

Problém neutrin

Astrofyzikálně významné jaderné reakce

V. Kroha, P. Bém, V. Burjan, J. Novák, Š. Piskoř, E. Šimečková, J. Vincour, R. E. Tribble, A. Azhari, C. A. Gagliardi, A. M. Mukhamedzhanov, L. Trache

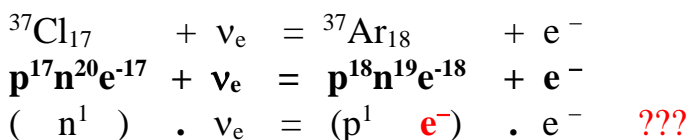
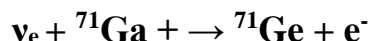
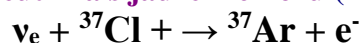
V roce 2000 byl završen tříletý cyklus studia syntézy jádra ${}^8\text{B}$, které je hlavním zdrojem emise vysokoenergetických solárních neutrin. Cílem bylo vnést vklad do řešení tzv. neutrinového problému spočívajícího v silném rozporu mezi předpovědí solárního modelu o počtu neutrin vyzařovaných sluncem a experimentálními výsledky registrace neutrin ve všech pozemních laboratořích. Bylo nutné upřesnit hodnoty účinných průřezů syntézy ${}^8\text{B}$ radiačním záchytem protonů jádry ${}^7\text{Be}$, ze kterých solární model vychází. Doposud publikované výsledky byly zatíženy značnými experimentálními chybami a vykazovaly navzájem velký rozptyl. Jelikož přímá laboratorní měření jsou prakticky nerealizovatelná, bylo třeba vyvinout novou nepřímou, avšak dostatečně spolehlivou metodu určování tzv. astrofyzikálního S-faktoru jaderných syntéz vyjadřujícího hledanou pravděpodobnost daného procesu. Společným úsilím fyziků ÚJF AV ČR a Texas A&M University (TAMU) byla vyvinuta nová nepřímá metoda tzv. asymptotických normovacích konstant, která poskytuje zatím nej přesnější informace o syntézách jader probíhajících uvnitř jednotlivých hvězd.

Astrofyzikální S-faktor procesu ${}^7\text{Be} + \text{p} \rightarrow {}^8\text{B}$ byl extrahován z účinných průřezů reakcí ${}^{10}\text{B}({}^7\text{Be}, {}^8\text{B}){}^9\text{Be}$ a ${}^{14}\text{N}({}^7\text{Be}, {}^8\text{B}){}^{13}\text{C}$ s použitím komplementárních reakcí ${}^9\text{Be}({}^{10}\text{B}, {}^9\text{Be}){}^{10}\text{B}$, ${}^{13}\text{C}({}^{14}\text{N}, {}^{13}\text{C}){}^{14}\text{N}$ a ${}^{13}\text{C}({}^3\text{He}, \text{d}){}^{14}\text{N}$. Společné experimenty byly realizovány jak v TAMU tak i na cyklotronu ÚJF AV ČR. Na základě analýzy, ve které byla aplikována naše metoda, jsme získali dosud nej přesnější hodnotu astrofyzikálního S-faktoru pro syntézu jádra ${}^8\text{B}$ – $S_{17}(0) = 17.3 \pm 1.8$ eVb. Tato hodnota je zhruba o 20% nižší než dosud užívaná, což vede ke snížení disproporce mezi předpovědí solárního modelu o počtu sluncem emitovaných neutrin a počtem experimentálně zjištěných neutrin dopadajících na Zemi

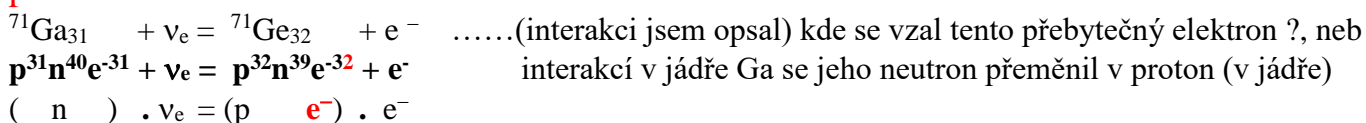
[polemika : 29.9.2002](#)

[Pokud se opět zaměřím na známou interakci chloru s neutrinem \(za vzniku argonu a elektronu \), tak dodám toto :](#)

Experimenty založené na interakci neutrina s jádrem chloru ($E \geq 0.8$ MeV):



poznámka :



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 ? Proč se to nezapisuje ??

dodávám tedy :

