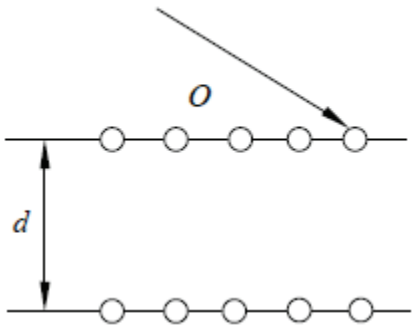
6.4.19 Na povrch krystalu dopadá X záření o vlnové délce $\lambda = 0{,}287$ nm pod úhlem $\vartheta = 30°$. Jaká je mřížková konstanta d krystalu, pozorujem-li právě při tomto úhlu dopadu spektrální čáru 1. řádu? d =

a) 0,287 nm

b) 0,374 nm

c) 0,1435 nm

d) 0,261 nm



6.4.20 Uvažujte Comptonův rozptyl fotonů za jinak stejných podmínek buď na volném elektronu nebo na volném protonu. Velikost Comptonova posuvu $\Delta\lambda$

a) bude větší při rozptylu na volném elektronu
b) bude větší při rozptylu na volném protonu
c) bude v obou případech stejná
d) nelze srovnávat pro nedostatečné zadání

6.4.21 Compton studoval rozptyl fotonů na volných elektronech v klidu. Velikost posuvu $\Delta\lambda$

a) závisí přímo úměrně na hmotnosti elektronu
b) závisí nepřímo úměrně na hmotnosti elektronu
c) nezávisí na hmotnosti elektronu

6.4.22 Uvažujte Comptonův pokus, tj. rozptyl fotonu na volném elektronu v klidu, m_0 je klidová hmotnost elektronu, m hmotnost elektronu. Energie elektronu před rázem je

a) 0
b) $m \cdot c^2$
c) $m_0 \cdot c^2$
d) $(m - m_0) \cdot c^2$

6.4.23 Který ze vztahů podle vlnově mechanických představ není správný?

a) $p = \frac{h}{\lambda}$
b) $p = m \cdot v$
c) $p = \frac{h \cdot f}{c}$
d) $\lambda = \frac{m \cdot v}{h}$

6.4.24 Zeměkoule, jejíž hmotnost je $5 \cdot 10^{24}$ kg se otáčí kolem Slunce rychlostí $3 \cdot 10^{4}\ m \cdot s^{-1}$. Určete vlnovou délku její de Broglieho vlny $\lambda =$

a) $4 \cdot 10^{-23}$ m

b) $4 \cdot 10^{-43}$ m

c) $4 \cdot 10^{-63}$ m

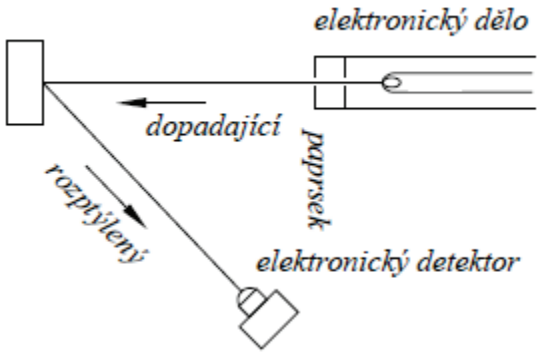
d) $4 \cdot 10^{-83}$ m

6.4.25 Na obrázku je schéma Davissonova – Germerova pokusu. Badatelé pozorovali

a) spojité změny intenzity rozptýlených elektornů v závislosti na úhlu pozorování

b) zřetelná maxima a minima, jejichž poloha nezávisí na energii elektronů

c) zřetelná maxima a minima, jejichž poloha závisí na energii elektronů



6.4.26 Davisson a Germer experimentálně prokázali

a) částicové vlastnosti vln

b) vlnové vlastnosti částic

7 ATOMISTIKA

7.1 ELEKTRONOVÝ OBAL

7.1.1 Potenciální energii elektronu v atomu označíme W_p, kinetickou energii elektronu v atomu W_k, celkovou energii elektronu v atomu W. Které z následujících tvrzení je správné?

