

Test povědomí o částicové a jaderné fyzice

Karel Kolář, karel@fykos.cz, Univerzita Karlova, Matematicko-fyzikální fakulta, Praha

26. června 2019

verze 0.80

Tento dokument obsahuje správná řešení úloh testu a stručné komentáře k tomu, proč byly vybrány či jak byly vybrány distraktory a konkrétní znění otázek.

Komentáře k tomu, proč jsou pokyny pro respondenty takové, jaké jsou.

- Žádné pomůcky jsou standardní pro standardizované testy. Zřejmě i pro větší srovnatelnost výsledků.
- Odpovídání přímo do testu se autorovi osvědčilo nejlépe. Pro odpovídání do odpovědních archů je potřeba mít informované a disciplinované respondenty, kteří opravdu nebudou psát do zadání. Pokud někdo do zadání něco napíše, pak je snaha o šetření životního prostředí zbytečná, protože je pak potřeba stejně procházet všechna zadání a popsaná vyřadit. Odpovědní místo přímo v testu, kam se má přepsat vybraná možnost, se také neosvědčila, protože respondenti stejně kroužkovali. Díky absenci přepisování do archu také odpadá možnost, že přeskočí nějakou otázku či svoji volbu omylem zopakují do dvou řádků a kvůli tomu přijdou o skóre.
- Připomínka k tomu, že nejsou úlohy řazené podle obtížnosti je zdůrazněna jak kvůli tomu, že na počátku opravdu řazené takto nebyly. I pokud by byly seřazené, pak obtížnost pro konkrétního člověka může být diametrálně odlišná od průměru populace. Stejně tak je snaha úlohy řadit spíše tematicky a případně k sobě ty podobné.

Několik konstant, které se mohou, ale nemusí hodit pro řešení úloh

Veličina	Hodnota	Izotop	Klidová hmotnost
Coulombova konstanta	$k_e = 8,99 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$	${}^4_2\text{He}$	3,73 GeV/c ²
Gravitační konstanta	$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$	${}^{12}_6\text{C}$	11,1 GeV/c ²
Rychlost světla ve vakuu	$c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$	${}^{56}_{26}\text{Fe}$	52,1 GeV/c ²
Částice	Klidová hmotnost	${}^{95}_{36}\text{Kr}$	88,4 GeV/c ²
Elektron	$m_e = 511 \text{ keV}/c^2$	${}^{139}_{56}\text{Ba}$	129 GeV/c ²
Foton	$m_f \equiv 0 \text{ keV}/c^2$	${}^{208}_{82}\text{Pb}$	194 GeV/c ²
Kvark u	$m_u = 2,3 \pm 1,2 \text{ MeV}/c^2$	${}^{234}_{90}\text{Th}$	218 GeV/c ²
Pozitron	$m_e = 511 \text{ keV}/c^2$	${}^{235}_{92}\text{U}$	219 GeV/c ²
Proton	$m_p = 0,938 \text{ GeV}/c^2$	${}^{238}_{92}\text{U}$	222 GeV/c ²
Neutrino	$m_\nu \leq 18 \text{ MeV}/c^2$		
Neutron	$m_n = 0,940 \text{ GeV}/c^2$		

1. CHC – Nic se nezmění

Pro jaký typ záření je typické, že po jeho vyzáření nedojde ke změně ani protonového ani nukleonového čísla prvku?

Typy záření jsou standardní učivo jak na středních, tak na základních školách. Zpravidla se naučí jak se jmenují jednotlivé typy záření a jaké částice jsou emitované. Otázka je formulovaná tak, aby mohla vést k zamýšlení, protože se ptá „z druhého konce“, byť mohou odpověď znát „z hlavy“. Odpovědi jsou zvolené tak, aby si museli uvědomit jak název typu záření, tak i vlastnosti vyzařované částice.

U této konkrétní úlohy si musí uvědomit, že alfa, beta i neutronové záření mění protonové či nukleonové číslo, ale gama záření je pouze foton/energie.

Odpovědi jsou řazené abecedně dle názvu záření.

- A Alfa záření
- B Beta záření
- C Gama záření
- D Neutronové záření
- E Takové záření neexistuje.

Správná odpověď: C

2. CHA – Pokles nukleonového i protonového čísla

Pro jaký typ záření je typické, že po jeho vyzáření dojde ke snížení protonového čísla prvku o 2 a nukleonového čísla o 4?

Typy záření jsou standardní učivo jak na středních, tak na základních školách. Zpravidla se naučí jak se jmenují jednotlivé typy záření a jaké částice jsou emitované. Otázka je formulovaná tak, aby mohla vést k zamýšlení, protože se ptá „z druhého konce“, byť mohou odpověď znát „z hlavy“. Odpovědi jsou zvolené tak, aby si museli uvědomit jak název typu záření, tak i vlastnosti vyzařované částice.