1. Přestože mi pan Wagner a pan Novotný dost věnovali času na vysvětlení, že se obalový elektron interakce neúčastní, stále nad tím kroutím hlavou...nad tím co to jsou inerciální vztažné soustavy a co to lokální systém. Protože : Vezmu-li n e u t r á l n í atom chloru (má všechny potřebné elektrony v obalu) , tak po interakci (v daném případě s neutrinem) prý se účastní interakce jen jádro a obal nikoliv. Pokud striktně chci toto vyjádření Wagnera respektovat tak pointerakční počet elektronů (v lokálním inertním systému) se nezmění a bude stejný...tj. od chloru zůstalo 17 elektronů a tak argon bude mít také 17 elektronů a tím se stává iontem nikoliv neutrálním argonem.. Pan Wagner nebo Novotný (nebo Hála ?) mi nakonec řekli, že to tak je a že možná si iontový argon "zachytí" onen elektron co při j a d e r n é interakci vznikl (zachytí pokud nemá tento elektron velkou rychlost či energii k odletu ze systému) ...to je fajn. Ale : odpovídejme na otázku celé interakce z ohledem na >system< když zahajujeme proces "měli bychom vzít" neutrální chlór a neutrino a "dát je" do inerciálního systému, tam udělat j a d e r n o u interakci a zjistit v "těže inerciální krabici" co vzniklo ? zad iont argonu, či neutrální argon a co se stalo s novým pointerakčním elektronem, odletěl ? odletěl z krabice či přešel do obalu argonu ?

Pan Wágner kroutí hlavou nad mou pošetilou logikou a neústupnou nedůvěrou. No, ať promine.

Já tedy k problému dodám :

Domnívám se , že když budu uvažovat o "teoretické možnosti" inerciálního systému = krabici chloru s neutrinem, že mohou nastat případy oba :

a) elektron **neodletí** z krabice (uzavřený systém) a interakce bude rovnovážná a vypadat bude takto :

$$(n^1) \cdot v_e = (p^1 \cdot e^-) \quad \text{Obal si zachytil nový interakčně stvořený elektron } e^- \text{ z děje v jádře.}$$

$$\text{Vznikl neutrální argon.}$$

$$\frac{x^3 \cdot t^1}{x^0 \cdot t^3} \cdot \frac{x^0 \cdot t^1}{x^0 \cdot t^0} = \frac{x^3 \cdot t^0}{x^0 \cdot t^2} \cdot \frac{x^2 \cdot t^2}{x^2 \cdot t^1}$$

$$(p^{17} n^{20} e^{-17}) + v_e = (p^{18} n^{19} e^{-18})$$

$${}^{37}\text{Cl}_{17} + v_e = {}^{37}\text{Ar}_{18}$$

Pokud ale interakční elektron z krabice odletí, vzniká nerovnováha(?) Podle Wagnera a Hály jí- tu nerovnováhu -řeší " úprava" argonu na iont.

Myslím, že by to mohlo být ještě jinak . Z nějakého důvodu se přírodě nechce urobiť iont argonu a chce urobiť argon neutrální ; musí interakce udělat takto (dva druhy) :

b) ad 1) : (e⁻ odletí a argon je neutrální)

$${}^{37}\text{Cl}_{17} + 2v_e = {}^{37}\text{Ar}_{18} + e^-$$

$$p^{17} n^{20} e^{-17} + 2v_e = p^{18} n^{19} e^{-18} + e^-$$

$$(n^1) \cdot v_e^2 = (p^1 \cdot e^-) \cdot e^-$$

$$(n^1) \cdot \frac{v_e^2}{x^3 \cdot t^1} = (p^1 \cdot e^-) \cdot \frac{e^-}{x^2 \cdot t^2}$$

$$\frac{v_e^2}{x^0 \cdot t^3} \cdot \frac{1}{x^0 \cdot t^0} = \left(\frac{p^1}{x^0 \cdot t^2} \cdot \frac{e^-}{x^2 \cdot t^1} \right) \cdot \frac{e^-}{x^2 \cdot t^1}$$

interakce je řešena reakcí chlóru se dvěma neutrinami za vzniku dvou elektronů...jeden odletí.

.....