a) $W_p > 0$, $W_k > 0$, $W > 0$

b) $W_p < 0$, $W_k > 0$, $W > 0$

c) $W_p > 0$, $W_k < 0$, $W < 0$

d) $W_p < 0$, $W_k > 0$, $W < 0$

7.1.2 Ionizační energie vodíkového atomu je 13,6 eV. Vycházejte z tohoto údaje určete energii fotonu (eV) odpovídající druhé čáře série Balmera $\varepsilon =$

a) 13,6 eV
b) 6,8 eV
c) 3,4 eV
d) 2,55 eV

7.1.3 Existence spinového kvantového čísla vyplývá

a) z faktu, že elektron rotující kolem jádra má orbitální moment hybnosti
b) z faktu, že elektron rotující kolem jádra představuje proudovou smyčku, kterou lze charakterizovat magnetickým orbitálním momentem
c) z hypotézy (Uhlenbeck, Goudsmit), podle níž elektron má vlastní vnitřní moment hybnosti a určitý magnetický moment

7.2 JÁDRO ATOMŮ

7.2.1 Uvažujte prvek $^{7}_{3}Li$. Jaké je jeho nukleonové číslo A?

a) 7
b) 3
c) 10
d) 4

7.2.2 Uvažujte prvek $^{7}_{3}Li$ **.** Jaké je jeho protonové číslo Z?

a) 7
b) 3
c) 10
d) 4

7.2.3 Izotopy určitého prvku

a) se liší počtem protonů v jádře
b) se liší počtem neutronů v jádře
c) se liší počtem elektronů v obalu

7.2.4 Čím se liší jádra izotopů chloru ${}^{37}_{17}Cl$ a ${}^{17}_{37}Cl$?

a) jádro izotopu ${}^{37}_{17}Cl$ má o 2 protony více
b) jádro izotopu ${}^{17}_{37}Cl$ má o 2 neutrony méně
c) umístěním v Mendělejevově periodické soustavě
d) jádro izotopu ${}^{37}_{17}Cl$ má o 2 elektrony více

7.2.5 Které síly převládají při vzájemném působení nukleonů v atomovém jádře?

a) jaderné
b) gravitační
c) elektrostatické
d) magnetické

7.2.6 Označme m_p a m_n klidové hmotnosti protonu a neutronu. Je-li m_j hmotnost jádra izotopu ${}^{A}_{Z}X$, pak pro výraz $Z\ m_p + (A - Z)\ m_n - m_j$ platí, že je

a) roven nule
b) menší než nula
c) větší než nula
d) větší nebo menší než nula podle druhu izotopu

7.2.7 Ukázalo se, že jádra mají pro zcela určité hodnoty protonového a neutronového čísla obzvláště velkou stabilitu. Jsou to tzv. magická čísla. Která z variant obsahuje pouze tato magická čísla?

a) 2,4,16,126
b) 1,3,5,7
c) 2,8,30,50
d) 2,8,20,28,50

7.2.8 Vazebná energie jádra ${}^{A}_{Z}X$ je W_j. Vyjádřete průměrnou vazebnou energii $\overline{W_j}$ tzn. energii připadající na každý nukleon. $\overline{W_j}$ =

a) $\frac{W_j}{Z}$

b) $\frac{W_j}{A-Z}$

c) $\frac{W_j}{A}$

d) $\frac{W_j}{Z-A}$

7.3 JADERNÉ PŘEMĚNY A JADERNÉ ZÁŘENÍ

7.3.1 Radioaktivní přeměnou β^- se prvek ${}^{A}_{Z}X$ změní na

a) ${}^{A}_{Z-1}Y$

b) ${}^{A}_{Z+1}Y$

c) ${}^{A+1}_{Z+1}Y$

d) ${}^{A-1}_{Z-1}Y$

7.3.2 Radioaktivní přeměnou β^- se prvek posunul v Mendělejevově periodické soustavě

a) dvě místa vlevo

b) dvě místa vpravo

c) o jedno místo vlevo

d) o jedno místo vpravo

7.3.3 Určete složení jádra izotopu prvku, který vznikne z uranu ${}^{238}_{92}U$ po čtyřech rozpadech α a dvou rozpadech β^-.

