

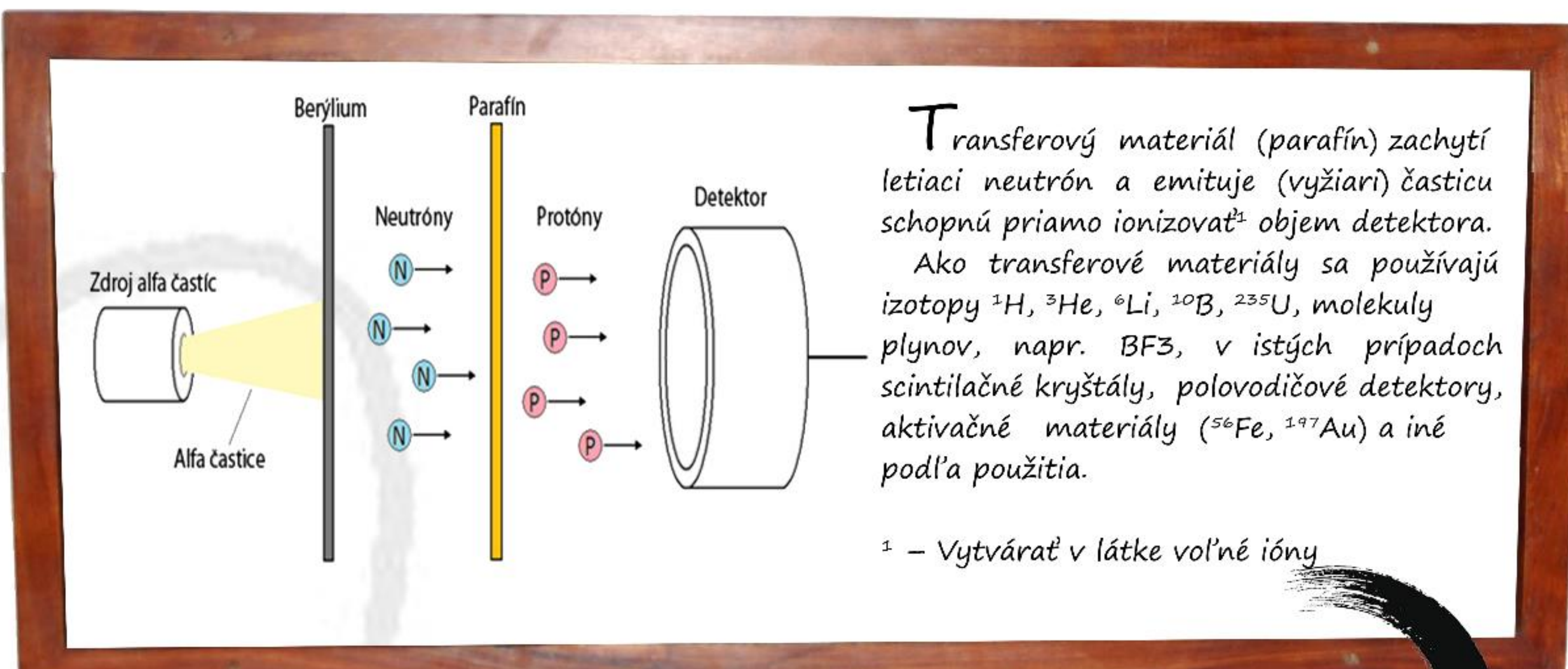
Neutrónov sa báť nemusíme



Všetko okolo nás skladá z atómov – to nás učili už na základnej škole. Rovnako vieme, že aj samotné atómy sa skladajú z OBALU – elektrónov a JADRA – magického zhluku protónov a neutrónov, ktoré držia pokope. Fyzici spolu s matematikmi medzičasom vymysleli sofistikované teórie, vzťahy a modely, pomocou ktorých vieme tieto zhluky charakterizovať aby korešpondovali s realitou. Tento stav nazývame stabilným jadrom. AK je do okolia uvoľnený (vyžiarený) voľne letiaci neutrón, nazývame tento jav neutrónové žiarenie. Náuka o ňom nemá takú prioritu ako iné typy žiarení. Možno práve preto vzbudzuje v ľudoch strach a rešpekt, kedykoľvek o ňom počujú. Človek sa prirodzene bojí neznámeho, až kým javu neporozumie, prípadne strach neskrotí. Bude teda najlepšie, ak si problematiku voľne sa pohybujúcich neutrónov priblížime o niečo viac.