$O^{14} = N^{14*} + e^+ + \nu_e$ (hvězdička znamená neutrální atom ??)
 $p^8 \cdot n^6 \cdot e^{-8} = p^7 \cdot n^7 \cdot e^{-7} \cdot e^+ \cdot \nu_e$
 $p \cdot e^- = n \cdot e^+ \cdot \nu_e$ tato "nerovnováha" >beta rozpadu< je jakousi "obdobou" interakce
 $O^{15} = N^{15} + e^+ + \nu_e$
 $p^8 \cdot n^7 \cdot e^{-8} = p^7 \cdot n^8 \cdot e^{-7} \cdot e^+ \cdot \nu_e$ která však pokračuje interakcí až do stavu rovnováhy ; tedy izotop dusíku N^{15} "pohltní" *proton* a výsledkem je neutrální uhlík C^{12} a neutrální helium He^4 .

b) ad 2) : (e^- odletí, argon je neutrální, ale interagují s chlórem dvě různá neutrina za vzniku dvou elektronů)

$$\begin{aligned}
 {}^{37}\text{Cl}_{17} + \nu_\mu + \nu_\tau &= {}^{37}\text{Ar}_{18} + e^- \\
 \mathbf{p^{17}n^{20}e^{-17}} + \mathbf{2\nu} &= \mathbf{p^{18}n^{19}e^{-18}} + e^- \\
 (n^1) \cdot (\nu_\mu \cdot \nu_\tau) &= (p^1 \mathbf{e^-}) \cdot e^- \\
 \\
 \left(\begin{array}{c} n^1 \\ x^3 \cdot t^1 \end{array} \right) \cdot \left(\begin{array}{cc} \nu_\mu & \nu_\tau \\ x^1 \cdot t^1 & x^0 \cdot t^2 \end{array} \right) &= \left(\begin{array}{cc} p^1 & \mathbf{e^-} \\ x^3 \cdot t^0 & x^2 \cdot t^2 \end{array} \right) \cdot e^- & 8 \ 8 \\
 \frac{\quad}{x^0 \cdot t^3} \cdot \left(\frac{\quad}{x^1 \cdot t^0} \cdot \frac{\quad}{x^0 \cdot t^1} \right) &= \left(\frac{\quad}{x^0 \cdot t^2} \cdot \frac{\quad}{x^2 \cdot t^1} \right) \cdot \frac{\quad}{x^2 \cdot t^1} & 8 \ 8
 \end{aligned}$$

 anebo jiné zatím nesprávné (spekulativní) řešení :

c) ad 1) :

$$\begin{aligned}
 {}^{37}\text{Cl}_{17} + \nu_\mu + \nu_\tau + \nu_e &= {}^{37}\text{Ar}_{18} + e^- \\
 \mathbf{p^{17}n^{20}e^{-17}} + \mathbf{3\nu} &= \mathbf{p^{18}n^{19}e^{-18}} + e^- \\
 (n^1) \cdot (\nu_\mu \cdot \nu_\tau \cdot \nu_e) &= (p^1 \mathbf{e^-}) \cdot e^- \\
 \\
 \left(\begin{array}{c} n^1 \\ x^3 \cdot t^1 \end{array} \right) \cdot \left(\begin{array}{ccc} \nu_\mu & \nu_\tau & \nu_e \\ x^1 \cdot t^1 & x^0 \cdot t^2 & x^0 \cdot t^1 \end{array} \right) &= \left(\begin{array}{cc} p^1 & \mathbf{e^-} \\ x^3 \cdot t^0 & x^2 \cdot t^2 \end{array} \right) \cdot e^- & 8 \ 8 \\
 \frac{\quad}{x^0 \cdot t^3} \cdot \left(\frac{\quad}{x^1 \cdot t^0} \cdot \frac{\quad}{x^0 \cdot t^1} \cdot \frac{\quad}{x^0 \cdot t^0} \right) &= \left(\frac{\quad}{x^0 \cdot t^2} \cdot \frac{\quad}{x^2 \cdot t^1} \right) \cdot \frac{\quad}{x^2 \cdot t^1} & 8 \ 9 \\
 \\
 \left(\begin{array}{c} n^1 \\ x^3 \cdot t^1 \end{array} \right) \cdot \left(\begin{array}{ccc} \nu_\mu & \nu_\tau & \nu_e \\ x^1 \cdot t^1 & x^0 \cdot t^2 & x^0 \cdot t^1 \end{array} \right) &= \left(\begin{array}{cc} p^1 & \mathbf{e^-} \\ x^3 \cdot t^0 & x^2 \cdot t^2 \end{array} \right) \cdot e^- \cdot \gamma & 10 \ 11 \\
 \frac{\quad}{x^0 \cdot t^3} \cdot \left(\frac{\quad}{x^1 \cdot t^0} \cdot \frac{\quad}{x^0 \cdot t^1} \cdot \frac{\quad}{x^0 \cdot t^0} \right) &= \left(\frac{\quad}{x^0 \cdot t^2} \cdot \frac{\quad}{x^2 \cdot t^1} \right) \cdot \frac{\quad}{x^2 \cdot t^1} \cdot \frac{\quad}{x^2 \cdot t^2} & 10 \ 11 \quad \text{?? nerovn.}
 \end{aligned}$$