

NEWCOMPSTAR

FIZIKAI ALAPTÖRVÉNYEK KUTATÁSA
KOMPAKT CSILLAGOK VIZSGÁLATÁVAL

2014 – 2017

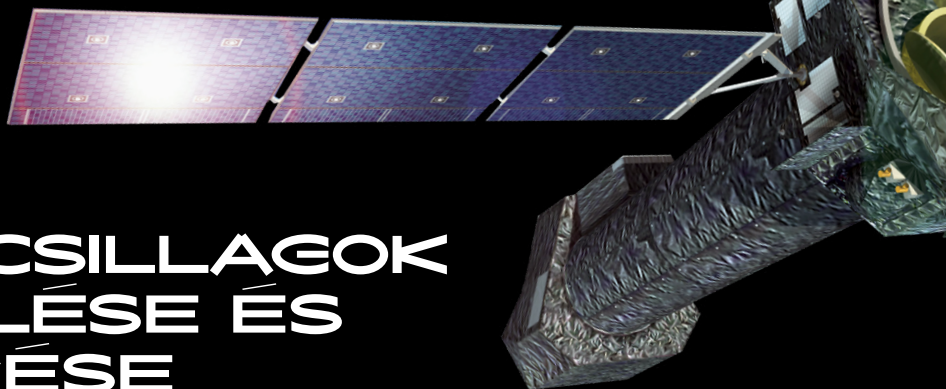


A kompakt csillagoknak nevezzük a neutron-, a ritka kvark tartalmú vagy a hibrid csillagokat. Ezen egyedülálló égi laboratóriumok vizsgálata lehetőséget teremt az anyag elemi építőköveknek és kölcsönhatásainak vizsgálatára olyan környezetben, amely nem hozható létre földi körülmények között laboratóriumokban. A kompakt csillagok kutatása eddig is számos áttörő felfedezéshez vezetett a mag- és részecskefizika, a kvantumszíndinamika, az általános relativitáselmélet és a nagyenergiás fizika területein.

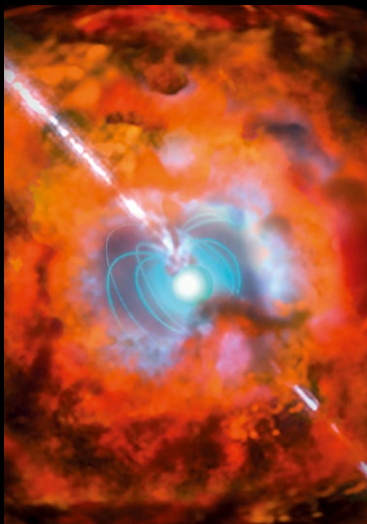
A tudományterület jelentős fejlődés előtt áll, melynek mozgatórugói a következő generációs csillagászati obszervatóriumok, gravitációs-hullám detektorok, valamint a mag- és részecskefizikai kísérletek.

Az MPNS COST „Fizikai alaptörvények kutatása kompakt csillagok vizsgálatával (NewCompStar)” című akciópályázat feladata, hogy összekapcsolja és felsorakoztassa az asztrofizika, a magfizika és a gravitációelmélet szakértőit ezen a lenyűgöző interdiszciplináris kutatási területen. Az előírányozott, innovatív kutatási terv mellett a kialakult hálózat lehetőséget teremtett a jövő kutatói generációjának többszintű oktatására és széleskörű továbbképzésére, elősegítve a tudástranszfert és az innovációt.

1. ábra – Az XMM-Newton műhold, az Európai Űrügynökség (ESA) röntgen űrobzervatóriuma.
Forrás: Spacecraft Icons at NASA Science



1. KOMPAKT CSILLAGOK MEGFIGYELÉSE ÉS MODELLEZÉSE

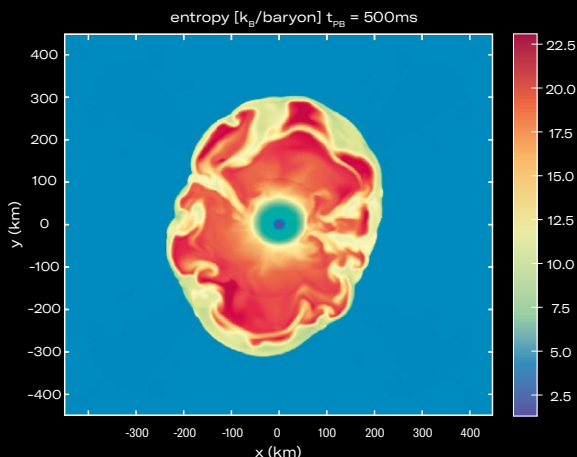


2. ábra – Gamma-kitörések és magnetárok. A gamma kitörések (GRB) a Világegyetem legvadabb eseményei. Ma már tudjuk, hogy a hosszú GRB jele a nagy tömegű csillagok halálához köthető, míg a rövidek, idős, kompakt csillagok (neutroncsillagok és/vagy fekete lyukak) összeolvadásakor keletkeznek. A képen egy szupernóvarobbanásban keletkezett erős mágneses mezejű, gyorsan forgó magnetár által keltett gamma kitörés művészi illusztrációja látható.
Forrás: ESO (<http://www.eso.org/public/images/eso1527a/>)

