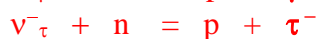


[https://www.aldebaran.cz/bulletin/2019\\_38\\_neu.php?fbclid=IwAR3Mg3iP5hj9xIXiNFcIEzc9-G-Xibbes-qhPAJBDO9Swk44iAjTc7DLqM](https://www.aldebaran.cz/bulletin/2019_38_neu.php?fbclid=IwAR3Mg3iP5hj9xIXiNFcIEzc9-G-Xibbes-qhPAJBDO9Swk44iAjTc7DLqM)

## IceCube

( Autor Petr Kulhánek v AB 38/2019 )

Největším současným detektorem neutrin je IceCube – obří ledová kostka (přesněji hranol) vybudovaná v antarktickém ledu (viz [AB 2/2011](#), [AB 42/2010](#)). Detektor nevznikl na zelené louce, ale byl vybudován rozšířením detektoru AMANDA (*Antarctic Muon And Neutrino Detector Array*), který posloužil jako předskokan současného detektoru. Jak takový detektor chytá neutrina? Princip je na první pohled docela jednoduchý. Drtivá většina neutrin ( **antineutrin** ) prolétne antarktickým ledem bez povšimnutí. Některá z nich se ale dostanou do takové blízkosti kvarků v atomovém jádře, že přece jen dojde výjimečně k interakci, která **změní** některý neutron jádra na proton.  $\bar{\nu}_e + n = p + e^-$  Přitom z oblasti interakce vylétne velmi rychlý elektron. Podle toho, o jaké **neutrino** šlo,  $\bar{\nu}_e$ ;  $\bar{\nu}_\mu$ ;  $\bar{\nu}_\tau$  vznikne buď **elektron** normální, těžký (**mion**) nebo supertěžký (**tauon**).



$\bar{\nu}_e + \mathbf{D} = \mathbf{U} + e^-$  čili jak tu píší že narazí neutrinu ( vlastně antineutrino ) do kvarku v jádře, tedy do neutronu a změní ho na proton..., kde se ovšem „z ničeho“ zrodí/zjeví elektron, to nám neříkají.

Dám sem níže foto-snímek z mé korespondence s Vl.Wagnerem ze **4.2.2005** →

Pane Wagner

Prosím :

Ještě by mě zajímalo, zda se při interakcích atomů s částicemi účastní obalové elektrony interakce?,- tedy jak se elektrony z obalu "postaví" do systému interakční rovnováhy? Má-li to být inerciální soustava před reakcí a po reakci, pak nenastane v soustavě nerovnováha, když obal po JADERNĚ interakci opustí elektron? A proč to dělá ten elektron, že opouští obal, když interakce probíhá jen v jádře...??? Proč se to nezapisuje v rovnicích??

Např. :

$^{71}\text{Ga}_{31} + \nu_e = ^{71}\text{Ge}_{32} + e^-$  ..... (interakci jsem opsal) kde se vzal tento přebytečný elektron? neb

$p^{31}n^{40}e^{31} + \nu_e = p^{32}n^{39}e^{32} + e^-$  interakcí v jádře Ga se jeho neutron přeměnil v proton (v jádře) a...a součástí přeměny je v z n i k nového elektronu a ten by měl přejít do atomového obalu Ge neb ho Ge potřebuje pro svou existenci, Ge ho potřebuje ke svému novému protonu... a tak by další elektron se neměl vytvořit, jak říká rovnice a tedy opouštět systém... elektron zde odlétá... proč ??? je zde tento elektron navíc ??? kde se vzal ??? Přesně totéž – tatáž záležitost se děje i v jiných interakcích, příkladně :

.....  
 $^{37}\text{Cl}_{17} + \nu_e = ^{37}\text{Ar}_{18} + e^-$   
 $p^{17}n^{20}e^{17} + \nu_e = p^{18}n^{19}e^{18} + e^-$   
( n<sup>1</sup> ) .  $\nu_e = (p^1 e^-)$  . e<sup>-</sup> .....???

