

Test povědomí o částicové a jaderné fyzice

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

21. června 2019

verze 0.80

PROSÍME, PŘEČTI SI INSTRUKCE!

Neotáčej stránku, než dostaneš pokyn od zadávajícího!

Ahoj,

právě se Ti dostal k vyplnění test, který má za cíl zjistit, do jaké míry jsi seznámen/a s některými základy částicové a jaderné fyziky a blízkých oborů. Vyplněním tohoto testu nám pomůžeš při určování těch partií fyziky, o kterých často nemají lidé správnou představu či ji vůbec neznají.

Děkujeme za Tvoji ochotu a čas strávený s vyplňováním testu

- Nejsou dovoleny **žádné pomůcky mimo psacích potřeb** a samotného testu – pro svoje poznámky či výpočty můžeš využít volný prostor kolem úloh či volné bílé strany. V úlohách, kde vystupují čísla, by mělo být možné odhadnout správnou odpověď i bez přesného výpočtu, tedy i bez kalkulačky.
- Odpovídej přímo do testu zakroužkováním správné odpovědi.
- U každé otázky je právě **jedna odpověď správná**. Pokud Ti přijde částečně správných více odpovědí, vyber tu, která ti připadá nejspřávnější.
- Pokud vůbec netušíš odpověď, netipuj. Pokud ale víš, že některé možnosti to být nemohou a odhaduješ správnou odpověď už z menšího množství odpovědí, tak tipovat můžeš.
- Úlohy **nejsou řazené podle obtížnosti**. Vzhledem k tomu, že máš relativně málo času, pokud nevíš odpověď na nějakou otázku, přeskoč ji.
- Test je ve fázi pilotáže, proto budeme rádi za připomínky a komentáře k formulaci otázek, které napíšeš do volných míst.
- Na vyplnění máš max **30 minut**. Test celkem obsahuje **31 otázek**.

Jméno, příjmení: _____

Škola: _____

Zkušenosti s částicovou a jadernou fyzikou: _____

např. stáž v CERN, samostudium literatury, sledování videí, přednášky, nějaká vzdělávací akce...; vypiš názvy těchto akcí

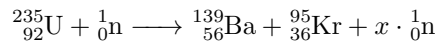
Několik konstant, které se mohou, ale nemusí hodit pro řešení úloh

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
		${}^{95}_{36}\text{Kr}$	88,4 GeV/c ²
		${}^{139}_{56}\text{Ba}$	129 GeV/c ²
		${}^{208}_{82}\text{Pb}$	194 GeV/c ²
		${}^{234}_{90}\text{Th}$	218 GeV/c ²
		${}^{235}_{92}\text{U}$	219 GeV/c ²
		${}^{238}_{92}\text{U}$	222 GeV/c ²

Částice	Klidová hmotnost
Elektron	$m_e = 511 \text{ keV}/c^2$
Foton	$m_f \equiv 0 \text{ keV}/c^2$
Kvark u	$m_u = 2,3 \pm 1,2 \text{ MeV}/c^2$
Pozitron	$m_e = 511 \text{ keV}/c^2$
Proton	$m_p = 0,938 \text{ GeV}/c^2$
Neutrino	$m_\nu \leq 18 \text{ MeV}/c^2$
Neutron	$m_n = 0,940 \text{ GeV}/c^2$

- Pro jaký typ záření je typické, že po jeho vyzáření nedojde ke změně ani protonového ani nukleonového čísla prvku?
 - Alfa záření
 - Beta záření
 - Gama záření
 - Neutronové záření
 - Takové záření neexistuje.
- Pro jaký typ záření je typické, že po jeho vyzáření dojde ke snížení protonového čísla prvku o 2 a nukleonového čísla o 4?
 - Alfa záření
 - Beta záření
 - Gama záření
 - Neutronové záření
 - Takové záření neexistuje.
- Pro jaký typ záření je typické, že po jeho vyzáření dojde ke zvýšení protonového čísla prvku o 1 a nukleonové číslo se nezmění?
 - Alfa záření
 - Beta záření
 - Gama záření
 - Neutronové záření
 - Takové záření neexistuje.
- Můžeme pozorovat jednotlivé kvarky?
 - Ano, vyskytují se i v přírodě.
 - Ano, lze je pozorovat přímo, ale pouze s uměle indukovanou radioaktivitou.
 - Ne, můžeme je pozorovat nepřímo pouze podle výsledků jaderných reakcí.
 - Ne, není dokonce ani možné dokázat jejich existenci.
- Která kombinace „barevných nábojů“ kvarků **nemůže** být ve složené částici?
 - Modrá a zelená
 - Červená a antičervená
 - Červená, modrá a zelená
 - Červená, modrá, zelená, modrá a antimodrá

