Překlad mluveného textu videa [**Will A New Neutrino Change The Standard Model?**](https://youtu.be/0mXW1zPlxEE)

MATT O'DOWD: Děkujeme CuriosityStream za podporu PBS Digital Studios. Od objevu Higgsova bosonu fyzikové pátrají a pátrají po jakémkoli náznaku nových částic. Toto hledání bylo bezvýsledné, možná až do teď. Dnes se v pořadu "Space Time" Journal Club podíváme na článek, který uvádí přesvědčivý náznak nové částice mimo standardní model, sterilní neutrino. Běžná neutrina jsou poněkud odtažitá. Neinteragují pomocí elektromagnetických ani silných jaderných sil, pouze pomocí slabé jaderné síly a gravitace. Jsou tak slabě interagující, že procházejí hmotou, jako by tam nebyla. Abyste měli šanci 50/50 na zastavení libovolného neutrina, potřebujete olověnou stěnu silnou 1 světelný rok. Pokud jsou běžná neutrina odtažitá, pak sterilní neutrina jsou naprostí samotáři. Dokonce ani neinteragují prostřednictvím slabé interakce. Přesto by detekce sterilního neutrina byla nesmírně důležitá. Kromě toho, že se jedná o první rozšíření rodiny standardního modelu od objevu Higgsova bosonu, jsou sterilní neutrina kandidátem na temnou hmotu a jejich existence by měla obrovský vliv na rozpínání raného vesmíru. Běžná neutrina můžeme detekovat sledováním vzácné interakce mezi neutrinem a atomovým jádrem v nějakém obrovském objemu hmoty. Celý ledovec v experimentu IceCube nebo obrovská káď s olejem v experimentu, o kterém budeme hovořit. Tato běžná neutrina jsou spatřena, když interagují s hmotou prostřednictvím slabé jaderné síly.

Jak tedy proboha odhalíte sterilní neutrino, které ani nepodléhá této interakci - no, zřejmě tím, že budete nesmírně chytří. Toho se možná podařilo dosáhnout, jak uvádí článek z roku 2018 "Observation of Significant Excess of Electron-like Events in the MiniBooNE Short Baseline Neutrino Experiment". Chytlavý název. Než se k němu dostaneme, budeme muset jít o několik základních vrstev hlouběji, abychom získali potřebné znalosti. Propadneme se standardním modelem částicové fyziky, elektrickým nábojem a antihmotou, bizarností kvantové chirality a Higgsova mechanismu, a nakonec se dozvíme, proč to všechno ukazuje na sterilní neutrina. Držte si klobouky. Nejprve standardní model částicové fyziky – jak uvidíme v příštích dílech, tyto částice se dělí na bosony, které jsou nositeli základních sil, a fermiony, z nichž se skládá hmota. Ty druhé zahrnují kvarky horní / dolní, které tvoří protony a neutrony, a exotičtější svrchní, spodní, podivný a půvabný quarky, stejně jako jejich antihmotové verze. A pak jsou tu leptony, všudypřítomný elektron a jeho těžší příbuzní, mion a tauon. A opět každý se svým protějškem z antihmoty. Neutrina jsou také leptony a každá z těžších leptonových vůní má svou neutrinovou verzi. Ta mají mnohem nižší hmotnost a na rozdíl od kvarků a leptonů nemají elektrický náboj, tedy neutrino neboli neutrální prcek. Každý typ (vůně) neutrina má také svůj protějšek z antihmoty. Přejděme tedy k antihmotě. Antihmotová verze částice má stejnou hmotnost a opačný elektrický náboj. Elektron má tedy náboj záporný 1 a antielektron má náboj plus 1. Neutrina nemají náboj, jaký je tedy rozdíl mezi neutrinem a antineutrinem? No, ve skutečnosti existuje ještě jedna vlastnost, která se u antičástic obrací. A to nás přivádí k další úrovni, chiralitě. Fyzikální interpretace chirality je dost abstraktní. Abychom ji vysvětlili, musíme začít helicitou. Helicita je pouze směr spinu částice vzhledem ke směru jejího pohybu. Helicita může být pravotočivá, což znamená rotaci ve směru hodinových ručiček, nebo levotočivá či proti směru hodinových ručiček. Stejně jako helicita může být i chiralita levotočivá nebo pravotočivá. Fyzikální interpretace je však mnohem abstraktnější. Souvisí se směrem, kterým se posouvá fáze částice při rotaci. Helicita závisí na vlastním pohybu vzhledem k dané částici. Převrátí směr, pokud se začnete pohybovat rychleji než částice. Chiralita je však pro částici zásadní a nezávisí na vaší vlastní rychlosti.