Voľný neutrón? Ako ho chytiť?

V skratke, častica bez náboja, o niečo málo ťažšia ako protón, bola objavená v r. 1932 anglickým fyzikom J. Chadwickom. Za pomerné oneskorenie mohla hlavne jeho schopnosť, resp. neschopnosť priamo ionizovať prostredie (uvoľniť elektrický náboj). Neutrón bol však predpovedaný o niečo skôr, to je ale už iný príbeh. Za bežných podmienok sa nachádza v jadre atómu. Po uskutočnení istých reakcií môže byť z jadra vyžiarený neutrón, ktorý sa pohybuje etherom pomerne vysokou rýchlosťou. V súčasných jadrových reaktoroch to môže byť až do 54 000 km.s⁻¹ (15 MeV). Aby nám merací prístroj – detektor ukázal voľne letiaci neutrón, potrebujeme mať prítomný ešte iný materiál.



Transferový materiál (parafín) zachytí letiaci neutrón a emituje (vyžiari) časticu schopnú priamo ionizovať¹ objem detektora. Ako transferové materiály sa používajú izotopy ¹H, ²He, ⁶Li, ¹⁰B, ²³⁵U, molekuly plynov, napr. BF₃, v istých prípadoch scintilačné kryštály, polovodičové detektory, aktivačné materiály (⁵⁶Fe, ¹⁹⁷Au) a iné podľa použitia.

