Střední průmyslová škola sdělovací techniky
Panská 3
Praha 1

© Jaroslav Reichl, 2017

Sbírka úloh z fyziky

určená studentům 4. ročníku technického lycea jako doplněk ke studiu fyziky

Jaroslav Reichl

Obsah

1. SPECIÁLNÍ TEORIE RELATIVITY 3

2. KVANTOVÁ FYZIKA 5

3. JADERNÁ FYZIKA 7

1. Speciální teorie relativity

1.1 Adam a Eva, vyhnaní jablkem z ráje, letí zkusit štěstí na jinou planetu. Letí v raketě, jejíž rychlost je stálá a má vůči Zemi velikost 0,6c. Vlivem chybičky přijde Eva do jiného stavu. Jak dlouho budě těhotná pro pozorovatele na Zemi?

V: 11,25 měsíce

1.2 Pepík drží v ruce krychli o objemu $64\ \mathrm{cm}^3$ a letí v raketě rychlostí o velikosti 0,8c vůči Zemi. Jaký je objem krychle vůči Aničce, která zůstala na Zemi? Uvažujte nejjednodušší případ polohy krychle v raketě.

V: $38,4\ \mathrm{cm}^3$

1.3 Pat letí v raketě rychlostí o velikosti 0,6*c* vůči Matovi, který zůstal na Zemi. Pat drží v ruce Rubikovu kostku, která má pro Mata objem $800\ \mathrm{cm}^3$. Jakou délku hrany kostky naměří Pat? Uvažujte nejjednodušší polohu kostky vůči raketě.

V: 10 cm

1.4 Lojza se dívá v raketě, která se pohybuje vůči Zemi, na film. Pro Pepu, který děj sleduje ze Země, má film délku 112,5 minuty. Vzhledem k tomu, že Pepa film viděl v kině, kde trval 90 minut, umí určit jaká je skutečná délka Lojzovy rakety, která se jemu jeví dlouhá 80 metrů. Co mu vyšlo? Je možné určit, jak velkou rychlostí se raketa s Lojzou pohybuje vůči Zemi? Pokud ano, určete ji.

V: 100 m ; 0,6c

1.5 Jarda letí v kosmické lodi, která má podle plánů délku 100 m. Cestou kouká na film, který má podle údajů distributora 100 min. Pro Lumíra, který zůstal na Zemi, má film sledovaný Jardou 120 min. Jakou délku Jardovy kosmické lodi naměří Lumír? Jak velkou rychlostí se Jarda v lodi vůči Lumírovi pohybuje?

V: 83 m; 0,55*c*

1.6 Jarda letí v kosmické lodi, která má podle plánu délku 230 m, a míjí Pepu letícího v jeho vlastní kosmické lodi. Obě kosmické lodi se pohybují navzájem stejným směrem stálou rychlostí. Pepa zjistí, že ho Jardova loď míjela po dobu $3,6\ \mu\mathrm{s}$. Jak velkou rychlostí se Jardova loď pohybuje vůči Pepově lodi?

V: 0,21c

1.7 Z kosmické lodi, která se pohybuje stálou rychlostí o velikosti 0,5c vůči Zemi, byl vystřelen ve směru pohybu kosmické lodi záchranný modul rychlostí o velikosti 0,8c vůči kosmické lodi. Jak velkou rychlosti se záchranný modul pohybuje vůči Zemi? Jak dlouho bude pro pozorovatele na Zemi trvat automatické odpálení bomby z modulu, které je v modulu nastaveno na 20 sekund?

V: 0,93c; 54 s

1.8 Z kosmické lodi, která se pohybuje vůči Zemi stálou rychlostí o velikosti 0,5c, byl vypuštěn záchranný člun, který se vůči lodi pohyboval rychlostí o velikosti 0,8c. Jak velkou rychlostí se člun pohybuje vůči Zemi, byl-li vypuštěn a) po směru, b) proti směru pohybu kosmické lodi?