Konkrétně u této úlohy si musí všimnout, že dojde k vyzáření jádra helia, které je alfa zářením.

Odpovědi jsou řazené abecedně dle názvu záření.

- A Alfa záření
- B Beta záření
- C Gama záření
- D Neutronové záření
- E Takové záření neexistuje.

Správná odpověď: A

3. CHB – Vzrůst protonového čísla

Pro jaký typ záření je typické, že po jeho vyzáření dojde ke zvýšení protonového čísla prvku o 1 a nukleonové číslo se nezmění?

Typy záření jsou standardní učivo jak na středních, tak na základních školách. Zpravidla se naučí jak se jmenují jednotlivé typy záření a jaké částice jsou emitované. Otázka je formulovaná tak, aby mohla vést k zamýšlení, protože se ptá „z druhého konce“, byť mohou odpověď znát „z hlavy“. Odpovědi jsou zvolené tak, aby si museli uvědomit jak název typu záření, tak i vlastnosti vyzařované částice.

Tato úloha by měla být nejnáročnější ze tří na stejné téma. Respondent si musí uvědomit, že když nedojde ke změně nukleonového čísla, ale protonové vzroste, že musí být vyzářen elektron, což je beta záření. Informace o tom, že nějaké číslo vzroste může budít dojem, že takové záření neexistuje, protože by byl porušený nějaký zákon zachování. Odpovědi jsou řazené abecedně dle názvu záření.

- A Alfa záření
- B Beta záření
- C Gama záření
- D Neutronové záření

E Takové záření neexistuje.

Správná odpověď: B

4. QUA – Detekce kvarků

Můžeme pozorovat jednotlivé kvarky?

V rámci testu jsme chtěli zařadit nějakou otázku či otázky věnované pozorování kvarků. Bohužel, nenalezli jsme zatím způsob, jak se zeptat tak, aby nebyla nutná naučená přesná znalost odpovědi, ale otázka by byla i více na myšlení.

A Ano, vyskytují se i v přírodě.

Distraktor pro ty, kteří neslyšeli o „uvěznění“ kvarků.

B Ano, lze je pozorovat přímo, ale pouze s uměle indukovanou radioaktivitou.

Miskoncepce, že výskyt kvarků je vázán na člověka.

C Ne, můžeme je pozorovat nepřímo pouze podle výsledků jaderných reakcí.

Správná odpověď. Kvarky jsou „uvězněné“ ve složených částicích. Pokud se je budeme snažit oddělit, pak pokud dosáhneme určité vzdálenosti, tak bude energeticky výhodnější, pokud vznikne pár kvark-antikvark. Původní částice se rozpadne na více částí, ale všechny budou opět složené z více kvarků.

D Ne, není dokonce ani možné dokázat jejich existenci.

Miskoncepce, že i když nejdou pozorovat přímo, že nelze jejich existenci dokázat, případně miskoncepce, že vůbec neexistují.

Správná odpověď: C

5. COR – Barva

Která kombinace „barevných nábojů“ kvarků **nemůže** být ve složené částici?

Dotaz na kvantovou chromodynamiku v co nejjednodušší formě. Žáci středních škol o něm zpravidla nikdy neslyší. Mezi možnostmi je potřeba najít tu, která nedá dohromady bílou barvu.

A Modrá a zelená

B Červená a antičervená

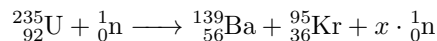
C Červená, modrá a zelená

D Červená, modrá, zelená, modrá a antimodrá

Správná odpověď: A

6. NCH – Štěpná reakce

Kolik neutronů se uvolní v následující reakci?



Řešení jednoduché rovnice štěpné reakce. Možnosti pokrývají všechna přirozená čísla.

A $x = 0$

A

B $x = 1$

B

C $x = 2$

C

D $x = 3$

E $x \geq 4$

Správná odpověď: C

7. KGA – K-záchyt

K-záchyt je typ radioaktivity, při kterém dochází k zachycení elektronu z K-slupky (nejbližší jádru) elektronového obalu jádrem. V jádře pak dojde k reakci protonu s elektronem, při které vznikne neutron. Jaký typ záření budeme moci v blízkosti takového zářiče následně detekovat?

Úloha je zajímavá tím, že se tento typ radioaktivity obvykle na základní ani střední škole nezmiňuje, ale přitom by měli disponovat dostatečnými znalostmi pro vyvození správného výsledku.