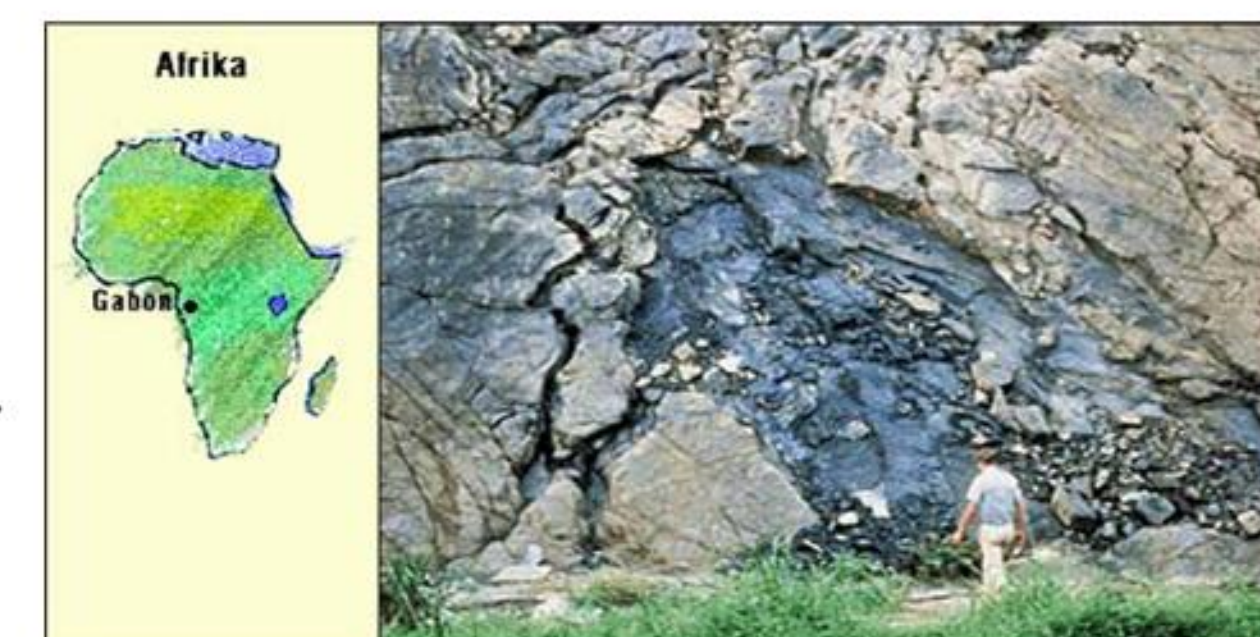
¹ - Vytvárať v látke voľné ióny

Kde sa s neutrónmi človek stretne

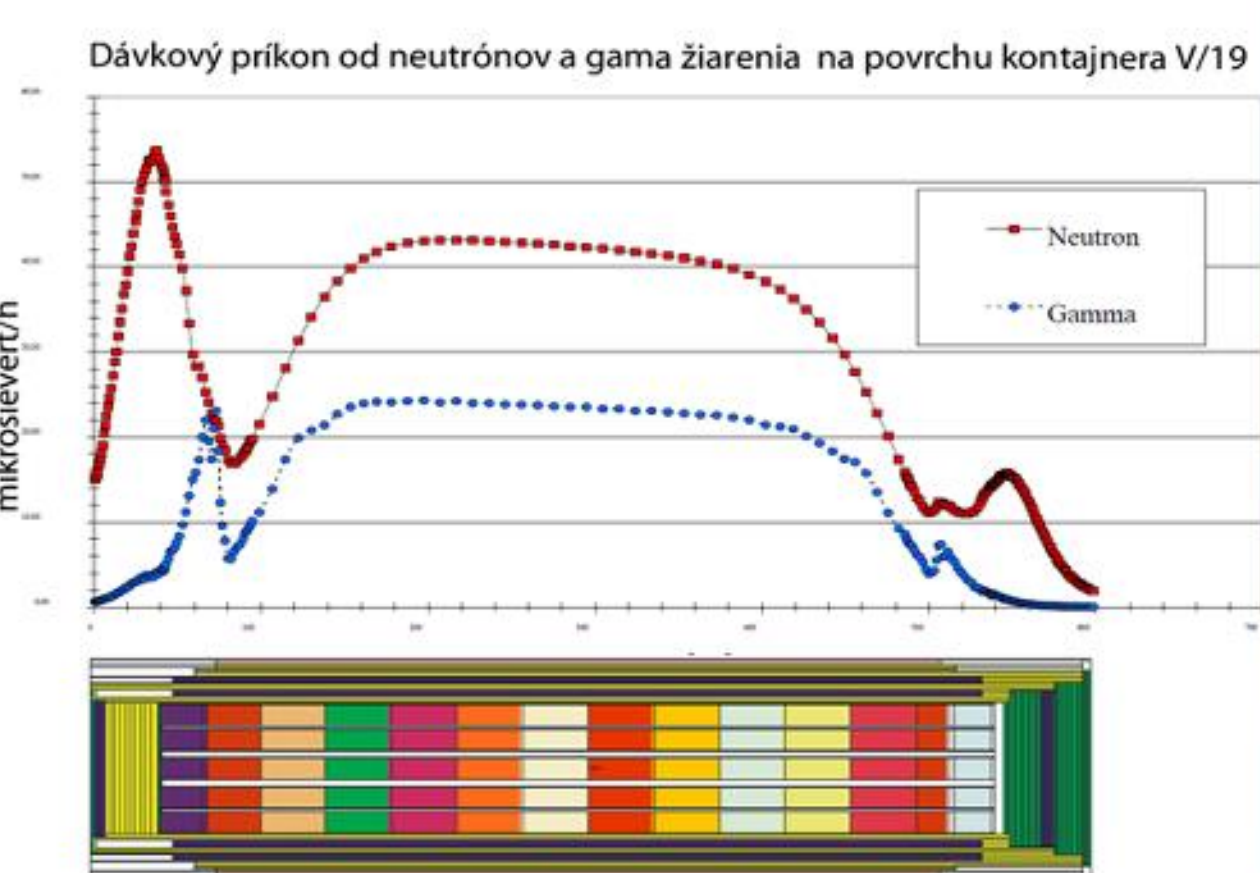
Neutróny v lese nerastú. Keď sú voľné, tak samé od seba zaniknú – premenia sa, po starom – rozpadnú. A to v priemere za 14 minút a 42 sekúnd. To ale neznamená, že sa v prírode nenachádzajú.

Jadrové reaktory

Najčastejšie o nich počujeme v kontexte jadrových reaktorov, kde zabezpečujú štiepenie ťažkých jadier a uvoľnenie tepelnej energie. Prírodné jadrové reaktory boli objavené v africkom Gabone, v regióne Oklo. Vznikli pred 2 miliardami rokov a boli schopné udržiavať štiepnu reakciu niekoľko sto tisíc rokov vďaka ideálnym podmienkam, ako správne množstvo a zloženie uránovej rudy, prítomnosť vody a absencia materiálov absorbujúcich neutróny.