A közelmúltban működésbe lépett teleszkópoknak és űrbeli obszervatóriumoknak köszönhetően ígéretes lehetőségek állnak előttünk a kompakt csillagok asztrofizikájának megismerésére. Ezek a berendezések kulcsfontosságú adatokkal szolgálnak a neutroncsillagokról alkotott ismereteinkhez. Emellett soha nem látott mennyiségű információt várunk, az olyan tervezett eszközöktől, mint a FAST az eddigi legnagyobb rádióteleszkóp, a LOFT amely új pulzár fényességprofil modelleket használ, vagy az SKA amely minden eddiginél érzékenyebb teleszkóp lesz.

Az elméleti és észlelő kutatócsoportok szoros együttműködése során az akciópályázat keretében kifejlesztettünk egy leírásmódot, amely a sokrétű neutroncsillag modellek mindegyikére kiterjed és magába foglalja a mikroszkopikus leírást és a téridő elméleti modelljét is.

Az akciópályázat legfontosabb célja az volt, hogy a számos, látszólag ellentmondásos, a rádió-, röntgen- és gamma észlelési eredményt együttesen összehasonlíthatóvá tegye elméleti jóslatokkal: (neutroncsillag-hidrodinamikai és magneto-hidrodinamikai szimulációk, pulzár csillagregések modellek, emissziós folyamatok, légköri és magnetoszféra ill. szupernóva szimulációk) valamint azok következményeivel (neutroncsillag-populációk kialakulása).

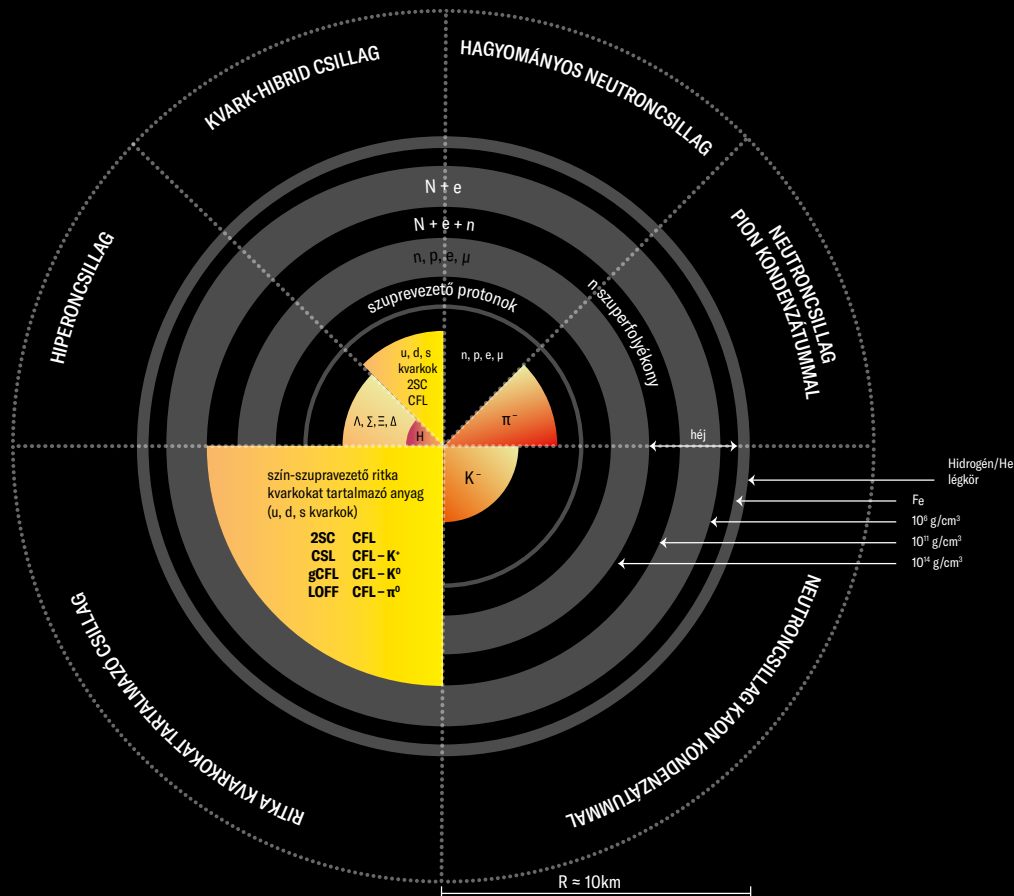


3. ábra – Összeomló szupernóva, mint lenyűgöző kozmikus tűzijáték. Szupernóva összeomlás 3D szimulációjának egy képkockája. Az ábrán az entrópia/barionszám arány látható az összeomlás pillanatában a szupernóva legbelső 1000 kilométeres tartományán.
Forrás: K. Ebinger, O. Heinemann, M. Liebendörfer