Správnou odpověď můžou dovést ze dvou důvodů – jednak budeme pozorovat deexcitaci elektronů pomocí charakteristického gama záření a také bude excitované jádro vyzařovat nadbytečnou energii, aby se dostalo do základního stavu.

Ostatní možnosti jsou pro doplnění obvyklé známé typy radioaktivity a miony. Odpovědi jsou řazení podle abecedy.

- A Elektrony či pozitrony
- B Fotony
- C Jádra helia
- D Miony
- E Neutrony

Správná odpověď: B

8. HOL – Proč drží jádra pohromadě

Proč drží jádra atomů pohromadě, i když jsou v něm pouze kladné protony a neutrální neutrony?

Úloha zaměřená na znalosti základních fyzikálních sil.

- A Protože jsou tak blízko, že gravitace je na takovou vzdálenost silnější než elektromagnetická síla.

Miskoncepce, že se mění poměr mezi gravitační a elektromagnetickou silou.

- B Protože je drží silná jaderná síla.

Správná odpověď.

- C Protože se protony a neutrony silně polarizují a elektromagnetická síla je tak udrží.

Možnost analogická tomu, že polarizovaná neutrální plechovka se může přitahovat k nabitě částici.

- D Protože je elektromagnetická síla na krátké vzdálenosti univerzálně přitažlivá.

Možnost analogická tomu, že o gravitaci se říká, že je na krátké vzdálenosti univerzálně přitažlivá.

Správná odpověď: B

9. MASA – Kde je hmotnost?

Kde je větší část hmotnosti hmoty látek?

Jedna ze základních představ potřebná pro pochopení skladby jádra. Šlo původně o relativně jednoduchou otázku se třemi možnostmi, kterou měli skoro všichni správně – proto byla mírně zkomplikována zvýšením počtu odpovědí na 5. Ale také od verze 0.75 (resp. 0.80) mohou studenti nalézt informace o hmotnostech protonu, neutronu a elektronu v úvodních tabulkách.

Možnosti jsou nastavené tak, aby byla formulace analogická otázce o velikostech (SIZE) a o hmotnostech kvarků vzhledem k protonu (WPQ).

- A Hmotnost atomového obalu je více jak **o řád menší** než atomového jádra.
- B Hmotnost atomového obalu je **o něco menší**, ale ne více jak o řád menší než atomového jádra.
- C Hmotnost atomového obalu je **stejná** jako atomového jádra.

- D Hmotnost atomového obalu je **o něco větší**, ale ne více jak o řád větší než atomového jádra.
 E Hmotnost atomového obalu je více než **o řád větší** než atomového jádra.

Správná odpověď: A

10. SIZE – Kde je velikost?

Která část atomu zabírá větší prostor a tím pádem určuje většinu rozměru atomu?

Základní látka, která se probírá na středních školách ve spojitosti se strukturou látek. Formulovaná je tak, aby odpovědi byly analogické možností u otázky k hmotnostem v atomu (MASA) a hmotnostem kvarků vzhledem k protonu (WPQ).

- A Rozměry atomového obalu jsou více jak **o řád menší** než atomového jádra.
 B Rozměry atomového obalu jsou **o něco menší**, ale ne více jak o řád menší než atomového jádra.
 C Rozměry atomového obalu jsou **stejně** jako atomového jádra.
 D Rozměry atomového obalu jsou **o něco větší**, ale ne více jak o řád větší než atomového jádra.
 E Rozměry atomového obalu jsou více než **o řád větší** než atomového jádra.

Správná odpověď: E

11. WPQ – Hmotnost protonu vs. hmotnost kvarků

Každý proton je tvořen ze tří kvarků (up, up a down). Jaký je vztah hmotností těchto kvarků vůči hmotnosti protonu?

Netriviální sčítání hmotností - přestože jsou gluony samy nehmotné, celková hmotnost je vyšší než odpovídá součtu. Po dodání tabulky s hmotnostmi protonu a kvarku si mohou danou informaci i vyhledat. Pouze musí odhadnout, že třetí kvark bude mít řádově stejnou hmotnost jako ty dva, jejichž hmotnost mají uvedenu explicitně. Hmotnosti jsou v tabulce úmyslně uvedené v jiných jednotkách, aby případně museli správně převést jednotku, pokud se rozhodnou využít tabulku.

- A Hmotnost protonu je více jak **o řád menší** než tří kvarků.

Možnost je uvedena, aby byly odpovědi symetricky rozložené.

- B Hmotnost protonu je **o něco menší**, ale ne více jak o řád menší než tří kvarků.

Tato možnost by byla analogická jaderné fúzi.

- C Hmotnost protonu je přesně **stejná** jako tří kvarků.

