

Výskum vedcov ÚEF SAV: Sedemrozmerná geometria môže vyriešiť paradox čiernych dier

8.4.2026 - Andrea Nozdrovická | SAV

Vedci Ústavu experimentálnej fyziky (ÚEF SAV) SAV, v. v. i., sa podieľali na publikovanej v časopise General Relativity and Gravitation, ktorá prináša inovatívne riešenie jednej z najväčších záhad modernej fyziky - tzv. informačného paradoxu čiernych dier. Výskum vedený Richardom Pinčákom zároveň naznačuje, že rovnaký teoretický rámec by mohol vysvetliť aj pôvod hmotnosti elementárnych častíc. Obe otázky - stabilita informácie v kvantovej fyzike a mechanizmus vzniku hmotnosti - tak spája do jedného geometrického obrazu reality.

„Tento informačný paradox má korene v 70. rokoch 20. storočia, keď Stephen Hawking ukázal, že čierne diery nie sú úplne ‘čierne’, ale vyžarujú tzv. Hawkingovo žiarenie. To spôsobuje ich postupné zmenšovanie až úplné vyparenie. Problémom však je, že tento proces by viedol k zániku informácie o hmote, ktorá do čiernej diery spadla – čo je v rozpore so základnými princípmi kvantovej mechaniky, podľa ktorých sa informácia nemôže stratiť,“ objasňuje Richard Pinčák z Oddelenia teoretickej fyziky ÚEF SAV, v. v. i.

Nový výskum ponúka riešenie cez rozšírený pohľad na štruktúru časopriestoru. Vedci využívajú teóriu Einstein-Cartan v siedmich rozmeroch, kde časopriestor nemusí byť len zakrivený, ale aj „skrútený“ – obsahuje tzv. torziu. Táto dodatočná geometrická vlastnosť sa pri extrémnych hustotách, blízkych Planckovej škále, prejavuje ako odpudivá sila. Práve táto sila má kľúčovú úlohu pri vývoji čiernych dier. Podľa modelu pôsobí proti gravitačnému kolapsu a zabraňuje úplnému vypareniu čiernej diery. Namiesto zániku tak zostáva stabilný zvyšok s extrémne malou hmotnosťou približne 9×10^{-41} kg.

„Takýto ‘pozostatok’ čiernej diery môže fungovať ako prirodzené úložisko informácie,“ vysvetľuje teoretický fyzik. Vedci v štúdiu tiež potvrdzujú, že kvantová informácia môže byť zakódovaná v tzv. kvázinormálnych módoch – dlhodobých „vibráciách“ torzného poľa v jeho vnútri. V prípade čiernej diery s hmotnosťou Slnka by takýto objekt dokázal uchovať približne 10^{77} qubitov informácie, čo postačuje na zachovanie všetkých údajov o pôvodnej hmote.

Súvislosť s Higgsovým bozónom

Pri tejto štúdiu je osobitne zaujímavé jej hlboké prepojenie s fyzikou častíc. Pri prechode zo siedmich na štyri rozmery – teda do nášho pozorovateľného vesmíru – sa ukazuje, že geometria prirodzene vedie k tzv. elektroslabej škále. Tá je spojená s Higgsovým polom, ktoré časticiam udeľuje hmotnosť. *„Vlastnosť časopriestoru, ktorá môže zabrániť zániku čiernych dier a zachovať informáciu, tak zároveň môže vysvetľovať aj to, prečo majú elementárne častice hmotnosť. Model tak ponúka jednotný geometrický pohľad na dva zásadné problémy modernej fyziky,“* konštatuje R. Pinčák.

Testovateľná realita

Hoci sa existenciu dodatočných dimenzií zatiaľ nepodarilo experimentálne potvrdiť, neznamená to, že teória je netestovateľná. Častice spojené s týmito dimenziami by síce mali extrémne vysoké

energie mimo dosahu súčasných urýchľovačov, no ich nepriamy vplyv sa môže prejavíť v kozmologických pozorovaniach.

Vedci predpokladajú, že stabilné zvyšky čiernych dier môžu tvoriť časť temnej hmoty a ich gravitačné prejavy tak môžu byť pozorovateľné. Okrem toho by „odtlačky“ tejto 7-rozmernej geometrie mohli byť zachytené v kozmickom mikrovlnnom pozadí alebo v prvotných gravitačných vlnách.

Výskum vedcov Ústavu experimentálnej fyziky SAV, v. v. i., tak napovedá, že riešenie informačného paradoxu nemusí vyžadovať zásadnú zmenu kvantovej mechaniky. *„Preklenutím priepasti medzi najmenšími mierkami čiernych dier a rozľahlosťou Higgsovho poľa naznačujeme, že informačný paradox nemusí vyžadovať, aby sme znova prepísali kvantovú mechaniku. Namiesto toho nás pozýva k hlbšiemu, 7-rozmernému pochopeniu samotnej štruktúry našej reality,”* dodáva R. Pinčák z ÚEF SAV, v. v. i.

Publiková štúdia: Pinčák, R., Pigazzini, A., Pudlák, M. et al. Geometric origin of a stable black hole remnant from torsion in G-manifold geometry. Gen Relativ Gravit 58, 29 (2026).
<https://doi.org/10.1007/s10714-026-03528-z>

Zdroj: Pavol Bobík, Ústav experimentálnej fyziky SAV, v. v. i.

Spracovala: Andrea Nozdrovická

https://www.sav.sk?doc=services-news&lang=sk&news_no=13537&source_no=20