V: 0,93*c*; -0,5*c*

1.9 Z kosmické lodi, která se pohybuje rychlostí 0,7*c* vůči Zemi, odstartoval záchranný modul pohybující se rychlostí o velikosti 0,3*c* vůči lodi. Jak velkou rychlostí se modul pohybuje vůči Zemi, letí-li a) ve směru, b) proti směru pohybu kosmické lodi?

V: 0,83*c*; 0,51*c*

1.10 Z rakety, která se pohybuje vůči Zemi rychlostí o velikosti 0,85c, byl vypálen laserový puls. Jak se rychle se tento laserový puls pohybuje vůči Zemi, byl-li vypálen a) po směru, b) proti směru pohybu rakety?

V: $\pm c$

1.11 Částice se rozpadla na dvě stejné částice pohybující se navzájem opačnými směry. Každá z nich se pohybuje vůči laboratoři rychlostí o velikosti 0,6*c*. Jak velkou rychlostí se pohybují částice vůči sobě?

V: 0,9*c*

1.12 Určete velikost rychlosti, při níž je relativistická hybnost částice a) stejná b) dvojnásobná ve srovnání s hybností téže částice vypočtená na základě klasické fyziky.

V: $0;\ \frac{\sqrt{3}}{2}c$

1.13 Jaká je velikost rychlosti pohybujícího se protonu, jestliže velikost jeho hybnosti je rovna $1,036.10^{-18}$ kg.m.s^{-1} a jeho klidová hmotnost je $1,67.10^{-27}$ kg . Jaká je jeho relativistická hmotnost?

V: $0,9c;\ 3,84.10^{-27}$ kg

1.14 Mezigalaktická loď má podle plánu délku 10 km a vůči Zemi se pohybuje rychlostí o velikosti 0,4*c*. Jarda jede na svém hyperskútru podél lodi od její přední části rychlostí o velikosti 0,8*c* vůči Zemi. Jak dlouho pojede podle svých hodinek podél lodi? Jak dlouho pojede podél lodi zpět, zůstanou-li všechny velikosti rychlostí stejné?

V: $46\ \mu s\ ;\ 15\ \mu s$

1.15 Částice s klidovou hmotností m_0 byla urychlována z klidu po dobu jedné minuty stálou silou o velikosti $\frac{m_0 c}{80}$ působící ve směru pohybu částice. Jak velkou rychlostí se částice na konci uvažovaného intervalu pohybovala?

V: $0,6c$

1.16 Žárovka o výkonu 100 W svítí trvale jeden rok. Předpokládáme, že 3 % dodávané energie se v žárovce mění na světlo. Jaká je hmotnost světla vyzářeného žárovkou za rok? Jak dlouho by žárovka musela svítit, aby vyzářené světlo mělo hmotnost jeden gram?

V: $1,05.10^{-9}$ kg ; $9,5.10^{5}$ let

1.17 Oč se změní hmotnost tří litrů vody, kterou ohřejeme z 20 °C na 80 °C ?

V: $8,4.10^{-12}$ kg

1.18 Voda o objemu 2 litry a teplotě 5 °C se přemění na led o teplotě 0 °C . Jak se přitom změní její hmotnost? Měrná tepelná kapacita vody je $4,2$ kJ.kg^{-1}.K^{-1} a měrné skupenské teplo tuhnutí je 334 kJ.kg^{-1} .

V: $7,9.10^{-12}$ kg

1.19 Relativistická částice má kinetickou energii $0,25m_0c^2$, kde m_0 je klidová hmotnost částice. Určete velikost rychlosti pohybu částice a její relativistickou hmotnost.

V: $1,25m_0$; 0,6c

1.20 Relativistická částice s klidovou hmotností m_0 se pohybují rychlostí o velikosti 0,8*c*. Určete její kinetickou a relativistickou energii.

