



**PANSKÁ**

**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**

<b>1. SPECIÁLNÍ TEORIE RELATIVITY .....</b>	<b>3</b>
<b>2. KVANTOVÁ FYZIKA .....</b>	<b>4</b>
<b>3. JADERNÁ FYZIKA .....</b>	<b>6</b>

## 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  $64 \text{ cm}^3$  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:  $100 \text{ m}$ ;  $0,6c$

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:  $0,93c$ ;  $54 \text{ s}$

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

V:  $46 \mu\text{s}$ ;  $15 \mu\text{s}$

1.11 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:  $0,6c$

1.12 Žárovka o výkonu  $100 \text{ W}$  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:  $1,05 \cdot 10^{-9}$  kg;  $9,5 \cdot 10^5$  let

1.13 Oč se změní hmotnost tří litrů vody, kterou ohřejeme z  $20^\circ\text{C}$  na  $80^\circ\text{C}$  ?

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

1.14 Voda o objemu 2 litry a teplotě  $5^\circ\text{C}$  se přemění na led o teplotě  $0^\circ\text{C}$ . 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:  $7,9 \cdot 10^{-12}$  kg

1.15 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:  $1,25m_0$ ;  $0,6c$

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

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

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

1.18 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	$3A$	$4A$

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.

1.19 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:  $0,25mc^2 = 2 \cdot 10^{-14}$  J;  $0,75mc = 2 \cdot 10^{-22}$  kg · m · s<sup>-1</sup>;  $2 \cdot 10^{-14}$  J

1.20 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:  $0,6c$ ;  $0,25m_0c^2$ ;  $1,25m_0$ ;  $1,25m_0c^2$

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

V:  $5,8 \cdot 10^{-19}$  kg · m · s<sup>-1</sup>; 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 eV nebo baryum s výstupní prací 2,5 eV ? Odpověď zdůvodněte.

V: 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  $1,13 \cdot 10^6$  m · s<sup>-1</sup> ? Klidová hmotnost elektronu je  $9,1 \cdot 10^{-31}$  kg . Řešte v rámci nerelativistické fyziky.

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

**2.3** 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

**2.4** Kolik fotonů vyšle za sekundu světelný zdroj monofrekvenčního světla s vlnovou délkou 560 nm , jestliže celková energie fotonů vyslaných za sekundu je 1,5 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:  $3,15 \cdot 10^{-36}$  kg

**2.6** Určete vlnovou délku fotonu, jehož hmotnost je  $3,7 \cdot 10^{-36}$  kg .

V: 597 nm

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

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

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

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

**2.9** 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 pm; 1,3 kV

**2.10** 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;  $3,25 \cdot 10^4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

**2.11** Určete vlnovou délku elektronu urychleného napětím 0,5 kV.

V:  $5,5 \cdot 10^{-11}$  m

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

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

**2.13** 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

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

V: 4

**2.15** 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:  $-8,68 \cdot 10^{-20}$  J ; 5

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

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

**2.17** De Broglieho vlnová délka elektronu s klidovou hmotností  $9,1 \cdot 10^{-31}$  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 V

**2.18** 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  $9,1 \cdot 10^{-31}$  kg, klidové hmotnosti protonu a neutronu jsou přibližně stejné a rovné  $1,67 \cdot 10^{-27}$  kg. Řešte v rámci nerelativistické fyziky.

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

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

V: 500 nm

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

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

### 3. Jaderná fyzika

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

V:  $1,67 \cdot 10^{-27}$  kg

**3.2** Vypočítejte vazebnou energii jádra  ${}^4_2\text{He}$ . Hmotnost protonu je  $1,672 \cdot 10^{-27}$  kg, hmotnost neutronu je  $1,675 \cdot 10^{-27}$  kg a atomová hmotnostní konstanta je  $1,660 \cdot 10^{-27}$  kg.

V: 30,3 MeV

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

V: milion

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

V: 8,3 %

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

V: 83 %

**3.6** Vypočítejte, za jak dlouho se rozpadne polovina atomů rádia, je-li jeho rozpadová konstanta  $1,42 \cdot 10^{-11}$  s<sup>-1</sup>.

V: 1547 let

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

V:  $4,92 \cdot 10^{-18}$  s<sup>-1</sup>

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

V:  $1,08 \cdot 10^{-5}$  s<sup>-1</sup>

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

V: 11,7 h

**3.10** 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 %

**3.11** Poločas rozpadu  ${}^{214}_{82}\text{Pb}$  je 27 minut. Jaká část původního počtu částí zůstane nerozpadlá za dobu 18 minut?

V: 63 %

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

V: 139 dní

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

V: 6,75 g; 87,8 mg

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

V:

**3.15** Hmotnost radionuklidu  ${}^{214}_{84}\text{Pb}$  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

**3.16** Sto gramů dřeva živého stromu má aktivitu nuklidu  ${}^{14}_6\text{C}$  1200 rozpadů za minutu. Dřevěná soška stará 2000 let má hmotnost 0,5 kg. Jaká je aktivita  ${}^{14}_6\text{C}$  ve dřevu sošky? Poločas rozpadu nuklidu  ${}^{14}_6\text{C}$  je 5730 let.

V: 78,5 Bq

**3.17** 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

**3.18** Určete a zdůvodněte neznámé počty částic: a)  ${}^{238}_x\text{U} \rightarrow \alpha + {}^y_{90}\text{Th}$ , b)  ${}^m_{91}\text{Pa} \rightarrow e^- + {}^{234}_n\text{U}$ .

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.