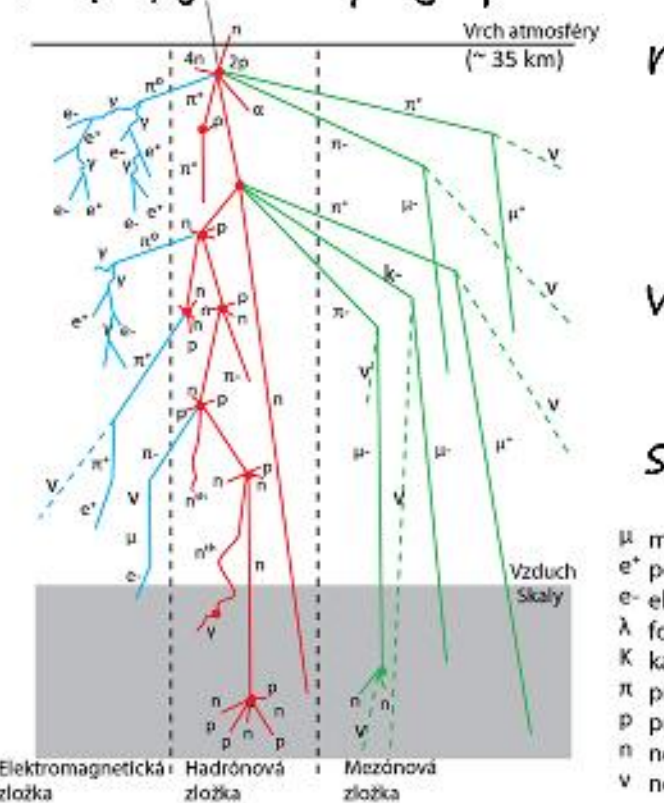


Človekom vytvorená jadrová elektrárňa je koncipovaná tak, aby sa žiadna osoba počas prevádzky nedostala do prostredia s neutrónovým tokom. Podľa dizajnu aktívnej zóny hovoríme o hustote toku neutrónov 10¹⁵-10¹⁸ n/cm²s. Rôzne to je u jadrového paliva (JP). Čerstvé jadrové palivo má pred prvým zavedením do jadrového reaktora pomerne nízku aktivitu – zväčša alfa žiarenie z nestabilného uránu. U použitého JP to je iné. Aktivita vyhoreného jadrového paliva (VJP) po vytiahnutí z reaktora pozostáva najmä z premeny produktov štiepenia – žiarenia alfa, beta a gama. Hoci sú kazety po konštrukčnej stránke koncipované na utlmenie zostatkovej štiepnej reakcie, neutrónové žiarenie je u VJP prítomné vo významnej miere. Vzniká predovšetkým v dôsledku samoštiepenia prvkov ťažšie než urán (Pu, Am, Cm, Cf) a produkcie neutrónov cez záchyt alfa častice na kyslíku. Tých je v jadrovom palive dostatok, keďže kyslík vytvára základnú bázu molekuly UO₂.



Kozmické žiarenie

Povedali sme si, že voľné neutróny na zemi vznikajú štiepením ťažkých prvkov. Istý príspevok sa k nám dostáva aj z kozmického žiarenia. Tvorí časť prirodzeného pozadia radiácie. Nie sú to neutróny, ktoré na zem priamo dopadajú, ale protóny a aj relativistické mióny. Mión napriek svojej krátkej životnosti (2,2 μs) je schopný preniknúť atmosférou vďaka dilatácii času. Spalacnou reakciou na jadrách atómov na povrchu zeme, v zemi ako aj v hĺbkach v oceánoch vyžarujú neutróny. Protónov je vo vesmíre dostatok, vodík je najviac zastúpený prvok v o vesmíre. Keď dosahujú atmosféru zeme, protóny s vysokou energiou (≈ 1 GeV) zasahujú jadrá dusíka a kyslíka a vyžiarajú sa neutróny. Pri morskej hladine od 21 μSv/rok, vo výške cez 3000 m n.m. sú tieto hodnoty desatinásobné.