Děkuji Vám za odpověď... ( třeba mé otázky ukážete i studentům a pomohou mi oni )

ing.Navrátil Josef,Kosmonautů 154,Děčín,405 01  
[j.navratil@volny.cz](mailto:j.navratil@volny.cz) [http://www.volny.cz/j\\_navratil](http://www.volny.cz/j_navratil)  
pro pana prof.Wagnera [wagner@ujf.cas.cz](mailto:wagner@ujf.cas.cz)

**Odpověď pana Wagnera byla tato :**

Vazeny pane Navratile,

jak uz jsem Vam psal, tak vsechny Vami popisovane reakce jsou reakce jaderne a jejich popis se tyka jader a nezahrnuje atomovy obal. Duvody jsou tyto:

- 1) Ve vetsine pripadu se jedna o hola jadra (napriklad reakce ve hvездach se tykaji prostredi, které je tak horke, ze je tam hmota ve forme plazmy - tedy hola jadra a volne elektrony. Stejne je tomu i pri jadernych reakcich na urychlovaci (urychlovana jadra jsou zbavena vetsiny nebo vsech elektronu)
- 2) Pokud jsou jadra soucasti atomu v molekulach, tak jsou zase tyto atomy v ionizovanem stavu.
- 3) Energie, která se uvolnuje nebo je potreba u vetsiny jadernych procesu, je radove vyssi nez vazebna energie elektronu v atomovem obalu.

Tedy opravdu nema smysl do popisu jadernych reakci zahrnovat atomovy obal. Existuji reakce, kdy rozpad nastane pote, co jadro zachyti elektron z atomoveho obalu. I v tomto pripade je vsak popis  $A(Z) + e^- = A(Z-1) + \text{neutrino}$  a nespocikuje se v nem odkud jadro elektron získalo.

viz [http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/eb/eb\\_005.pdf](http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/eb/eb_005.pdf)

Jóó, to bejvalo...Dnes, tedy od 05/2006 dodnes 10/2019, by si pan Wagner ( který se se mnou bavil přes 15 dopisů - já jemu, a on mě, a slušně a na úrovni ) by si o mě neotřel ani botu, protože jsem co ? no, „blázen“,... neb to zařídil Petrásek svou žalobou a násilným opatřením do PL, aby mi zařídil papíry na hlavu, duševně nemocného. A všichni následníci – zuřivci a nenávistníci od té doby, 14 let ( od r.2006 ), co mám tento cejch na čele, cejch *mašíbla a zneuznaného génia, a lidového „myslitele“*, atd. , **mě uráží a uráží a ponižují...**( pochopitelně v duchu demokracie a svobody bádání )

Vzniklý elektron se pohybuje v antarktickém ledu rychleji než světlo. Na tom není nic divného, ve vodě se světlo šíří rychlostí 200 000 km/s a ve vakuu 300 000 km/s. Částice se musí pohybovat rychlostmi nižšími, než má světlo ve vakuu, ale v látce se často pohybují rychleji. A pokud jsou nabitě, táhnou za sebou charakteristický kužel elektromagnetického záření, kterému se říká Čerenkovovo záření. A právě toto záření rychlých elektronů je v antarktickém letu chytáno fotonásobiči a je svědectvím o interakci neutrina s atomovým jádrem.

## Extrémní energie

Na urychlovačích sice dokážeme připravit částice s velkou energií, ale není to nic proti tomu, jaké energie se vyskytují u částic přilétajících z vesmíru. Říká se, že proton urychlený na urychlovači LHC s energií 7 teraelektronvoltů ( $7 \times 10^{12}$  eV), má zhruba energii letícího komára. To je samozřejmě obrovská energie, uvědomíme-li si, jak je proton oproti komárovi malý. Nicméně energie dosud nejenergetičtější zachycené částice odpovídala baseballovému míčku letícímu rychlostí 100 kilometrů za hodinu. Částice-monstrum byla polapena dne 15. října 1991 detektorem Muší oko v Utahu. Šlo o částici kosmického záření s energií  $3,2 \times 10^{20}$  eV (tedy o 8 řádů vyšší, než má proton v LHC), která si vysloužila název „*Oh My God Particle*“ (částice „*Ó můj bože*“). Nevíme, o jakou částici konkrétně šlo, protože v detektoru byla zachycena jen sekundární sprška z této částice. Zatímco protony v urychlovači LHC můžeme připravovat rutinně, na částice s extrémní energií, které přilétají z vesmíru, musíme mnohdy čekat dlouhá desetiletí a když taková částice přilétne, není vůbec jisté, že se