a) Z = 82 A = 222

b) Z = 86 A = 222

c) Z = 88 A = 234

d) Z = 82 A = 224

7.3.4 První umělá transmutace proběhla takto: ${}^{14}_{7}N+{}^{4}_{2}\alpha\rightarrow{}^{17}_{8}O+{}^{1}_{1}p$. Rutherford zjistil, že podobné transmutace vznikají i při průchodu záření α jinými lehkými prvky. Všechny tyto reakce se dají vyjádřit rovnicí ${}^{A}_{Z}X + {}^{4}_{2}\alpha \rightarrow {}^{A+?}_{Z+?}X + {}^{1}_{1}H$ Upřesněte vzniklý nuklid na pravé straně rovnice

a) A+4 Z+2

b) A+3 Z+1

c) A+3 Z

d) A-3 Z-1

7.3.5 První umělou transmutaci prvku provedl Rutherford. Zjistil, že při průchodu α zářením dusíkem dochází k transmutaci dusíku ${}^{14}_{7}N$ v kyslík ${}^{17}_{8}O$ a uvolní se

a) proton
b) neutrony
c) elektrony
d) fotony

7.3.6 Při zachycení neutronu jádrem hořčíku ${}^{24}_{12}Mg$ vzniká radioaktivní izotop ${}^{24}_{11}Na$ podle rovnice: ${}^{24}_{12}Mg + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{24}_{11}Na + {}^{A}_{Z}X$, ${}^{A}_{Z}X$ v rovnici představuje

a) ${}^{4}_{2}He$
b) ${}^{1}_{1}H$
c) neutron
d) elektron

7.3.7 Při transmutaci hliníku ${}^{27}_{13}Al$ zářením α objevili manželé Joliotovi (1934) umělou radioaktivitu. Z hliníku vzniká radiofosfor ${}^{30}_{15}P$ podle rovnice

a) ${}^{27}_{13}Al + {}^{4}_{2}\alpha \rightarrow {}^{30}_{15}P + \varphi$
b) ${}^{27}_{13}Al + {}^{4}_{2}\alpha \rightarrow {}^{30}_{15}P$
c) ${}^{27}_{13}Al + {}^{4}_{2}\alpha \rightarrow {}^{30}_{15}P + {}^{1}_{0}n$
d) ${}^{27}_{13}Al + {}^{3}_{2}\alpha \rightarrow {}^{30}_{15}P$

7.3.8 Záchytem K rozumíme nukleární proces, při kterém jádro dosahuje stability tím, že

a) zachytí elektron ze slupky elektronového obalu
b) zachytí helion za současné emise elektronu
c) zachytí helion při uvolnění pozitronu

7.4 ÚBYTEK JADERNÉHO ZÁŘENÍ V ČASE A NA PŘEKÁŽCE

7.4.1 Radioaktivní látka, jejíž rozpadová konstanta je λ a poločas rozpadu T obsahuje v čase t=0 n_0 jader. V čase *t* je jejich počet n=

a) λ t

b) - λ t n_0

c) $n_0 \ e^{-\lambda t}$

d) $e^{-\lambda t}$

7.4.2 Uvažujte radioaktivní prvek, jehož rozpadová konstanta je λ. Označíme-li n_0 počet atomu v čase t = 0, *n* počet atomu v čase *t*, pak rozpadový (přeměnový) zákon zní:

a) $n = \frac{n_0}{e^{-\lambda t}}$

b) $n = n_0 (1 - e^{-\lambda t})$

c) $n = \frac{e^{-\lambda t}}{n_0}$

d) $n = n_0 \ e^{-\lambda t}$

7.4.3 Střední doba života je průměrná doba, za kterou se počáteční počet jader n_0 zmenší

a) na počet $n = \frac{n_0}{2}$

b) na počet $n = \frac{n_0}{e}$

c) na počet n = 0

7.4.4 Radioaktivní látka, jejíž rozpadová konstanta je λ obsahuje v čase t n jader. Za čas *dt* se jich rozpadne *dn*. Aktivita není rovna

a) λ n

b) $\frac{dn}{dt}$

c) $\frac{dn}{n}$

7.4.5 Schopnost dané látky zeslabovat ionizující záření vyjadřuje polotloušťka *d*, tj.

a) tloušťka vrstvy, v níž se hustota proudu částic zmenší na polovinu

b) polovina tloušťky vrstvy, v níž hustota proudu částic klesne na nulu

c) tloušťka vrstvy, v níž se hustota proudu částic zmenší e krát

3 ŘEŠENÍ ÚLOH

3 TEPLO

3.1 TEPLOTNÍ DÉLKOVÁ ROZTAŽNOST

3.1.1 b)

3.1.2 c)

3.1.3 a)