Neutrónové zdroje

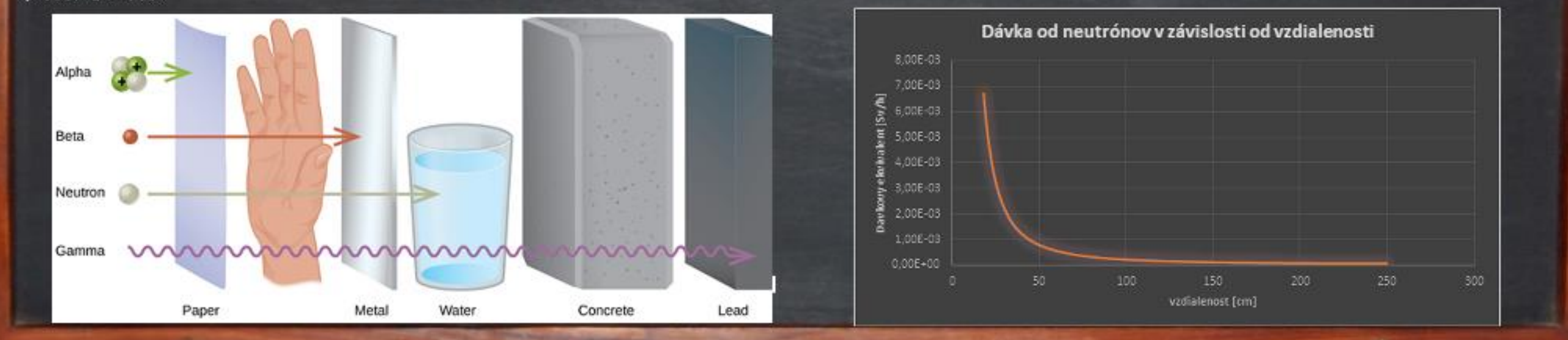
Ďalším, umelo vytvoreným zdrojom voľne šíriacich sa neutrónov sú tzv. neutrónové zdroje. Používajú sa v medicíne, metrologii, priemysle alebo vo výskume. Sú na báze urýchľovačov, kedy urýchlená častica napr. protón narazí do terčového materiálu, ktorý vyžiari neutrón. Výhoda takýchto systémov je, že sa dajú vypnúť. Druhou alternatívou sú rádioizotopové neutrónové zdroje, vo forme kovových útvarov s veľkosťou niekoľko centimetrov. Napríklad umelo vytvorený izotop kalifornia – 252, alebo kombinácia ľahkých prvkov, ktoré po absorpcii alfa častice vyžiarajú neutrón – AmBe, PuBe, AmLi a pod. Tieto zdroje sú pomerne stále (AmBe, PuBe) a na rozdiel od technológie urýchľovačov nie je závislá na dodávaní veľkého množstva elektrickej energie.



Čo mi hrozí, keď sa stretnem s neutrónom?

Na ochranu pred alfa žiarením Vám stačí hárok papiera. U neutrónov to už také jednoduché nie je. Dokážu prejsť hrubšími materiálmi s rôznou hustotou. Platí síce zásada ako u každého rádioaktívneho žiarenia „čím ďalej tým lepšie“ – pretože množstvo neutrónov, ktoré dosiahnu istú vzdialenosť od zdroja exponenciálne klesá. Pre zorientovanie sa v odbornej literatúre je toto množstvo označované ako hustota toku neutrónov a je vzťahnuté na kolmý terč kruhového tvaru s obsahom 1 cm² za 1 sekundu. Neutrónov sa zbavíme/odtieniame ich v dvoch krokoch. Najprv zo všetkých rýchlych spravíme pomalé, teda znížime ich energiu na minimum. Predstavme si neutrón ako bielu biliardovú guľu. Každý chce v biliarde zrýchliť ostatné gule, my však tentokrát chceme spomaliť bielu. Odrasom o mantinel si až tak veľmi nepomôžeme, najúčinnnejšia je čelná zrážka s inou, rovnako veľkou guľou. Pri ideálnom zahranií ostane biela po zrážke stáť na mieste a druhá, zasiahnutá guľa, bude pokračovať rýchlosťou bielej. V ideálnom vesmíre v hlavách fyzikov samozrejme. Ak by ste však skúsili pingpongovú loptičku (neutrón) spomaliť na bowlingovej guli (jadro ťažkého prvku – olovo), beznádejne by sa odrazila s rovnakou rýchlosťou nazad a bowlingová guľa by zostala naďalej v pokoji. Preto ťažké materiály ako olovo nie sú vhodné na prvotné spomalenie neutrónov.