V: $E_k = \frac{2}{3}m_0c^2\ ;\ E = \frac{5}{3}m_0c^2$

1.21 Relativistická energie částice s klidovou hmotností m_0 je $\frac{5}{3}m_0c^2$. Určete: relativistickou hmotnost částice, kinetickou energii částice, velikost rychlosti pohybu částice.

V: $m = \frac{5}{3}m_0\ ;\ E_k = \frac{2}{3}m_0c^2\ ;\ 0,8c$

1.22 Klidové a relativistické energie tří částic jsou vyjádřeny pomocí jednotky *A* takto:

	Klidová energie	**Relativistická energie**
1. částice	*A*	2*A*
2. částice	*A*	3*A*
3. částice	3*A*	4*A*

Seřaďte sestupně částice podle a) klidové hmotnosti, b) relativistické hmotnosti, c) kinetické energie, d) velikosti rychlosti. Zdůvodněte.

V: a) 3., 2. = 1.; b) 3., 2., 1.; c) 2., 3. = 1.; d) 2., 3. = 1.

1.23 Určete kinetickou energii a hybnost elektronu, který se pohybuje rychlostí o velikosti 0,6*c*. Jakou práci musely vykonat vnější síly, aby tuto velikost rychlosti elektron při urychlování z klidu za pět minut získal?

V: $0,25mc^2 = 2\cdot10^{-14}$ J ; $0,75mc = 2\cdot10^{-22}$ kg·m·s^{-1} ; $2\cdot10^{-14}$ J

1.24 Proton s klidovou hmotností $1,67\cdot10^{-27}$ kg byl urychlen elektrostatickou silou, která vykonala práci 6 nJ. Jak velkou rychlostí se proton nyní pohybuje? Jaká je jeho relativistická energie?

V: 0,99*c*; 6,15 nJ

1.25 Relativistická hybnost částice je $0,75m_0c$, kde m_0 je její klidová hmotnost. Určete: velikost rychlosti pohybu částice, kinetickou energii, relativistickou hmotnost a celkovou energii částice.

V: $0,6c$; $0,25m_0c^2$; $1,25m_0$; $1,25m_0c^2$

1.26 Určete hybnost protonu, jehož klidová hmotnost je $1,67.10^{-27}$ kg , je-li jeho a) kinetická b) relativistická energie 500 MeV .

V: $5,8.10^{-19}$ kg.m.s^{-1} ; nemá řešení

2. <u>Kvantová fyzika</u>

2.1 Výstupní práce lithia je 2,9 eV. Jaká je mezní vlnová délka elektromagnetického záření, při níž ještě nastane na lithiu fotoefekt?

V: 429 nm

2.2 Na povrch platiny dopadá elektromagnetické záření s vlnovou délkou 200 nm. Nastane fotoefekt? Zdůvodněte. Výstupní práce elektronu z povrchu platiny je 5,36 eV.

V: nastane

2.3 Hledáme látku pro fotočlánek, který bude pracovat na principu fotoelektrického jevu s viditelným světlem. Který materiál bude vyhovovat: hliník s výstupní prací 4,2 eV nebo baryum s výstupní prací 2,5 eV ? Odpověď zdůvodněte.

V: baryum

2.4 Fotoefekt na stříbrné destičce vyvolá záření s vlnovou délkou 264 nm. Jaká je výstupní práce stříbra? Jakou vlnovou délku musí mít elektromagnetické záření, aby uvolněné elektrony získaly rychlost o velikosti $1,13.10^6$ m.s^{-1} ? Klidová hmotnost elektronu je $9,1.10^{-31}$ kg . Řešte v rámci nerelativistické fyziky.

V: $7,5.10^{-19}$ J ; 150 nm

2.5 Na povrch kovu dopadá ve vakuu elektromagnetické záření s vlnovou délkou 300 nm. Z kovu uvolněné fotoelektrony mají energii 0,5 eV. Jaká je maximální vlnová délka elektromagnetického záření, které ještě může na tomto kovu vyvolat fotoefekt?