3.2 TEPLO

3.2.1 b)

3.2.2 a)

3.2.3 d)

3.2.4 a)

3.2.5 b)

3.3 TEPLOTNÍ ZMĚNY. STAVOVÁ ROVNICE IDEÁLNÍHO PLYNU

3.3.1 a)

3.3.2 c)

3.3.3 a)

3.3.4 d)

3.3.5 c)

3.3.6 c)

3.3.7 a)

3.3.8 b)

3.3.9 d)

3.4 VNITŘNÍ ENERGIE A PRÁCE PLYNŮ. ZÁKON ZACHOVÁNÍ ENERGIE

3.4.1 a) e)

3.4.2 a)

3.4.3 c)

3.4.4 d)

3.4.5 b)

3.4.6 c)

3.4.7 c)

3.4.8 a)

3.4.9 d)

3.4.10 d)

3.5 1. VĚTA TERMODYNAMIKY – ZÁKON ZACHOVÁNÍ ENERGIE

3.5.1 a)

3.6 2. VĚTA TERMODYNAMIKY – ROZPTYL ENERGIE

3.6.1 a)

3.6.2 c)

3.6.3 b) e)

4 ELEKTŘINA

4.1 ELEKTROSTATICKÉ POLE

4.1.1 c)

4.1.2 b)

4.1.3 d)

4.1.4 c)

4.1.5 b)

4.1.6 c)

4.1.7 b) e)

4.1.8 c)

4.1.9 a)

4.1.10 a) c) e)

4.2 POHYB NÁBOJE V ELEKTROSTATICKÉM POLI

4.2.1 a)

4.2.2 c)

4.2.3 d)

4.2.4 d)

4.2.5 a)

4.2.6 e)

4.2.7 b)

4.2.8 b)

4.2.9 e)

4.2.10 a)

4.2.11 b)

4.2.12 c)

4.2.13 a)

4.2.14 c)

4.2.15 a) d)

4.2.16 a) d)

5 MAGNETISMUS

5.1 MAGNETICKÉ POLE

5.1.1 a)

5.1.2 e)

5.1.3 c)

5.1.4 a)

5.1.5 b)

5.1.6 a)

5.1.7 a)

5.1.8 a)

5.1.9 b)

5.1.10 b)

5.1.11 a)

5.1.12 b)

5.1.13 a) e)

5.1.14 c)

5.1.15 b) c) d) e)

5.1.16 e)

5.2 POHYB NÁBOJE V MAGNETICKÉM POLI

5.2.1 c) d)

5.2.2 a)

5.2.3 a)

5.2.4 c)

5.3 STŘÍDAVÝ PROUD. ELEKTROMAGNETICKÉ OSCILAČNÍ OBVODY

5.3.1 c)

5.3.2 b) d)

5.3.3 d)

5.3.4 b)

5.3.5 d)

5.3.6 a)

5.3.7 b)

6 OPTIKA

6.1 ELEKTROMAGNETICKÉ ZÁŘENÍ. FOTOMETRIE

6.1.1 a)

6.1.2 a)

6.1.3 c)

6.1.4 a)

6.2 GEOMETRICKÁ OPTIKA

6.2.1 a)

6.2.2 a)

6.2.3 c)

6.2.4 a)

6.2.5 c)

6.2.6 e)

6.2.7 b)

6.3 VLNOVÉ VLASTNOSTI ELEKTROMAGNETICKÉHO ZÁŘENÍ

6.3.1 b)

6.3.2 b)

6.3.3 b)

6.3.4 a)

6.3.5 b)

6.3.6 b)

6.3.7 d)

6.3.8 a)

6.3.9 d)

6.3.10 d)

6.3.11 c) 6.3.12 a)

6.4 ČÁSTICOVÉ VLASTNOSTI ELEKTROMAGNETICKÉHO ZÁŘENÍ. FOTOELEKTRICKÝ JEV

6.4.1 c) 6.4.10 d) 6.4.19 a)
6.4.2 c) 6.4.11 d) 6.4.20 a)
6.4.3 b) 6.4.12 a) 6.4.21 b)
6.4.4 c) 6.4.13 b) 6.4.22 c)
6.4.5 d) 6.4.14 d) 6.4.23 d)
6.4.6 a) 6.4.15 a) 6.4.24 c)
6.4.7 c) 6.4.16 b) 6.4.25 c)
6.4.8 a) 6.4.17 c) 6.4.26 b)
6.4.9 c) 6.4.18 c)

