

Obří detektor JUNO v jižní Číně chce zvážit jednu z nejlehčích částic vesmíru. Může pomoci řešit největší záhady vesmíru

Datum 9.10.2026
Subjekt Matematicko-fyzikální fakulta UK
Autor Vít Vorobel
Region Česká republika - Hlavní město Praha
Kategorie Univerzity, Věda, technické a profesní činnosti, Věda a výzkum

Mezinárodní tým vědců spolupracujících na neutrinovém experimentu JUNO zveřejnil v časopise Nature dosud nejpresnější určení dvou ze šesti parametrů oscilací neutrin. Výsledky bezprecedentně upřesnily desítky let výzkumu mezinárodních experimentů a vycházejí z dat nasbíraných během pouhých prvních 59 dní měření podzemním detektorem. Ten byl spuštěn v srpnu 2025 v jižní Číně.

Neutrino patří k nejzáhadnějším částicím ve vesmíru. Pohybují se téměř rychlostí světla a dokážou procházet hmotou téměř bez interakce. Přesto hrají klíčovou roli v moderní fyzice. Vědci dnes vědí, že mají nenulovou hmotnost, což je v rozporu se současným Standardním modelem částicové fyziky.

Zvláštností neutrin je, že se během letu mohou proměňovat mezi třemi typy, kterým fyzikové říkají „vůně“. Tento kvantový jev, označovaný jako neutrinové oscilace, umožňuje zkoumat jejich hmotnosti a jiné vlastnosti. Díky mimořádné přesnosti měření by měl experiment JUNO během následujících let pomoci vyřešit jednu z klíčových otázek současné fyziky, určit pořadí hmotností neutrin, a tak přispět k objasnění nevyřešených záhad fyziky a kosmologie, jako je podstata temné hmoty nebo vývoje hvězd a galaxií.

Observatoř ukrytá hluboko pod zemí

Experiment Jiangmen Underground Neutrino Observatory (JUNO) se nachází 700 metrů pod zemí nedaleko města Jiangmen. Hornina totiž slouží jako přirozený štít proti kosmickému záření, které by jinak do měření vnášelo nežádoucí signály, způsobené hlavně miony vznikajícími vysoko v atmosféře. Srdce experimentu tvoří centrální detektor, akrylová koule vysoká jako desetipatrový dům, naplněná 20 tisíci tunami kapalného scintilátoru. Interakce neutrin sleduje více než 40 000 fotonásobičů, které zaznamenávají slabé světelné záblesky vznikající při zachytu neutrina v kapalném scintilátoru. JUNO pozoruje především neutrina produkovaná dvojicí jaderných elektráren vzdálených 53 kilometrů, zkoumá ale také neutrina ze Slunce, zemské atmosféry i z nitra Země.

Čeští vědci pomáhají s klíčovými měřeními

Na experimentu se podílejí také vědci z Matematicko-fyzikální fakulty Univerzity Karlovy. Monitorují kalibraci fotonásobičů mionového detektoru, který je jedním z prvků ochrany hlavního detektoru před nežádoucími signály kosmických mionů. Vyvinuli nejen systém pro kalibraci detektoru, ale prováděli počítačové simulace fyzikálních procesů, testovali fotonásobiče.

Nyní se soustředí na měření optických vlastností kapalného scintilátoru, který je hlavním detekčním médiem JUNO. Přesná znalost parametrů scintilátoru, zejména jeho linearita, je klíčová pro správnou interpretaci naměřených spekter při určování pořadí hmotností neutrin. „Experiment již nyní

významně zlepšil naši znalost dvou neutrinových oscilačních parametrů a s dalším zpřesňováním měření poskytne netrpělivě očekávané informace, potřebné pro další vývoj experimentů i teorií na poli neutrinové fyziky. Současně tento experiment dává českým vědcům i studentům příležitost získávat zkušenosti v excelentním výzkumu. Experiment JUNO je příkladem dobré spolupráce převážně evropských a čínských vědců, přínosné pro všechny zúčastněné strany, pozitivní je i příležitost poznávat odlišné kultury,“ uvedl vedoucí českého týmu Ing. Vít Vorobel, Ph.D. z Ústavu částicové a jaderné fyziky.

Takto přesné měření neutrinových oscilačních parametrů otevírá dveře testům úplnosti tří-neutrinového modelu (výzkumníci rozeznávají elektronové, mionové a tauonové „vůně“). Výsledky mají důležité důsledky pro výzkum původu hmotnosti neutrin, leptonové směšovací matice a pro bezneutrinový dvojný beta-rozpad. Kombinací kosmologických pozorování a výzkumu beta-rozpadu, JUNO svými přesnými výsledky poskytne bezprecedentní zúžení rozsahu mnohých modelů původu neutrinových hmotností a neutrinového směšování a pro novou fyziku za Standardním Modelem. JUNO se tak stává zásadním experimentem pro neutrinovou fyziku a neutrinovou kosmologii následujících dekád.

Co jsou neutrinové oscilace?

Neutrína existují ve třech typech – „vůních“ – elektronové, mionové a tauonové. Oscilacemi neutrin rozumíme periodické střídání vyšší a nižší pravděpodobnosti zachycení neutrina určité vůně v závislosti na vzdálenosti od jejich zdroje. Neutrína vzniklá s určitou vůní, například elektronovou, se s určitou pravděpodobností chvillemi „tváří“ jako neutrína s jinou vůní, například mionovou a nejsou tedy pozorovatelná detektorem neutrin s původní vůní. Tento jev vysvětluje kvantová teorie tím, že neutrino určité vůně nemá jistou hmotnost, ale je směsí stavů s různými hmotnostmi.

Neutrinové oscilace ukazují, že neutrína mají nenulové hmotnosti, což je široce přijímáno jako experimentální důkaz fyziky „za Standardním Modelem“. Neutrinové oscilace se popisují pomocí šesti parametrů: dvou rozdílů čtverců hmotností (Δm_{21}^2) , (Δm_{32}^2) , tři směšovacích úhlů (θ_{12}) , (θ_{13}) , (θ_{23}) a jedné fáze (δ_{CP}) , narušující CP-invarianci. V současné době zůstávají neznámými hodnoty (δ_{CP}) a znaménko (Δm_{32}^2) , které určuje, zda stav neutrina (ν_3) je těžší nebo lehčí než stavy (ν_1) a (ν_2) – tzv. „otázka uspořádání hmotností neutrin“.

Odkaz na studii:

The JUNO Collaboration, Measurement of reactor neutrino oscillation with the first JUNO data, Nature, Volume 654, pages 343–348 (2026)
<https://doi.org/10.1038/s41586-026-10538-z>

<https://www.mff.cuni.cz/cs/verejnost/aktuality/obri-detektor-juno-v-jizni-cine-chce-zvazit-jednu-z-nejlehcich-castic-vesmiru-muze-pomoci-resit-nejvetsi-zahady-vesmiru>