trefí do některého z našich detektorů. Detekce částic s vysokou energií tak do jisté míry připomíná loterii. Původ takových částic je nejasný, snad mohou pocházet z [aktivních galaktických jader](#), snad jde o částice vymrštěné [blazary](#) ve směru výtrysku naším směrem, možná vznikly při extrémních explozích [supernov](#), jistou roli může hrát [Fermiho mechanismus](#) a možná existují i další způsoby urychlování, o nichž zatím vůbec nevíme. Pokud k nám přilétají nabitě částice, je jejich směr za letu měněn všudypřítomnými magnetickými poli, a tak je velmi těžké odhadnout skutečný směr, ze kterého částice přilétla a nalézt její zdroj.

S neutrinu je to ale jinak. Neutrina s extrémní energií letí od zdroje k nám přímočaře a jejich dráha není ovlivňována ani magnetickými, ani elektrickými poli. Proto jsou záchyty neutrin s extrémními energiemi považovány za události zcela mimořádné důležitosti. Samozřejmě, pokud tedy nejde o neutrina atmosférická, ale o neutrina, která k nám přilétají z prostoru daleko za hranicemi naší Galaxie – Mléčné dráhy. Průzkum událostí zachycených v detektoru IceCube i v dalších detektorech (například [Auger](#)) ukázal, že neutrina s energií nad 20 TeV ([HESE](#) události) mají mocinné spektrum, jejich počet ubývá přibližně jako  $1/E^{2.9}$ . V oblasti nad 120 TeV se zdá, že se ve spektru uplatňuje i další mocinná složka, což by odpovídalo dvěma různým mechanismům vzniku těchto neutrin. Navíc je zde jasný ořez počtu neutrin způsobený tzv. [Glashowovou rezonancí](#). Elektronová neutrina s energií 6,3 PeV (petaelektronvolt je  $10^{15}$  eV) se totiž velmi ochotně spojují s elektrony, přičemž vznikne polní částice slabé interakce  $W^-$ , která se následně rozpadá na energetickou spršku elementárních částic. V letech 2004-2006, kdy jsem sbíral po internetu všechny ( a věřím že všechny ty důležité ) interakce, které v té době byly k dispozici ( a mám je v archívu v počítači ), jsem nikdy nenarazil na zmíněnou interakci „spojení“ neutrina s elektronem na  $W^-$  částici :

$e^- + \nu_{e^-} = W^-$  ale naopak jsem našel v r. 2005 rozpad polní částice na produkty elektron a elektronové antineutrino →

$$W^- = e^- + \nu_{e^-}$$

A jak jsem koupil, tak jsem tvořil k zápisům fyziků své dvouznakové interakce →

$$W^- = e^- + \nu_{e^-} \quad \frac{x^2 \cdot t^2}{x^2 \cdot t^2} = \frac{x^2 \cdot t^1}{x^2 \cdot t^2} \cdot \frac{x^0 \cdot t^1}{x^0 \cdot t^0} \quad \begin{matrix} 4 & 4 \\ 4 & 4 \end{matrix}$$

Anebo byl uváděn v literatuře tento rozpad

$$W^+ = e^+ + \nu_e \quad \frac{x^2 \cdot t^1}{x^2 \cdot t^1} = \frac{x^2 \cdot t^1}{x^2 \cdot t^2} \cdot \frac{x^0 \cdot t^1}{x^0 \cdot t^0} \quad \begin{matrix} 4 & 3 \\ 4 & 3 \end{matrix}$$

jehož stavba není v rovnováze a tak jsem navrhnul, že by mělo být antineutrino tauonové  $\bar{\nu}_\tau$ :

$$W^+ = e^+ + \bar{\nu}_\tau \quad \frac{x^2 \cdot t^1}{x^2 \cdot t^1} = \frac{x^2 \cdot t^1}{x^2 \cdot t^2} \cdot \frac{x^0 \cdot t^2}{x^0 \cdot t^1} \quad \begin{matrix} 4 & 4 \\ 4 & 4 \end{matrix}$$