6. Kolik neutronů se uvolní v následující reakci?

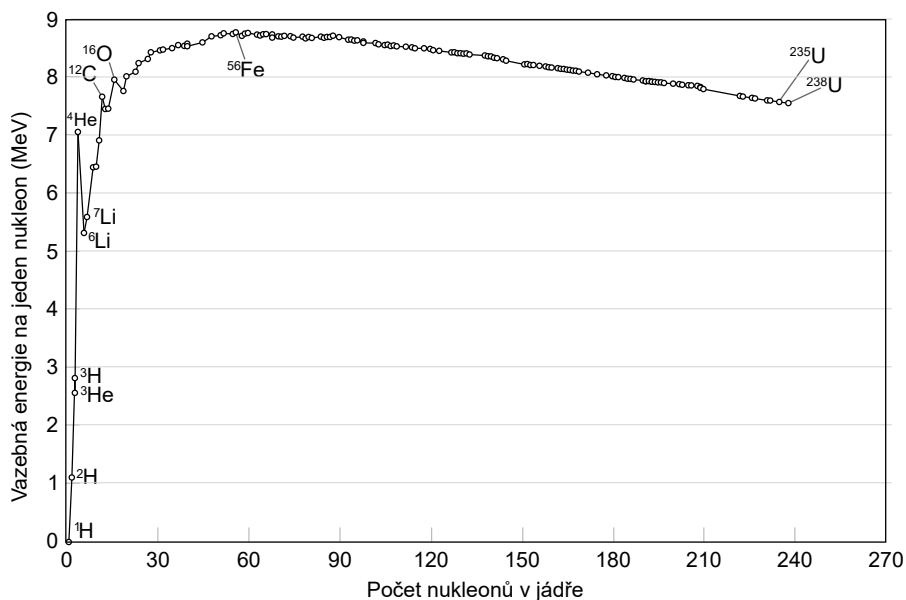


- A $x = 0$
 - B $x = 1$
 - C $x = 2$
 - D $x = 3$
 - E $x \geq 4$
7. K-záchyt je typ radioaktivity, při kterém dochází k zachycení elektronu z K-slupky (nejbližší jádru) elektronového obalu jádrem. V jádře pak dojde k reakci protonu s elektronem, při které vznikne neutron. Jaký typ záření budeme moci v blízkosti takového zářiče následně detekovat?
- A Elektrony či pozitrony
 - B Fotony
 - C Jádra helia
 - D Miony
 - E Neutrony
8. Proč drží jádra atomů pohromadě, i když jsou v něm pouze kladné protony a neutrální neutrony?
- A Protože jsou tak blízko, že gravitace je na takovou vzdálenost silnější než elektromagnetická síla.
 - B Protože je drží silná jaderná síla.
 - C Protože se protony a neutrony silně polarizují a elektromagnetická síla je tak udrží.
 - D Protože je elektromagnetická síla na krátké vzdálenosti univerzálně přitažlivá.
9. Kde je větší část hmotnosti hmoty látek?
- 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.
10. Která část atomu zabírá větší prostor a tím pádem určuje většinu rozměru atomu?
- 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.
11. Každý proton je tvořen ze tří kvarků (up, up a down). Jaký je vztah hmotností těchto kvarků vůči hmotnosti protonu?
- A Hmotnost protonu je více jak **o řád menší** než tří kvarků.
 - B Hmotnost protonu je **o něco menší**, ale ne více jak o řád menší než tří kvarků.
 - C Hmotnost protonu je přesně **stejná** jako tří kvarků.
 - D Hmotnost protonu je **o něco větší**, ale ne více jak o řád větší než tří kvarků.
 - E Hmotnost protonu je více než **o řád větší** než tří kvarků.

12. Dojde k samovolnému rozpadu jádra $^{238}_{92}\text{U}$, při kterém se rozpadne na dceřinné jádro $^{234}_{90}\text{Th}$ a jádro helia (^4_2He). 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.
- 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
13. 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 nejvhodnější na moderaci? Zajímá nás největší zpomalení za stejného počtu srážek. Předpokládejte, že moderace probíhá dokonale pružnými srážkami.
- A Voda
 - B Grafit (uhlík)
 - C Olovo
 - D Uran
14. 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)?
- A Ano, prostorové distribuce vyletujících částic beta záření kolem vzorku.
 - B Ano, z různých kinetických energií, kterou mají vyletující beta částice.
 - C Ano, z časových oscilací absolutní hodnoty aktivity vzorku.
 - D Ano, z polarizace beta záření.
 - E Ne.
15. 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.
- A Zhruba jednou
 - B 110 krát
 - C 11 000 krát
 - D 1 100 000 krát
 - E Nekonečněkrát
16. Dolet alfa částic z běžných radioaktivních zdrojů ve vzduchu bývá zhruba 6 cm. Jaký bude dolet stejných alfa částic v ideálním vakuu?
- A 0 cm (vakuum se nemohou šířit)
 - B 6 cm
 - C Více než 6 cm, ale maximálně zhruba metry
 - D Nekonečný
 - E Odpověď závisí na konkrétním alfa zářiči.