7 ATOMISTIKA

7.1 ELEKTRONOVÝ OBAL

7.1.1 d) 7.1.2 d) 7.1.3 c)

7.2 JÁDRO ATOMŮ

7.2.1 a) 7.2.5 a)
7.2.2 b) 7.2.6 c)
7.2.3 b) 7.2.7 d)
7.2.4 b) 7.2.8 c)

7.3 JADERNÉ PŘEMĚNY A JADERNÉ PŘEMĚNY

7.3.1 b) 7.3.5 a)
7.3.2 d) 7.3.6 b)
7.3.3 b) 7.3.7 c)
7.3.4 b) 7.3.8 a)

7.4 ÚBYTEK JADERNÉHO ZÁŘENÍ V ČASE A NA PŘEKÁŽCE

7.4.1 c)
7.4.2 d)

7.4.3 b)

7.4.4 c)

7.4.5 a)

4 LITERATURA

[1] BEDNAŘÍK, M; ŠIROKÁ, M. *Fyzika pro gymnázia: Mechanika*. 4. Praha: Prométheus, 2009. 288 s. ISBN 978-80-7196-382-0.

[2] BEDNAŘÍK, M; ŠIROKÁ, M; BUJOK, P. *Fyzika pro gymnázia: Mechanika*. 1. Praha: Prométheus, 1997. 343 s. ISBN 80-7196-068-3.

[3] LEPIL, O. *Mechanické kmitání a vlnění*. 1. Praha: Prométheus, 1994. 135 s. ISBN 80-901619-6-0.

[4] LEPIL, O; ŠEDIVÝ, P. *Elektřina a magnetismus*. 1. Praha: Prométheus, 1995. 398 s. ISBN 80-85849-47-x.

[5] SVOBODA, E, a kol. *Přehled středoškolské fyziky*. 1. Praha: Prométheus, 1996. 497 s.

[6] ŠIROKÁ, M; BUJOK, P. *Fyzika*. 4. Praha: Prométheus, 2007. 288 s. ISBN 978-80-7196-2.

[7] LEPIL, O; BEDNAŘÍK, M; HYBLOVÁ, R. *Fyzika pro střední školy*. 2. Praha: Prométheus, 1993. 287 s. ISBN 80-901619-7-9.

[8] KUBÍNEK, R; KOLÁŘOVÁ, H; HOLUBOVÁ, R. *Fyzika pro každého: Rychlokurz fyziky*. 1. Olomouc: Rubico, 2009. 227 s. ISBN 978-80-7346-095-2.

[9] FOJTEK, A; FOUKAL, J; MÁDR, V. *Fyzika pro přípravu k přijímací zkoušce na VŠB-TUO*. 1. Ostrava : ES VŠB-TUO, 2007. 140 s. ISBN 978248-1270-5.

[10] FEYNMAN, R, a kol. *Feynmanovy přednášky z fyziky 2*. 1. Havlíčkův brod: Fragment, 2001. 806 s. ISBN 80-7200-420-4.

[11] FEYNMAN, R, a kol. *Feynmanovy přednášky z fyziky 5*. 1. Bratislava: Alfa, 1990. 536 s. ISBN 80-05-00518-0.

[12] KREMPASKÝ, J. *Fyzika*. 1. Bratislava: Alfa, 1987. 752 s.

[13] HORÁK, Z; KRUPKA, F. *Fyzika*. 1. Praha: SNTL, 1976. 1130 s. ISBN 04-011-76.

[14] KRUPKA, F; KALIVODA, L. *Fyzika*. 1. Praha: SNTL, 1989. 672 s. ISBN 80-03-00166-8.

[15] SODOMKA, L; FIALA, J. *Fyzika a chemie kondenzovaných látek s aplikacemi 1*. 1. Liberec: Adhesiv, 2003. 678 s. ISBN 80-239-1417-0.

[16] SODOMKA, L; FIALA, J. *Fyzika a chemie kondenzovaných látek s aplikacemi 2*. 1. Liberec: Adhesiv, 2004. 678 s. ISBN 80-239-1416-0.

[17] MÁDR, V, et al. *Fyzikální měření*. 1. Praha: SNTL, 1991. 304 s. ISBN 80-03-00266-4.