[http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/eb/eb\\_005.pdf](http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/eb/eb_005.pdf)

Neutrino v petaelektronvoltové oblasti jsou velmi vzácná a pravděpodobně jsou astrofyzikálního původu. Astrofyzikální neutrino mohou vznikat při interakci částic [kosmického záření](#) s látkou v nejrůznějších objektech, kterými prolétají. V průměru si takové neutrino odnáší přibližně 5 % energie původní částice. Jako druhý mechanismus se uvažuje interakce kosmického záření s všudypřítomnými fotony. Někdy se také zvažuje možnost, že by [temná hmota](#) mohla být tvořena extrémně hmotnými elementárními částicemi, které se mohou rozpadat na neutrino s velkou energií. Pak by petaelektronvoltová neutrino nemusela nutně vznikat ve velkých vzdálenostech od nás. Úspěšné záchyty petaelektronvoltových neutrino mohou odpovědět na řadu zajímavých otázek.

První dvě události v petaelektronvoltové oblasti byly v detektoru IceCube zaznamenány v roce 2013. Šlo o dvojici neutrino, která byla pojmenována *Bert a Ernie* podle postavíček americké dětské vzdělávací show *Sezame, otevři se* (v originále *Sezame Street*). Naší napodobeninou tohoto úspěšného vzdělávacího pořadu bylo *Studio Kamarád*. Další velmi zajímavá událost je z června 2014, kdy přilétlo neutrino, které v detektoru deponovalo energii 2,6 PeV. Pokud by šlo o elektronové neutrino, byla by jeho energie srovnatelná s energií deponovanou v detektoru. Loni provedené analýzy události z roku 2014 ukázaly, že pokud by šlo o mionové neutrino, muselo mít energii o něco málo vyšší než 8 PeV a v případě tauonového neutrino by dokonce šlo o energii kolem 67 PeV! V obou těchto případech by tedy neutrino měla energii nad [Glashowovou rezonancí](#). Připomeňme si, že neutrino mají nenulovou hmotnost (alespoň některá z nich), a proto dochází k jejich oscilacím (viz [AB 5/2005](#),

[AB 42/2010](#)). Ať už šlo na počátku o jakékoli neutrino, postupem času se mění pravděpodobnost, že ho budeme detekovat jako elektronové, mionové či tauonové (hovoříme o různých „*vůních*“ neutrina). Glashowova rezonance, která se týká jen elektronových neutrin, se tak po čase projeví snížením toků všech tří neutrinových vůní. Poměr detekovaných vůní astrofyzikálních neutrin, jejichž původ je velmi daleko od Země, by měl být  $\nu_e:\nu_\mu:\nu_\tau \sim 1:1:1$ . Detektor IceCube ale měří tento poměr jako 29:50:21. Důvod není známý, uvažuje se například o vlivu existence čtvrtého, tzv. sterilního neutrina, které interaguje pouze gravitačně. **Nevím proč zde autor mluví stále jen o neutrinech ač interakce, které uvádí, jsou s antineutriny ???**

Poslední velmi zajímavá událost, o které se zmíníme, je z 22. září 2017, kdy bylo v IceCube detekováno neutrino s energií 290 TeV (0,29 PeV, čtyřicetkrát více, než mají protony v LHC). Při této události se podařilo určit směr, ze kterého neutrino přilétlo. Šlo o oblast ze souhvězdí Orionu, v níž se nachází ve vzdálenosti 7 miliard světelných roků [blazar](#) TXS 0506+05. Pokud jde skutečně o zdroj neutrina (je to pravděpodobné, ale jistotu nemáme), je to poprvé, co byl přímo detekován zdroj původu extrémně energetického neutrina. Petaelektronvoltová neutrina uvízlá v antarktickém detektoru IceCube mohou přispět k výzkumu původu kosmického záření, k pochopení fyziky elementárních částic za hranicí [standardního modelu](#) a možná i k porozumění původu [temné hmoty](#). Je patrné, že neutrinové okno do vesmíru přináší stále zajímavější a nečekané výsledky.

Záznam petaelektronvoltové události z června 2014. Zdroj: IceCube Collaboration.

JN, kom 01.10.2019