Zde je třeba trochu rozšířit náš obraz částic standardního modelu a otevřít možnost existence sterilního neutrina. Ve skutečnosti existují dvě verze každého fermionu, jedna s pravostrannou chiralitou a druhá s levostrannou. A to je navíc rozdělení na hmotu a antihmotu. Jak jsme viděli v našem díle o Higgsově mechanismu, skutečné kvarky a elektrony jsou ve skutečnosti kombinací levotočivých a pravotočivých chirálních částic, které oscilují mezi těmito částicemi tam a zpět prostřednictvím interakcí s Higgsovým polem. Právě tato oscilace dává těmto částicím jejich hmotnost. Stačíte sledovat? Dobře. Stejně jako elektrický náboj je chiralita obrácená i u antihmoty. Například levotočivě i pravotočivě chirální záporně nabité elektrony mají své vlastní kladně nabité částice antihmoty, které jsou pravotočivé, respektive levotočivé. Tyto rozdílné chirality jsou považovány za zcela samostatné částice, což má svůj dobrý důvod. Chiralita určuje, zda částice může interagovat se slabou jadernou silou. Levý chirální elektron tuto sílu pociťuje a pravý chirální elektron nikoli. Tato interakce je opt pro antihmotu. Pravý chirální antielektron slabou sílu cítí, zatímco levý chirální antielektron nikoli. Všechno jste zvládli pochopit? Konečně jsme připraveni vrátit se k neutrinům. Každé neutrino, které jsme kdy pozorovali, bylo zaznamenáno pomocí slabé interakce. To znamená, že jsme vždy pozorovali pouze levotočivá neutrina nebo pravotočivá antineutrina. Opačná chiralita, tedy pravotočivá neutrina nebo levotočivá antineutrina, by měla interagovat pouze gravitačně, takže by bylo téměř nemožné je detekovat. Jedná se o sterilní neutrina. Nejsou součástí standardního modelu, protože až dosud jsme neměli žádný konkrétní důkaz o jejich existenci. Existuje však dobrý důvod ji předpokládat. Pokud neutrina získala svou hmotnost stejným mechanismem jako kvarky a elektrony, znamená to, že jejich chiralita osciluje. To by vyžadovalo, aby pravidelná levotočivá neutrina strávila alespoň část svého času jako sterilní pravotočivá neutrina.

Nyní víme, že neutrina mají hmotnost díky zcela jinému typu oscilace. Pozorovali jsme, že vůně neutrina se může měnit. Elektronová neutrina se mohou stát mionovými neutriny, mohou se stát tauonovými neutriny. Aby se neutrina mohla takto vyvíjet, musí zažívat tok času, což znamená, že se nemohou pohybovat rychlostí světla, což znamená, že musí mít hmotnost. Tato hmotnost může naznačovat existenci sterilního neutrina, ale může také pocházet z nějakého exotičtějšího mechanismu – například Majoranova mechanismu, který by vyžadoval, aby neutrino bylo svou vlastní antičásticí, a porušil by standardní model ještě více než existence sterilního neutrina. Dobrá, pojďme k experimentu. MiniBooNE je experiment ve Fermilabu v Illinois. Neutrina vznikají srážkou protonů, při níž vzniká svazek převážně mionových neutrin. Ta pak putují do 800tunové kádě s minerálním olejem. Vzácné interakce s jádry v oleji odhalují povahu neutrin. Nyní jsou důkazy o sterilních neutrinech nenápadné a rozhodně nebyla přímo detekována. Místo toho MiniBooNE detekoval mnohem více elektronových neutrin, než se očekávalo. Takže jsem vám řekl, že neutrina oscilují mezi jednotlivými typy – elektronovými, mionovými a tauonovými. Takže experiment MiniBooNE začíná mionovými neutriny a některá z nich se v době, kdy dopadnou do kádě, přemění na elektronová neutrina. Podle standardního modelu by tato oscilace měla být na velmi malé vzdálenosti svazku neutrin extrémně vzácná. Přechod na elektronové neutrino provedlo mnohem více mionových neutrin, než se podle základního standardního modelu očekávalo.

Jedním ze způsobů, jak tento přechod urychlit, je zavést sterilní neutrina jako mezikrok v oscilaci. Pokud mionová neutrina mohou obrátit svou chiralitu a stát se sterilními neutriny, pak je přechod od sterilního neutrina k elektronovému neutrinu snazší. A to je navrhované vysvětlení týmu MiniBooNE. Tým zjistil nadbytek elektronových neutrin na úrovni 4,8 sigma. To je nyní ve skutečnosti mírně pod kritickou úrovní 5 sigma, která je nutná pro tvrzení o detekci s vysokou spolehlivostí. Nicméně MiniBooNE poté zkombinoval své výsledky s výsledky staršího experimentu, který rovněž detekoval náznak tohoto přebytku. Jednalo se o experiment LSND (Liquid Scintillator Neutrino Detector) v Los Alamos, který v roce 2001 publikoval přebytek elektronových neutrin o hodnotě 3,8 sigma. V kombinaci s výsledkem MiniBooNE o hodnotě 4,8 sigma autoři tvrdí, že jde o signál o hodnotě 6,1 sigma, což by bylo považováno za mimořádně významné. Pokud je tento údaj správný, pak se jedná o první částici mimo standardní model od dob Higgsova bosonu. A pokud jsme skutečně pozorovali vliv sterilního neutrina, tak o něm nyní něco víme. Mělo by mít relativně malou hmotnost kolem 1 elektronvoltu. Odpusťte jednotky energie pro hmotnost v částicové fyzice. To je těžší než běžná neutrina, ale příliš lehké na to, aby to byl kandidát na temnou hmotu. Dobře, vím, že jste nadšeni, ale ještě nerozbíjejte láhev šampaňského. Tento výsledek je v rozporu s některými dalšími měřeními. Detektor neutrin IceCube v Antarktidě nenašel žádný důkaz existence sterilních neutrin na základě přechodu mionových neutrin na elektronová při jejich průchodu zemským tělesem. Analýza záření kosmického mikrovlnného pozadí provedená družicí Planck ukázala, že raná rychlost rozpínání vesmíru odpovídá pouze třem typům neutrin. Pokud bychom přidali další typy neutrin, například sterilní neutrina, raný vesmír by se rozpínal rychleji.