Odpovídá prostému tipnutí se zkušeností s tím, že se v běžném životě většinou hmotnost zachovává.

- D Hmotnost protonu je **o něco větší**, ale ne více jak o řád větší než tří kvarků.

Možnost analogická jadernému štěpení.

- E Hmotnost protonu je více než **o řád větší** než tří kvarků.

Správná odpověď: E

12. ADE – Alfa rozpad a dělení energie

Dojde k samovolnému rozpadu jádra ${}^{238}_{92}\text{U}$, při kterém se rozpadne na dceřinné jádro ${}^{234}_{90}\text{Th}$ a jádro helia (${}^4_2\text{He}$). Přitom se uvolní energie, která se přemění na kinetickou vniklých jader. Jakou část z celkové uvolněné energie „odnese“ jádro helia? Uvažujme, že původní jádro bylo v okamžiku rozpadu v klidu a že jediné nezanedbatelné produkty jsou tyto dvě jádra.

Jde zejména o zákon zachování hmotnosti. Jde o netriviální výsledek, protože bez přemýšlení studenti obvykle odhadnou, že malá částice bude mít menší energii. Ale pokud napíšeme ZZp (malá částice malými písmeny, velká velkými)

$$0 = mv + MV \Rightarrow v = -\frac{M}{m}V$$

Energie budou mít

$$E = \frac{1}{2}MV^2, \quad e = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m \left(\frac{M}{m}\right)^2 V^2 = \frac{1}{2} \frac{M^2}{m} V^2 = \frac{M}{m} E$$

Pokud se tedy podíváme na energii menší částice, tak je větší než té velké. Pokud se mezi ně má rozdělit energie celá, což je dáno zadáním, pak musí více než polovina připadnout na malou částici. Nemusíme vůbec řešit konkrétní hodnoty, protože se na ně úloha neptá.

- A Žádnou energii
- B Část energie, ale méně než polovinu
- C Přesně polovinu energie
- D Více jak polovinu, ale méně než celou energii
- E Všechnu energii

Správná odpověď: D

13. MOD - Moderace neutronů

Jedním ze známých typů záření je neutronová radiace, tedy záření tvořené neutrony. V jaderném reaktoru chceme neutrony „ochladit“ neboli „moderovat“, aby se zvýšila pravděpodobnost interakce s dalším jádrem. Která z následujících látek je nevhodnější na moderaci? Zajímá nás největší zpomalení za stejného počtu srážek. Předpokládejte, že moderace probíhá dokonale pružnými srážkami.

Otázka na mechaniku dokonale pružných srážek. Chceme, aby došlo k takové pružné srážce, kde to, do čeho neutron narazí, odnese nejvíce energie. To nastane v případě, kdy narazí do něčeho s co nejbližší hmotností k té svojí. Ideální je proto voda, kde protony mají skoro stejnou hmotnost jako neutrony.

Typická střední energie neutronů jako štěpných produktů je např. u ^{235}U je to 4,8 MeV/c². Při klidové hmotnosti 940 MeV/c² to znamená, že nejsou zdaleka relativistické a jejich hmotnost je stále nejlépe srovnatelná s protony ve vodě.

- A Voda

Správná odpověď, protože vody obsahuje protony/vodíky.

- B Grafit (uhlík)

Také je možné ho využít pro moderaci. Má vyšší účinný průřez, ale zpomalí záření výrazně méně. Po přidání věty „Zajímá nás největší zpomalení za stejného počtu srážek.“ by to mělo být zcela jednoznačné.

Mezi verzí 0.4 a 0.5 změna z Uhlík na Grafit (uhlík). Změna je i kvůli vylepšení distraktoru - např. u testů z autoškoly lidé často vybírají nejdelší odpověď, protože vychází z logiky, že by se nikomu nechtělo vymýšlet co nejdelší odpovědi.

Dalším důvodem, proč v roce 2019 vybírají grafit je seriál HBO Černobyl.

- C Olovo

Vyskytuje se často v oblasti radioaktivity, bývá zmíněno při stínění.

- D Uran

Vystupuje ve štěpných reakcích, o kterých se nejčastěji učí.

Správná odpověď: A

14. BES – Beta a nezbytnost neutrin

Máme látku, která podléhá beta rozpadu. Dále máme detektor, který je schopný měřit vyletující beta částice a určit základní informace o tomto záření jako jeho směr a energii. Dokázali bychom s takovýmto experimentálním vybavením učít, že se při beta rozpadu uvolňuje i nějaká další částice mimo anti/proton a pozitron/elektron (tedy anti/neutrino)?

Otázka na zamýšlení, jak na existenci nějaké takové částice vůbec mohli historicky přijít.

