



Střední průmyslová škola sdělovací techniky

Panská 3

Praha 1

© Jaroslav Reichl, 2017

Sbírka příkladů z fyziky

*Sbírka příkladů
z fyziky*

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

Jaroslav Reichl

Obsah

1. SPECIÁLNÍ TEORIE RELATIVITY	3
2. KVANTOVÁ FYZIKA	4
3. JADERNÁ FYZIKA	5

1. Speciální teorie relativity

1.1 Adam a Eva, vyhnaní jablkem z ráje, letí zkoušet 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 bude těhotná pro pozorovatele na Zemi?

V: 11,25 měsíce

1.2 Pepík drží v ruce krychli o objemu 64 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: $38,4 \text{ cm}^3$

1.3 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 ; $0,6c$

1.4 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 $3,6 \mu\text{s}$. Jak velkou rychlostí se Jardova loď pohybuje vůči Pepově lodi?

V: $0,21c$

1.5 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 rychlostí 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

1.6 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: $0,93c$; $-0,5c$

1.7 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: $\pm c$

1.8 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; $\frac{\sqrt{3}}{2}c$

1.9 Jaká je velikost rychlosti pohybujícího se protonu, jestliže velikost jeho hybnosti je rovna $1,036 \cdot 10^{-18} \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ a jeho klidová hmotnost je $1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$. Jaká je jeho relativistická hmotnost?

V: $0,9c$; $3,84 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

1.10 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: $0,6c$

1.11 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: $1,05 \cdot 10^{-9} \text{ kg}$; $9,5 \cdot 10^5 \text{ let}$

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

V: $8,4 \cdot 10^{-12} \text{ kg}$

1.13 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 $4,2 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ a měrné skupenské teplo tuhnutí je $334 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$.

$$V: 7,9\cdot 10^{-12} \text{ kg}$$

1.14 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.

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

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

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

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

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

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

$$V: \text{ a) } 3., 2. = 1.; \text{ b) } 3., 2., 1.; \text{ c) } 2., 3. = 1.; \text{ d) } 2., 3. = 1.$$

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

$$V: 0,25mc^2 = 2\cdot 10^{-14} \text{ J}; 0,75mc = 2\cdot 10^{-22} \text{ kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}; 6,8\cdot 10^{-25} \text{ N}$$

1.18 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.

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

1.19 Určete hybnost protonu, jehož klidová hmotnost je $1,67\cdot 10^{-27} \text{ kg}$, je-li jeho a) kinetická b) relativistická energie 500 MeV .

$$V: 5,8\cdot 10^{-19} \text{ kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}; \text{ nemá řešení}$$

2. Kvantová fyzika

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

$$V: \text{ baryum}$$

2.2 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 $1,13\cdot 10^6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$? Klidová hmotnost elektronu je $9,1\cdot 10^{-31} \text{ kg}$. Řešte v rámci nerelativistické fyziky.

$$V: 7,5\cdot 10^{-19} \text{ J}; 150 \text{ nm}$$

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

$$V: 340 \text{ nm}$$

2.4 Kolik fotonů vyšle za sekundu světelný zdroj monofrekvenčního světla s vlnovou délkou 560 nm , jestliže celková energie fotonů vyslaných za sekundu je $1,5 \text{ mJ}$?

$$V: 4,2\cdot 10^{15}$$

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

$$V: 3,15\cdot 10^{-36} \text{ kg}$$

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

$$V: 1,9 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

2.7 Jakou kinetickou energii má proton, jestliže jemu odpovídající de Broglieho vlnová délka je 0,904 pm?

$$V: 1,6 \cdot 10^{-16} \text{ J}$$

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

$$V: 0,8 \text{ pm}; 1,3 \text{ kV}$$

2.9 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?

$$V: 22 \text{ nm}; 3,25 \cdot 10^4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

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

$$V: 6,9 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

2.11 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?

$$V: 103 \text{ nm}$$

2.12 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?

$$V: -8,68 \cdot 10^{-20} \text{ J}; 5$$

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

$$V: 12,1 \text{ eV}; 6,45 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}; 0,1 \mu\text{m}$$