V: 340 nm

2.6 Kolik fotonů vyšle za sekundu světelný zdroj monofrekvenčního světla s vlnovou délkou 560 nm , jestliže celková energie fotonů vyslaných za sekundu je 1,5 mJ ?

V: $4,2.10^{15}$

2.7 Jaká je relativistická hmotnost fotonu červeného světla ve vakuu, jehož vlnová délka je 700 nm ?

V: $3,15.10^{-36}$ kg

2.8 Určete vlnovou délku fotonu, jehož hmotnost je $3,7\cdot10^{-36}$ kg .

V: 597 nm

2.9 Určitý atom absorbuje foton s vlnovou délkou 375 nm a ihned emituje foton s vlnovou délkou 580 nm. Jakou energii atom absorboval?

V: $1{,}9.10^{-19}$ J

2.10 Jakou kinetickou energii má proton, jestliže jemu odpovídající de Broglieho vlnová délka je $0{,}904$ pm ?

V: $1{,}6.10^{-16}$ J

2.11 Určete de Broglieho vlnovou délku protonu, který se pohybuje rychlostí o velikosti $500\ \mathrm{km\cdot s^{-1}}$. Jakým potenciálovým rozdílem byl proton urychlen, aby získal danou velikost rychlosti?

V: 0,8 pm; 1,3 kV

2.12 Určete de Broglieho vlnovou délku elektronu, který byl urychlen průletem v elektrostatickém poli napětím 3 mV. Jak velkou rychlostí se elektron po průletu polem pohyboval?

V: 22 nm; $3{,}25\cdot10^{4}\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$

2.13 Určete vlnovou délku elektronu urychleného napětím 0,5 kV.

V: $5{,}5\cdot10^{-11}$ m

2.14 Částice α s hmotností $6{,}68\cdot10^{-27}$ kg a nábojem $3{,}2\cdot10^{-19}$ C byla urychlena napětím 20 kV. Jaká je její de Broglieho vlnová délka? Jak velkou rychlostí se pohybuje?

V: $7{,}2\cdot10^{-14}$ m ; $1{,}4\cdot10^{6}\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$

2.15 De Broglieho vlnová délka elektronu s klidovou hmotností $9{,}1.10^{-31}$ kg je $1\,\mathrm{nm}$. Jak velkou rychlostí se elektron pohybuje? Jakým potenciálovým rozdílem musel projít při urychlování z klidu? Řešte v rámci nerelativistické fyziky.

V: $7{,}28.10^{5}\ \mathrm{m.s^{-1}}$; 1,5 V

2.16 Jak velkou velikost rychlosti získá v homogenním elektrickém poli s intenzitou o velikosti $60\ \mathrm{kV.m^{-1}}$ na dráze 20 centimetrů a) elektron, b) proton, c) neutron? Jaká jim odpovídá de Broglieho vlnová délka? Klidová hmotnost elektronu je $9{,}1.10^{-31}$ kg , klidové hmotnosti protonu a neutronu jsou přibližně stejné a rovné $1{,}67.10^{-27}$ kg . Řešte v rámci nerelativistické fyziky.

V: a) $6{,}5.10^{7}\ \mathrm{m.s^{-1}}$; $1{,}12.10^{-11}$ m ; b) $1{,}15.10^{6}\ \mathrm{m.s^{-1}}$; $2{,}6.10^{-13}$ m

2.17 Určete frekvenci záření, které vyzáří elektron v atomu vodíku při přechodu z páté hladiny na druhou hladinu.

V: $6{,}9.10^{14}$ Hz

2.18 Určete vlnovou délku elektromagnetického záření, které vyzáří atom vodíku při přeskoku elektronu ze 4. hladiny v rámci Balmerovy série.

V: 487,5 nm

2.19 Elektron v atomu vodíku přešel ze 3. energetické hladiny na nižší. Jaká je vlnová délka emitovaného elektromagnetického záření, které elektron vyzáří v rámci Lymanovy série?