- A Ano, prostorové distribuce vyletujících částic beta záření kolem vzorku.

To bychom dokázali změřit, ale nedávalo by to smysl, protože částice nemají žádný určitý tvar

B Ano, z různých kinetických energií, kterou mají vyletující beta částice.

Správná odpověď. Při rozpadu na tři částice se celá energie nerozdělí mezi dvě částice, ale může se rozdělit v různých poměrech mezi nimi, Naměříme tedy celé spektrum energií menších než v situaci, kdy by byl rozpad dvoučásticový. Při tom bychom neměřili jenom jednu konkrétní energii.

C Ano, z časových oscilací absolutní hodnoty aktivity vzorku.

Něco takového by sice šlo změřit, ale nedávalo by to smysl – přestal by platit zákon zachování energie, který souvisí s posunem v času.

D Ano, z polarizace beta záření.

Něco takového by s popsaným zařízením ani nemělo jít změřit. Ale polarizace může znít odborně.

E Ne.

Správná odpověď: B

15. LHC – Počet oběhů za sekundu

Velký hadronový urychlovač v CERN je známý jako největší částicový urychlovač na světě. Délka nejdelší kruhové části je zhruba 27 km a částice jsou v ní urychlovány na nejvyšší rychlosti při energii odpovídající 6,5 TeV. Kolikrát stihne oběhnout svazek částic urychlovač za jednu sekundu? Předpokládejme, že částice jsou vedeny tak, že se za tuto dobu s ničím nesrazí.

Úloha na uvědomění si konečnosti rychlosti světla a toho, že urychlená částice má téměř rychlost světla. Odpovědi jsou po dvou řádech, aby odhad šel provést snadno bez kalkulačky.

A Zhruba jednou

B 110 krát

C 11 000 krát

D 1 100 000 krát

E Nekonečněkrát

Správná odpověď: C

16. ALD – Dolet alfa částic

Dolet alfa částic z běžných radioaktivních zdrojů ve vzduchu bývá zhruba 6 cm. Jaký bude dolet stejných alfa částic v ideálním vakuu?

Uvědomění si důležitosti rozdílu prostředí, ve kterém se záření šíří.

A 0 cm (vakuum se nemohou šířit)

Představa, že potřebujeme materiální prostředí pro šíření radioaktivního záření.

B 6 cm

Představa, že se nic nezmění.

C Více než 6 cm, ale maximálně zhruba metry

Představa, že bude prostředí propustnější, ale stále na dokonale. Formulace upravena z 12 cm.

D Nekonečný

Správná možnost. Ve vakuu není důvod, proč by se záření zastavilo.

E Odpověď závisí na konkrétním alfa zářiči.

Představa, že záleží na energii konkrétní alfa částice.

Správná odpověď: D

17. HAK – Průchod dvěma polotloušťkami

Pošleme jednu částici směrem na destičku. Z předchozích experimentů víme, že stejně tlustá destička ze stejného materiálu pohltí tři čtvrtiny stejných částic a čtvrtina projde. Za destičkou máme detektor, který ji jistě detekuje, pokud projde. Jaký máme očekávat výsledek našeho experimentu?

Uvědomění si toho, že i při jedné částici je důležité brát do úvahy pravděpodobnostní charakter.

A Částici jistě nenaměříme.

Představa, že pokud je pravděpodobnost tři čtvrtiny, tak prostě nastane to, co ve třech čtvrtinách případů.

B Částici naměříme s 25 % pravděpodobností.

Správná formulace.

C Naměříme čtvrtinu částice.

Představa, že se částice může rozdělit. To jsme sice nezakázali zcela explicitně v zadání, ale pokud by k tomu došlo, pak bychom v rámci jaderných reakcí nejspíše neměřili přímo část částice, ale nějaký produkt, který mohl být i z látky, kterou částice procházela.

D Částici jistě naměříme.

Představa, že jedna prostě projde.

Správná odpověď: B

18. POL – Dva poločasy

Dostaneme radioaktivní vzorek s poločasem rozpadu 5 let. V jakém stavu budou radioaktivní částice za 10 let po obdržení vzorku?

Základní otázka k pravděpodobnostnímu charakteru rozpadů a rozpadovému zákonu.

A Rozpadnou se všechny radioaktivní částice.

Představa, že rozpad probíhá lineárně.

B Rozpadnou se tři čtvrtiny radioaktivních částic.

Správná odpověď. Za první poločas rozpadu se rozpadne polovina, za druhý polovina ze zbytku.

C Rozpadne se polovina radioaktivních částic.

Představa, že rozpad přestane.

D Z dostupných informací nelze rozhodnout.

Představa, že rozpady probíhají nějak jinak, složitěji.