2.14 De Broglieho vlnová délka elektronu s klidovou hmotností $9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ je 1 nm. Jak velkou rychlostí se elektron pohybuje? Jakým potenciálovým rozdílem musel projít při urychlování z klidu? Řešte v rámci nerelativistické fyziky.

$$V: 7,28 \cdot 10^5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}; 1,5 \text{ V}$$

2.15 Jak velkou velikost rychlosti získá v homogenním elektrickém poli s intenzitou o velikosti $60 \text{ kV} \cdot \text{m}^{-1}$ na dráze 20 centimetrů a) elektron, b) proton, c) neutron? Jaká jim odpovídá de Broglieho vlnová délka? Klidová hmotnost elektronu je $9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, klidové hmotnosti protonu a neutronu jsou přibližně stejné a rovné $1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$. Řešte v rámci nerelativistické fyziky.

$$V: \text{ a) } 6,5 \cdot 10^7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}; 1,12 \cdot 10^{-11} \text{ m}; \text{ b) } 1,15 \cdot 10^6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}; 2,6 \cdot 10^{-13} \text{ m}$$

3. Jaderná fyzika

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

$$V: \text{ milion}$$

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

$$V: 8,3 \%$$

3.3 Vypočítejte, za jak dlouho se rozpadne polovina atomů rádia, je-li jeho rozpadová konstanta $1,42 \cdot 10^{-11} \text{ s}^{-1}$.

$$V: 1547 \text{ let}$$

3.4 Jeden gram ${}^{238}_{92}\text{U}$ vyzáří za jednu sekundu $1,24 \cdot 10^4$ α částic. Určete poločas přeměny a počáteční aktivitu vzorku.

$$V: 4,92 \cdot 10^{-18} \text{ s}^{-1}$$

- 3.5** Určete přeměnovou konstantu radionuklidu ${}_{27}^{55}\text{Co}$, jestliže se počet jeho atomů zmenší za hodinu o 3,8 %.
V: $1,08 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1}$
- 3.6** Radionuklid o hmotnosti 5,5 g má poločas rozpadu 12,5 h. Určete, jaké množství radionuklidu se rozpadne během dvou hodin po čtrnácti hodinách od začátku experimentu.
V: 0,266 g ; pokles o 4,8 %
- 3.7** Poločas rozpadu ${}_{82}^{214}\text{Pb}$ je 27 minut. Jaká část původního počtu částí zůstane nerozpadlá za dobu 18 minut?
V: 63 %
- 3.8** Z 250 gramů ${}_{84}^{210}\text{Po}$ se za dobu 200 dní rozpadne 158 gramů. Jaký je poločas rozpadu tohoto izotopu?
V: 139 dní
- 3.9** Poločas α -rozpadu plutonia ${}_{94}^{239}\text{Pu}$ je 24100 let. Kolik gramů zůstane ze vzorku 12 gramů čistého ${}_{94}^{239}\text{Pu}$ po 20000 letech? Kolik gramů hélia za tuto dobu z daného vzorku ${}_{94}^{239}\text{Pu}$ vznikne? Uvažujte pouze helium, které vzniká přímo při rozpadu plutonia, nikoliv při rozpadu vedlejších produktů reakce.
V: 6,75 g; 87,8 mg
- 3.10** Poločas rozpadu ${}_{84}^{210}\text{Po}$ je 140 dní. Za jak dlouho bude vzorek obsahovat 75 % původního množství olova ${}_{82}^{206}\text{Pb}$?
V:
- 3.11** Hmotnost radionuklidu ${}_{84}^{214}\text{Pb}$ 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
- 3.12** Odhadněte kritickou velikost a hmotnost atomové uranové bomby. Hustota uranu je $19,3 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$. Molární hmotnost uranu je $235 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$.
V: koule o poloměru 7,54 cm ; 34,7 kg
- 3.13** Určete a zdůvodněte neznámé počty částic: a) ${}_{x}^{238}\text{U} \rightarrow \alpha + {}_{90}^y\text{Th}$, b) ${}_{91}^m\text{Pa} \rightarrow e^{-} + {}_n^{234}\text{U}$.
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.