17. 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?
- A Částici jistě nenaměříme.
 - B Částici naměříme s 25 % pravděpodobností.
 - C Naměříme čtvrtinu částice.
 - D Částici jistě naměříme.
18. Dostaneme radioaktivní vzorek s poločasem rozpadu 5 let. V jakém stavu budou radioaktivní částice za 10 let po obdržení vzorku?
- A Rozpadnou se všechny radioaktivní částice.
 - B Rozpadnou se tři čtvrtiny radioaktivních částic.
 - C Rozpadne se polovina radioaktivních částic.
 - D Z dostupných informací nelze rozhodnout.
19. 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?
- A 341
 - B 500
 - C 670
 - D 1 000
20. Pokud bychom měli k dispozici radioaktivní zářič s aktivitou $A = 1\,000\text{ Bq} = 1\,000\text{ s}^{-1}$, ke kolika radioaktivním přeměnám bychom čekali, že dojde za jednu sekundu? (Zajímáme se o ideální situaci. Vzniklý produkt není radioaktivní. Neuvažujme (ne)přesnost detektorů.)
- A Přesně 1 000
 - B S jistotou k $1\,000 \pm 10$
 - C S pravděpodobností 98 % k $1\,000 \pm 10$
 - D S pravděpodobností 68 % k $1\,000 \pm 32$
21. Na jakém principu funguje metoda datování pomocí uhlíku (radiouhlíkové datování), která se využívá u organických vzorků?
- A Zvážíme aktuální hmotnost uhlíku a jiných prvků ve vzorku a datace se určí z jejich poměru.
 - B Určuje se z poměru radioaktivního a stabilního izotopu uhlíku.
 - C Počítá se počet pouze radioaktivních přeměn za sekundu.
 - D Sleduje se stáří jednotlivých atomů ve vzorku.
22. Který zákon zachování **neplatí** v mikrosvětě?
- A Zákon zachování celkové pravděpodobnosti
 - B Zákon zachování energie
 - C Zákon zachování momentu hybnosti
 - D Zákon zachování elektrického náboje
 - E Zákon zachování klidové hmotnosti

23. 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.
- A Nekonečný
 - B 50 fm^2
 - C 16 fm^2
 - D 4,0 fm
 - E Žádná z předchozích odpovědí není správná.
24. 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 .
- A $3p^+ + \bar{p}^-$
 - B $p^+ + \pi^+ + n^0$
 - C $p^+ + \pi^+ + 42\pi^0 + n^0$
 - D $p^+ + \pi^0 + n^0$

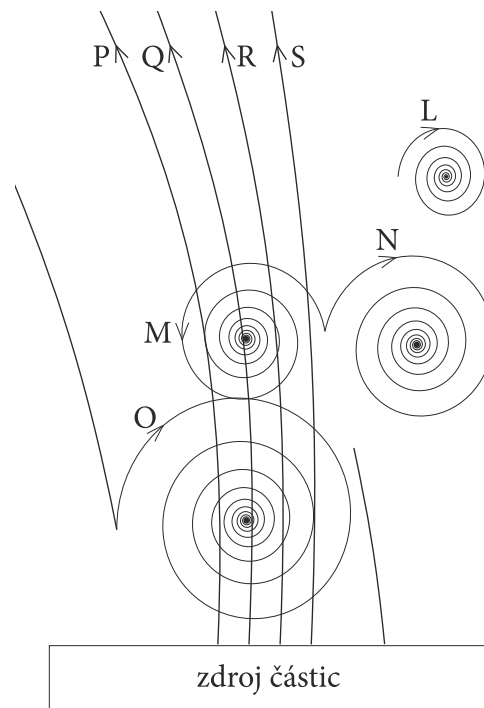


Obrázek 1: Pomocný graf k úlohám 25. a 26.

25. Která z následujících látek má nejvyšší **průměrnou** vazebnou energii na jeden nukleon?
- A ^4_2He (helium)
 - B $^{12}_6\text{C}$ (uhlík)
 - C $^{56}_{26}\text{Fe}$ (železo)
 - D $^{208}_{82}\text{Pb}$ (olovo)
26. Která z následujících látek má nejvyšší **celkovou** vazebnou energii jednoho jádra?
- A ^4_2He (helium)
 - B $^{12}_6\text{C}$ (uhlík)
 - C $^{56}_{26}\text{Fe}$ (železo)
 - D $^{208}_{82}\text{Pb}$ (olovo)

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.



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

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

28. 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.

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

29. Jaký náboj měla částice O?

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

30. Jaký by měla náboj antičástice částice P?

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

31. Jaký by měla náboj antičástice částice L?

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