Správná odpověď: B

19. EXP – Počátek exponenciálního rozpadu

Máme vzorek, ve kterém je na počátku 10 000 radioaktivních jader. Poločas radioaktivního rozpadu jader ve vzorku je 10 minut. K jakému počtu radioaktivních přeměn s nejvyšší pravděpodobností dojde za první minutu?

Úloha na uvědomění si toho, že se rozpadá čím dál tím méně jader. Přestože někteří žáci pochopí, že po jednom poločase rozpadu máme polovinu původních jader, neuvědomují si celkový průběh takového exponenciálního rozpadu. Tato úloha dokonce nepotřebuje, aby znali přesně exponenciálu, pokud si uvědomí, že se nějaké procento rozpadne za stejný čas a že se tedy musí rozpadat na začátku nejvíce + za 10 minut se má rozpadnout 5 000 jader.

A 341

Zjevně se rozpadne málo, protože $341 \cdot 10 = 3410 < 5000$, což neodpovídá ani tomu, že by se rozpadalo stále stejně, natož čím dál tím více.

B 500

Tato možnost odpovídá tomu, že by se rozpadal stále stejný počet částic, tedy po dvou poločasech rozpadu by se rozpadlo všechno a ne jenom něco.

C 670

Správná odpověď. Nečeká se, že budou přesně počítat, ale pokud by počítali přesně, pak zjistí, že se rozpadá přibližně postupně po minutách 670 + 625 + 583 + 544 + 508 + 474 + 442 + 412 + 385 + 359 (pokud bereme přesně čísla a zaokrouhlíme až zde uvedené výsledky po minutách) a vyjde nám celkem 5 002.

D 1 000

Částic se rozpadá moc – pokud si uvědomíme, že by se rozpadalo po minutách 1000 + 900 + 810 + 729 a dále přibližně 656 + 590 + 531 a za 7 minut se rozpadlo již více než polovina částic (5 216). Tuto možnost je tedy nejtěžší eliminovat.

Správná odpověď: C

20. MEA – Měření rozpadů

Pokud bychom měli k dispozici radioaktivní zářič s aktivitou $A = 1000 \text{ Bq} = 1000 \text{ s}^{-1}$, ke kolika radioaktivním přeměnám bychom čekali, že dojde za jednu sekundu? (Zajímáme se o ideální situaci. Vzniklý produkt není radioaktivní. Neuvažujme (ne)přesnost detektorů.)

Uvědomění si pravděpodobnostního charakteru a odhad chyby. Úloha je na úrovni vysoké školy. Odhad chyby je $1/\sqrt{N}$. Distraktory jsou vytvořeny tak, aby byly dva podobné.

A Přesně 1 000

Představa, že lze naměřit něco přesně.

B S jistotou k 1000 ± 10

C S pravděpodobností 98 % k 1000 ± 10

D S pravděpodobností 68 % k 1000 ± 32

Správná možnost.

Správná odpověď: D

21. DAT – Radiouhlíkové datování

Na jakém principu funguje metoda datování pomocí uhlíku (radiouhlíkové datování), která se využívá u organických vzorků?

Otázka k aplikaci ve vědě, která je široce známá.

A Zvážíme aktuální hmotnost uhlíku a jiných prvků ve vzorku a datace se určí z jejich poměru.

Není zde nic o radioaktivitě – mají vybrat nejlepší odpověď. Navíc se standardně určuje pouze z jednoho prvku.

B Určuje se z poměru radioaktivního a stabilního izotopu uhlíku.

Správná odpověď.

C Počítá se počet pouze radioaktivních přeměn za sekundu.

Větší vzorek má větší počet přeměn. Není to dostatečný údaj.

D Sleduje se stáří jednotlivých atomů ve vzorku.

Stáří atomu nelze poznat.

Správná odpověď: B

22. CNS – Zákony zachování

Který zákon zachování **neplatí** v mikrosvětě?

Dotaz na pochopení zákonů zachování ve fyzice. Správná odpověď, tedy že jde o zachování hmotnosti, by měla být vyvoditelná i z jiných otázek. Distraktory jsou vybrány tak, aby tři z nich znali ze střední školy.

A Zákon zachování celkové pravděpodobnosti

Zákon, který není pro studenty často známý a tím bude podezřelý.

B Zákon zachování energie

Známý ze střední školy. Žáci se ovšem často setkávají s tím, že se nezachovává, protože soustava není uzavřená, dochází k disipaci energie třením apod.

C Zákon zachování momentu hybnosti

Tento zákon je známý i ze střední školy, ale obvykle se s ním pracuje pouze málo.