V: 103 nm

2.20 Elektron v atomu vodíku přejde z páté na třetí energetickou hladinu. Určete vlnovou délku elektromagnetického záření, kterou při tomto přechodu vyzáří.

V: $1{,}3\ \mu\mathrm{m}$

2.21 Atom vodíku vyzářil v rámci Pashenovy série foton s vlnovou délkou 1880 nm. Na jaké hladině se elektron původně nacházel?

V: 4

2.22 Elektron v atomu vodíku přešel ze druhé hladiny na vyšší hladinu a absorboval přitom foton s vlnovou délkou 435 nm. Jakou měl elektron energii na vyšší hladině? Kolikáté hladině to odpovídá?

V: $-8{,}68\cdot10^{-20}$ J ; 5

2.23 Jaká je energie, hybnost a vlnová délka fotonu emitovaného při přechodu vodíkového atomu ze stavu $m = 3$ do stavu $n = 1$?

V: $12{,}1\,\text{eV}$; $6{,}45.10^{-27}\ \text{kg.m.s}^{-1}$; $0{,}1\,\mu\text{m}$

2.24 LASER generuje světelné pulsy trvající 100 fs. V každém pulsu je 60 vln. Určete vlnovou délku světla LASERu.

V: 500 nm

2.25 Laserové ukazovátko má výkon 5 mW a vysílá světlo s vlnovou délkou 650 nm. Kolik fotonů vyšle za jednu sekundu?

V: $1{,}6\cdot10^{16}$

2.26 LASER vysílá světlo vlnové délky 750 nm. Jeden puls záření trvá 200 ps. Kolik vln puls obsahuje?

V: 80000

2.27 LASER je zdrojem vln, jejichž každý foton má energii $5\cdot10^{14}\,h$. Jak dlouho trvá puls 2000 těchto vln?

V: 4 ps

3. <u>Jaderná fyzika</u>

3.1 Klidová energie protonu je 940 MeV. Jaká je jeho klidová hmotnost?

V: $1{,}67\cdot10^{-27}$ kg

3.2 Vypočtěte vazebnou energii jádra $^{4}_{2}\text{He}$. Hmotnost protonu je $1{,}672\cdot10^{-27}\,\text{kg}$, hmotnost neutronu je $1{,}675\cdot10^{-27}$ kg a atomová hmotnostní konstanta je $1{,}660\cdot10^{-27}\,\text{kg}$.

V: 30,3 MeV

3.3 Uran $^{238}_{92}\text{U}$ se postupně rozpadá. Výsledným stabilním nuklidem těchto rozpadů je $^{214}_{84}\text{Po}$. Kolik přeměn β^- a kolik přeměn α během popsaného rozpadu nastane? Uvažujte pouze přímé přeměny v této rozpadové řadě.

V: 6 přeměn α a 4 přeměny β^-

3.4 Kolik atomů $^{222}_{86}\text{Rn}$ emitujících α částice má aktivitu 2,1 Bq? Poločas rozpadu tohoto izotopu je 3,825 dne.

V: milion

3.5 Kolik procent určitého množství radioaktivního polonia s poločasem rozpadu 40 minut se rozpadne za 5 minut?

V: 8,3 %

3.6 Poločas rozpadu radonu $^{222}_{86}\text{Rn}$ je 3,82 dne. Jaká část původního množství zůstane nerozpadlá za dobu 24 h?

V: 83 %

3.7 Vypočítejte, za jak dlouho se rozpadne polovina atomů rádia, je-li jeho rozpadová konstanta $1{,}42.10^{-11}\ \text{s}^{-1}$.

V: 1547 let

3.8 Jeden gram $^{238}_{92}\text{U}$ vyzáří za jednu sekundu $1{,}24.10^{4}$ α částic. Určete poločas přeměny a počáteční aktivitu vzorku.

