

Féléves beszámoló - 1. félév

Kompakt csillagok tulajdonságainak vizsgálata effektív modellekkel

TAKÁTSY JÁNOS
*Fizikai tudományok
doktori iskola*

DR. KOVÁCS PÉTER
*Tudományos főmunkatárs
Wigner FK
Témavezető*

2020. január 24.

1. Bevezetés

Az erős kölcsönhatás alacsony hőmérsékleten és nagy sűrűségeken a jelenleg ismert módszerekkel nem vizsgálható sem földi körülmények között elvégzett kísérletekkel, sem a QCD egzakt megoldásával. Erre ad lehetőséget az univerzumban található legsűrűbb, még nem szinguláris képződmények, a neutroncsillagok vizsgálata. Ezen objektumok vizsgálata az utóbbi évtizedben új lendületet kapott. Három olyan neutroncsillagot is megfigyeltek, amelyek tömege $\sim 2 M_{\odot}$ körüli [1,2,3], így jóval meghaladja a korábban mért legnagyobb, $1.6 M_{\odot}$ -es neutroncsillag-tömeget. Ezen kívül a neutroncsillagok röntgen profilját vizsgáló NICER program [4] segítségével ugyanazon objektum tömege és sugara is mérhetővé válik. Az első mérési eredmények éppen a félév során láttak napvilágot [5]. Szintén az évtized közepén került sor az első gravitációshullám-megfigyelésre az Amerikában található LIGO detektorokkal [6], azóta pedig több neutroncsillag-kettős összeolvadását is sikerült kimérni [7,8]. Ezen mérések újabb, független információt adnak a neutroncsillagok belső szerkezetéről.

Az asztrofizikai megfigyelések eredményei összehasonlíthatók a különböző elméleti modellek által jósolt mérhető mennyiségekkel, így az újabb mérések segítenek a modellek megszorításában.

2. Az aktuális félévben végzett kutatások ismertetése

Doktori kutatásom alatt a mesterszakon elkezdett munkát folytattam, amely során egy (axiál-)vektormezonokkal kibővített lineáris szigma-modellt [9,10] vizsgáltam egy olyan közelítésben, ahol a vetorkondenzátumok leegyszerűsített módon szerepelnek a modellben. A modellből kapott állapotegyenletet felhasználva a Tolmann-Oppenheimer-Volkoff egyenletek megoldásával kiszámoltam, milyen tömegű és sugarú neutroncsillagokat kapunk, amennyiben ezen objektumok egészét csak az ezen modell által leírt anyag alkotja, majd a kapott eredményeket összevettem a különböző mérési eredményekkel.

A féléves munkám során ennek a témának különböző aspektusait vizsgáltam és fejlesztettem tovább. A neutroncsillagok külső rétegeit valójában nem homogén maganyag alkotja, hanem kifelé haladva atommagok, neutronok és elektronok keveréke, kívül pedig rácsba rendeződött atommagok elektronfelhővel körülvéve. Ezek a rétegek a neutroncsillagok tömegét elhanyagolható mértékben, azonban a méretüket nagyban befolyásolhatják. Ezen anyagi rétegekről, valamint a beljebb található, homogén maganyagról felállított modelleket gyűjtöttem össze és rendszereztem. Ezen kívül a különböző rétegek állapotegyenleteinek lehetséges összefűzési módszereit is vizsgáltam.

A neutroncsillag-kettősök összeolvadása előtt az árapály erők hatására az objektumok deformálódnak, ez a deformáció pedig megjelenik a megfigyelt gravitációshullám-jelben. A deformáció mértéke a Λ „tidal deformability” paraméterrel jellemezhető, amely adott modell esetén elméleti úton kiszámolható. Ezen jelenségkör fizikájának jártam utána a félév során, a szerzett ismeretekről jegyzetet készítve, valamint egy programot írva, amely adott modell mellett képes kiszámolni a deformációs paramétert.

A modell konzisztenssé tétele érdekében szükséges a vektormezon-kondenzátumok megfelelő kezelése a modellen belül. Az ezzel kapcsolatos számolásokba kezdtem bele a félév során, amely témakörrel jelenleg is foglalkozom.

Hivatkozások

- [1] P. Demorest, T. Pennucci, S. Ransom, M. Roberts and J. Hessels, *Nature* 467, 1081 (2010)
- [2] J. Antoniadis et al., *Science* 340, 6131 (2013)
- [3] H.T. Cromartie et al., *Nature Astronomy* 4, 72 (2019)
- [4] F. Ozel, D. Psaltis, Z. Arzoumanian, S. Morsink and M. Baubock, *Astrophys. J.* 832, no. 1, 92 (2016)
- [5] M. C. Miller et al., *Astrophys. J. Lett.* 887, L24 (2019)

- [6] B. P. Abbott et al. [LIGO Scientific and Virgo Collaborations], Phys. Rev. Lett. 116, 061102 (2016)
- [7] B. P. Abbott et al. [LIGO Scientific and Virgo Collaborations], Phys. Rev. Lett. 119, no. 16, 161101 (2017)
- [8] M. J. Lindquist et al., Astrophys. J. 881, no. 2, L26 (2019)
- [9] D. Parganlija, P. Kovács, G. Wolf, F. Giacosa and D. H. Rischke, Phys. Rev. D 87, 014011 (2013)
- [10] P. Kovács, Z. Szép and G. Wolf, Phys. Rev. D 93, no. 11, 114014 (2016)

3. Féléves tanulmányok

A félév során a következő két kurzust végeztem el:

- FIZ/3/032E Fázisátalakulások előadás, Sasvári László
- FIZ/2/016E Véges hőmérsékletű kvantumtérelmélet és asztrofizikai alkalmazásai előadás, Szép Zsolt

4. Publikációk

1. T. Bozóki, E. Prácsér, G. Sători, G. Dálya, K. Kapás, **J. Takátsy**: Modeling Schumann resonances with schupy, Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics 196, 105144, December 2019

5. Konferencia részvétel

- 19th Zimányi School, Winter Workshop on Heavy Ion Physics, Budapest, 2019

6. Egyéb szakmai tevékenység

2019. július végétől szeptember közepéig részt vettem a GSI nyári diákprogramján, amely keretein belül egy különálló kutatási projekttel foglalkoztam a legnehezebb elemek keletkezéséért felelős r-folyamat fizikájával kapcsolatban.