D Zákon zachování elektrického náboje

Zákon známý již ze střední školy.

E Zákon zachování klidové hmotnosti

Z běžného života jsou zvyklí, že zhruba platí. V mikrosvětě ovšem ne.

Správná odpověď: E

23. BAR – Účinný průřez reakce

Zajímáme se o experiment, kdy na jádro kyslíku letí neutron. Jaký bude elastický účinný průřez této interakce v těžiškové soustavě? (Vágněji řečeno, jaká bude plocha, ve které mohou interagovat?) Pro jednoduchost můžeme uvažovat, že neutron i jádro kyslíku jsou kuličky s poloměry 1,1 fm a 2,9 fm.

Převzaté s testů k Fyzice V na Matfyzu s upravenými distraktory. Jde asi o nejjednodušší typ úlohy na účinný průřez.

A Nekonečný

B 50 fm^2

C 16 fm^2

D $4,0 \text{ fm}$

E Žádná z předchozích odpovědí není správná.

Správná odpověď: B

24. REA – Reakce – zákon zachování náboje

Proběhne-li jaderná reakce do níž vstoupí dva protony a dostatečné množství energie, který z následujících výsledků **není** fyzikálně **možný**? Proton označujeme jako p, neutron jako n a pion jako π .

Úloha na aplikaci zákonů zachování.

A $3p^+ + p^-$

B $p^+ + \pi^+ + n^0$

C $p^+ + \pi^+ + 42\pi^0 + n^0$

D $p^+ + \pi^0 + n^0$

Narušený zákon zachování náboje.

Správná odpověď: D

25. BIN – Průměrná vazebná energie

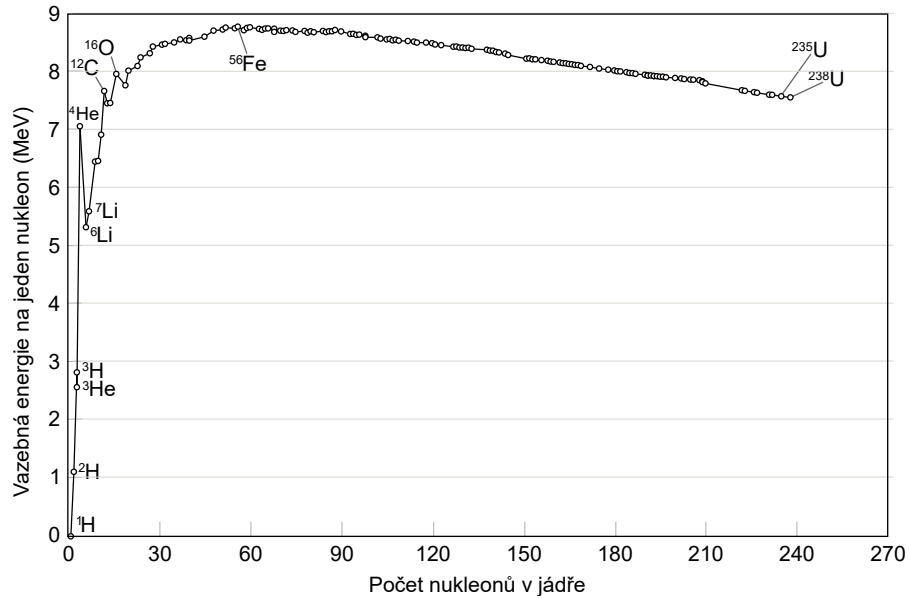
Která z následujících látek má nejvyšší **průměrnou** vazebnou energii na jeden nukleon?

Úloha na pochopení vazebné energie. Aby úloha byla nezávislá tolik na paměť, byl doplněn obrázek

A ${}^4_2\text{He}$ (helium)

B ${}^{12}_6\text{C}$ (uhlík)

C ${}^{56}_{26}\text{Fe}$ (železo)



Obrázek 1: Pomocný graf k úlohám 25. a 26.

D $^{208}_{82}\text{Pb}$ (olovo)

Správná odpověď: C

26. BID – Celková vazebná energie

Která z následujících látek má nejvyšší **celkovou** vazebnou energii jednoho jádra?

Druhá úloha na vazebnou energii pro uvědomění si, že je rozdíl mezi průměrnou hodnotou a celkovou hodnotou. Aby se snížila možnost, že to žáci přehlédnou, je rozdíl mezi otázkami zvýrazněný tučně.