V: $1{,}4\cdot10^{17}\,\text{s}$; $1{,}24\cdot10^{4}\,\text{Bq}$

3.9 Určete přeměnovou konstantu radionuklidu $^{55}_{27}\text{Co}$, jestliže se počet jeho atomů zmenší za hodinu o 3,8 %.

V: $1{,}08.10^{-5}\ \text{s}^{-1}$

3.10 Z jak dlouho se rozpadne třetina vzorku radionuklidu s poločasem rozpadu 20 h?

V: 11,7 h

3.11 Za 20 hodin se rozpadne 14 % původního počtu radioaktivních jader radonu. Jaký je jeho poločas rozpadu?

V: 92 h

3.12 Radionuklid o hmotnosti $5,5\ \mathrm{g}$ má poločas rozpadu $12,5\ \mathrm{h}$. Určete, jaké množství radionuklidu se rozpadne během dvou hodin po čtrnácti hodinách od začátku experimentu.

V: $0,266\ \mathrm{g}$; pokles o 4,8 %

3.13 Poločas rozpadu $^{214}_{82}\mathrm{Pb}$ je 27 minut. Jaká část původního počtu části zůstane nerozpadlá za dobu 18 minut?

V: 63 %

3.14 Z 250 gramů $^{210}_{84}\mathrm{Po}$ se za dobu 200 dní rozpadne 158 gramů. Jaký je poločas rozpadu tohoto izotopu?

V: 139 dní

3.15 Poločas α-rozpadu plutonia $^{239}_{94}\mathrm{Pu}$ je 24100 let. Kolik gramů zůstane ze vzorku 12 gramů čistého $^{239}_{94}\mathrm{Pu}$ po 20000 letech? Kolik gramů hélia za tuto dobu z daného vzorku $^{239}_{94}\mathrm{Pu}$ vznikne? Uvažujte pouze helium, které vzniká přímo při rozpadu plutonia, nikoliv při rozpadu vedlejších produktů reakce.

V: 6,75 g; 87,8 mg

3.16 Poločas rozpadu $^{210}_{84}\mathrm{Po}$ je 140 dní. Za jak dlouho bude vzorek obsahovat 75 % původního množství olova $^{206}_{82}\mathrm{Pb}$?

V:

3.17 Hmotnost radionuklidu $^{214}_{84}\mathrm{Pb}$ klesla za 62,7 minuty o 80 % počáteční hmotnosti. Určete poločas rozpadu tohoto radionuklidu a kolik částice se rozpadne za dalších 20 minut. Počáteční hmotnost radionuklidu byla 100 g.

V: 27 minut; 8 g

3.18 Sto gramů dřeva živého stromu má aktivitu nuklidu $^{14}_{6}\mathrm{C}$ 1200 rozpadů za minutu. Dřevěná soška stará 2000 let má hmotnost 0,5 kg. Jaká je aktivita $^{14}_{6}\mathrm{C}$ ve dřevu sošky? Poločas rozpadu nuklidu $^{14}_{6}\mathrm{C}$ je 5730 let.

V: 78,5 Bq

3.19 Odhadněte kritickou velikost a hmotnost atomové uranové bomby. Hustota uranu je $19,3\ \mathrm{g.cm^{-3}}$. Molární hmotnost uranu je $235\ \mathrm{g.mol^{-1}}$.

V: koule o poloměru $7,54\ \mathrm{cm}$; $34,7\ \mathrm{kg}$

3.20 Určete a zdůvodněte neznámé počty částic: a) $^{238}_{x}\mathrm{U} \rightarrow \alpha + {}^{y}_{90}\mathrm{Th}$, b) $^{m}_{91}\mathrm{Pa} \rightarrow e^{-} + {}^{234}_{n}\mathrm{U}$.

V: 234; 92; 234; 92

Zdroje a inspirace příkladů:

[1] učitelé SPŠST (hlavně fyzikáři)

[2] život a fantazie Jaroslava Reichla

Sbírka neprošla jazykovou úpravou. Za případné chyby se omlouvám a prosím na jejich upozornění.