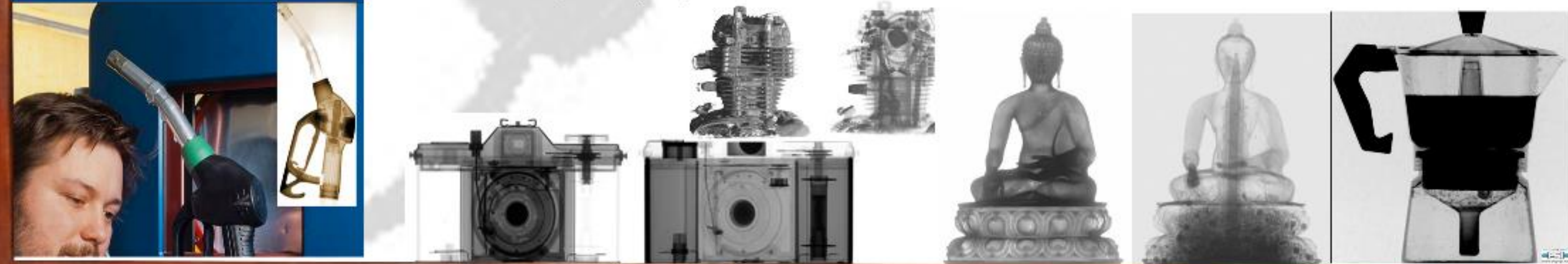
Telo obsahuje veľké množstvo vody, ktorá je pre neutróny ako magnet. Je vhodné sa vzdialiť od zdrojov neutrónov, už vzdialenosť niekoľko desiatok centimetrov urobí veľký rozdiel. Nie je jednoduché definovať bezpečnú vzdialenosť, určite by ste sa bez dozoru nemali k žiariciu priblížiť na vzdialenosť kratšiu než niekoľko metrov. Neutrón môže poškodiť DNA, bunky, pri silnom ožiarení zlyhávajú orgány. Vždy je rozhodujúca v zdialenosť a čas vystavenia sa žiareniu.



- Vedeli ste že:
- Pri havárii Jad. elektrárne nás neohrozuje neutrónové žiarenie
 - Neutrónové žiarenie na povrchu Marsu je priveľmi silné pre ľudský život
 - Staré hviezdy sa zmršťia na rozmery 30-40km a nazývajú sa neutrónové hviezdy. Odhalili tajomstvo gravitačných vln

Neutrónové zobrazovanie

Neutróny nám však v mnohom pomáhajú. Jednou z možností je zobrazovanie pomocou neutrónov (alternatíva k RTG) – neutrónová tomografia v archeológii a priemysle. Na obrázkoch nižšie vidno porovnanie s konvenčným RTG. V medicíne sa rozvíja výskum pre efektívnejší boj s rakovinovými bunkami – BNC-T. Okrem toho existujú však aj mnohé iné oblasti použitia, na to by ale jeden plagát nestačil.



V jadrovej fyzike sa často používajú priblíženia z klasickej newtonovskej fyziky, pomáha nám to pochopiť niektoré deje pomerne presne a najmä jednoducho. Táto analógia je obzvlášť obľúbená, keďže sa takmer každý vo svojom živote stretne s bowlingom a biliardom. Pri hľadaní rovnako veľkej gule pre neutrón nemusíme v našom materiálnom svete chodiť ďaleko – je to vodík, s práve 1 protónom v jadre. Vďaka chemikom a inžinierom nemáme o materiály na báze vodíka v našom svete núdzu, sú to všetky možné polyméry a navyše sa nachádza aj vo vode. To je aj dôvod, prečo mnohými reaktormi vo svete preteká voda. Nasledne sa pomalé neutróny ľahšie zachytávajú v jadrách iných izotopov. Výskumné laboratória preto naopak uprednostňujú polyetylén s prímiesou absorpčného bóru – to aby sa pred neutrónmi čo najefektívnejšie chránili. Nakoniec všetky spomalené neutróny zachytíme vrstvou kadmiového plechu, ktorý má vysokú pravdepodobnosť absorbovania tepelných (=pomaly sa pohybujúcich) neutrónov.