- A ^4_2He (helium)
- B $^{12}_6\text{C}$ (uhlík)
- C $^{56}_{26}\text{Fe}$ (železo)
- D $^{208}_{82}\text{Pb}$ (olovo)

Správná odpověď: D

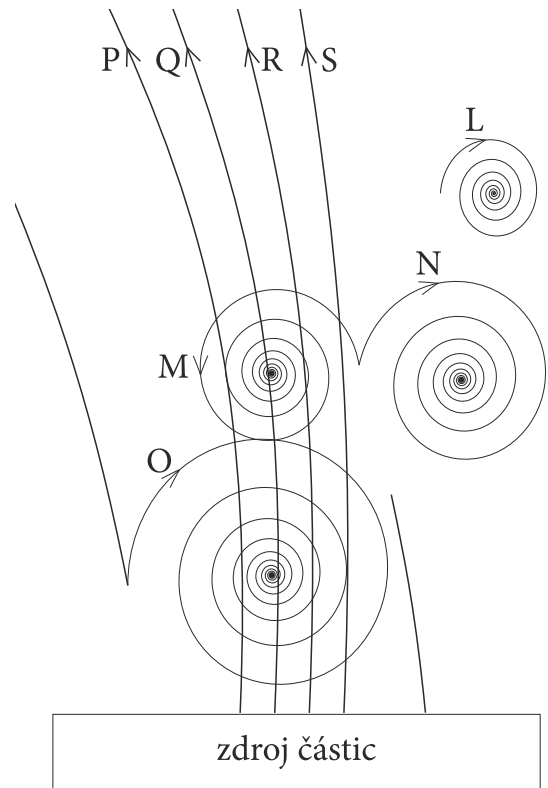
Následující otázky (27 až 31) se týkají obrázku vpravo, který je zjednodušeným náčrtem průchodu částic bublinkovou komorou. Jde o detektor ionizujícího záření, ve kterém byly zaznamenávány experimenty pomocí fotografií v částicové fyzice, které se dále ručně zpracovávaly a určovalo se k jakým jaderným reakcím v ní došlo. Dráhy nabitých částic v komoře byly zakřivovány homogenním magnetickým polem. Předpokládejte, že částice, kterým odpovídají dráhy P, Q, R a S, měly stejnou velikost náboje. Podobně částice L, M, N a O měly stejnou hmotnost i velikost náboje. V obrázku je znázorněn předpokládaný směr pohybu označených částic.

Částice jsou označené takovými písmeny, aby se, pokud to je jenom trochu možné, vyhnuly známým názvům částic.

Trajektorie jsou naznačené, aby bylo jasné, kterým směrem se která částice pohybuje.

Otázky jsou formulované tak, aby nebylo potřebné znát směr magnetického pole, ale stačí pouze znát poznatek, že se jedny nabitě částice zatáčí jedním směrem a ty s opačným nábojem pak na druhou stranu. Obrázek je opravdu zjednodušený. Byla nsaha nalézt nějaký skutečný, ale bylo na nich mnoho jiných částic a pro neprofesionála by bylo těžší na obrázku něco interpretovat. Toto schéma je snad ještě stále blízko realitě. Kromě označených částic byly ve schématu dány pouze dvě další částice.

Otázky zaměřené na antičástice jsou nastavené tak, že jedna nepotřebuje ani obrázek, druhá potřebuje. Jsou na aplikaci znalosti, že antičástice mají vždy opačný náboj oproti svým protějškům.



27. BUA – Energie částice z komory

Která z následujících částic měla na počátku své dráhy v detektoru nejméně energie?

Komentář

- A L
- B M
- C N
- D O
- E Z dostupných informací nelze rozhodnout.

Správná odpověď: A

28. BUB – Hybnost částice z komory

Která z následujících částic měla na počátku své dráhy v detektoru největší hybnost?

- A P
- B Q
- C R
- D S
- E Z dostupných informací nelze rozhodnout.

Správná odpověď: D

V následujících úlohách uvažujte, že částice označená jako **P** měla **kladný náboj**.

29. **BUD – Náboj částice na obrázku**

Jaký náboj měla částice O?

- A Kladný
- B Žádný (bude neutrální)
- C Záporný
- D Z dostupných informací nelze rozhodnout.

Správná odpověď: C

30. **BUC – Antičástice**

Jaký by měla náboj antičástice částice P?

- A Kladný
- B Žádný (bude neutrální)
- C Záporný
- D Z dostupných informací nelze rozhodnout.

Správná odpověď: C

31. **BUF – Náboj antičástice částice na obrázku**

Jaký by měla náboj antičástice částice L?

- A Kladný
- B Žádný (bude neutrální)
- C Záporný
- D Z dostupných informací nelze rozhodnout.

Správná odpověď: A

Výpis správných odpovědí

C;A;B;C;A;C;B;B;A;E;E;D;A;B;C;D;B;B;C;D;B;E;B;D;C;D;A;D;C;C;A;