Dochází zde k zajímavému konfliktu. Výsledek MiniBooNE vypadá přesvědčivě. Doufejme, že se nejedná o nějakou experimentální chybu, což by mohlo být. Vzpomínáte si na ta neutrina rychlejší než světlo? Jo, o tom už se nemluví. Pokud je tohle skutečné, pak nám v našem chápání fyziky něco chybí a zádrhele mezi experimentem a teorií jsou přesně tím způsobem, jak se objevuje nová fyzika. Sterilní neutrino možná bylo objeveno, nebo jsme právě spatřili něco ještě zajímavějšího. Ať tak či onak, nahlédli jsme jen o něco hlouběji do základních stavebních kamenů prostoročasu.

------------------------------------

V posledních dvou dílech jsme se zabývali paradoxem černé díry a těžbou asteroidů. Dnes se budeme zabývat vašimi dotazy z obou. oiSnowy se ptá na výrok, který jsem pronesl v epizodě o informačním paradoxu. S dokonalou znalostí současného vesmíru by mělo být možné dokonale sledovat vesmír zpětně i dopředu v čase. Jak to tedy funguje s vesmírným horizontem událostí? Neměly by být oblasti mimo horizont událostí pro náš přístup ztraceny, a proto by je nebylo možné zpětně vysledovat? No jistě, rozhodně. Tvrzení o zpětné sledovatelnosti vesmíru se vlastně netýká horizontů událostí, ať už kosmických, nebo černých děr. Jde o to, že pokud informace stále někde existují, pak by se vesmír dal přetočit a skončil by tam, kde začal. I černá díra by se v takovém případě měla rozpadnout. Pokud je však informace skutečně zničena, pak by se přetáčení zaseklo v bodě zničení informace, protože vesmír by nevěděl, která z mnoha možných historií, které k tomuto bodu vedly. Ale máte naprostou pravdu v tom, že nemůžeme mít dokonalé znalosti o vesmíru. Stejně tak nemůžeme vesmír přetočit, takže jde jen o myšlenkový experiment. Několik z vás si klade otázku, zda by přidání dodatečné hmoty Zemi v důsledku těžby asteroidů mohlo vést k problémům, jako je to s naší oběžnou dráhou nebo gravitační přitažlivostí Země. Země je tedy asi 2000krát hmotnější než celý pás asteroidů. I kdyby se celý pás přenesl k Zemi, rozdíl v gravitaci byste nepoznali. A nikdo nenavrhuje, abychom to udělali. Na Zemi se vyplatí dopravit jen velmi malou část vzácných a vzácných zemin. Někteří z vás se také ptali, zda by těžba na Měsíci mohla být efektivnější než těžba v pásu asteroidů. No, Měsíc je rozhodně možností pro těžbu a bude mít některé užitečné těžké prvky z havarovaných asteroidů. Není však jasné, zda je lepší než těžba blízkozemních asteroidů. Chcete-li dostat věci z Měsíce, musíte se potýkat s jeho sice nízkým gravitačním polem ve srovnání s tím, že v případě asteroidů takové pole v podstatě neexistuje. Také těžba na Měsíci bude mít ve srovnání s asteroidy mnoho politických komplikací. Za prvé, náš Měsíc je chráněn před exploatací Smlouvou o kosmickém prostoru, která zakazuje státům nárokovat si tam jakoukoli svrchovanost. Asteroidy jsou však férovou hrou. Lisa Vaughnová má tenhle kanál ráda, protože když tyhle věci opakuje svým kamarádům, říkají si: Sakra, vole, jak jsi k tomu přišel? Zvláštní, takhle jsem vlastně začal já. V jednu chvíli se učím souhvězdí nebo Einsteinovy citáty, abych udělal dojem na kamarády, a pak, no, je to dlouhá, smutná spirála dolů, kde jsem dnes. Slyšel jsem o jednom chlápkovi, že začal memorovat pí, aby zapůsobil na holky, a skončil vynálezem atomové bomby. Lidi, na večírcích je to možná sranda, ale prosím vás, všichni, šprtejte zodpovědně.