2. AZ ERŐS KÖLCSÖNHATÁS FIZIKÁJA: ELMÉLET ÉS KÍSÉRLET

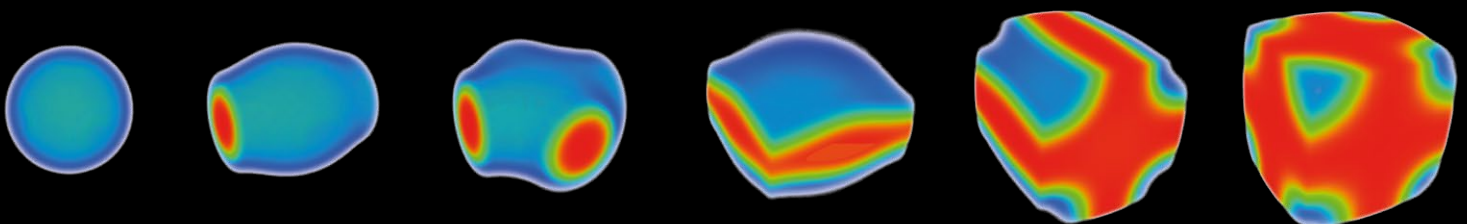
Kompakt csillagok paramétereinek és asztrofizikai folyamatainak megfigyelése által szigorú megszorításokat adhatunk a sűrű hadronikus anyag tulajdonságaira: az állapotegyenletre, a szuperfolyékonyságra, a transzport együtthatókra és a rugalmasságra. Az erősen kölcsönható anyag extrém körülmények között történő leírásához szükség van a kis energiás kvantumszindinamika és sok-részecske folyamatok szakértőire. Hozzáteve, hogy a kompakt csillagok szempontjából lényeges tartományban a kvarkok és gluonok dinamikájának elméleti leírására a kvantumszindinamika itt nem számolható a perturbációszámítás módszereivel. Emellett, a sokrészecske-effektus, mint pl. a párba rendeződés vagy a kollektív viselkedés, igen gazdaggá de aprólékosan összetetté is teszi a hadronanyag fázisszerkezetének leírását.

A nagyenergiás magfizikai kísérletek és a kompakt csillagok fizikája közötti kapcsolat igen összetett, azonban az akciópályázatunk egyik mozgatórugója a magfizikai mérések és az asztrofizikai kompakt csillag megfigyelések között újonnan kialakult szinergia, amely jelentős hatással van a neutroncsillagok jelen és jövőbeli elméleti modellezésére.



4. ábra – Mi alkotja a neutroncsillagokat? Elméleti jóslatok a neutroncsillag belsőt alkotó anyag modelljére.

Forrás: F. Weber



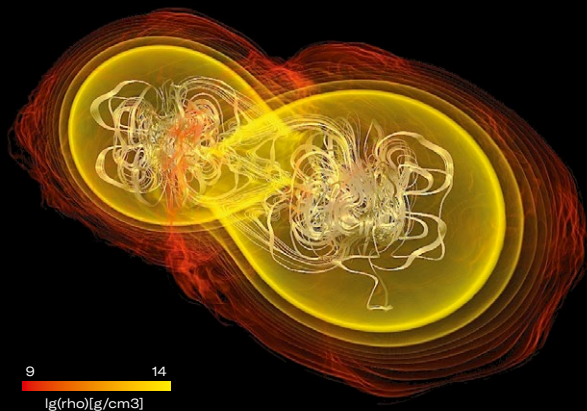
5. ábra – Milyen struktúrájú a neutroncsillag komplex héjszerkezete? A héj belsejében az folyadékként viselkedő neutronok és relativisztikus elektrongáz keverékben egzotikus rács állapotok alakulhatnak ki, amelyeket „tészta” fázisoknak (spagettizációnak) nevezünk. A nukleáris térszta fázisok alakjai lehetnek a maganyag göbszerű, rúd alakú, sík felületű, csörszerű és buborékos állapotai. A kutatásaink egyik kihívása ezen fázisokra utaló szignatúrák keresése.

Forrás: H. Pais and J. Stone

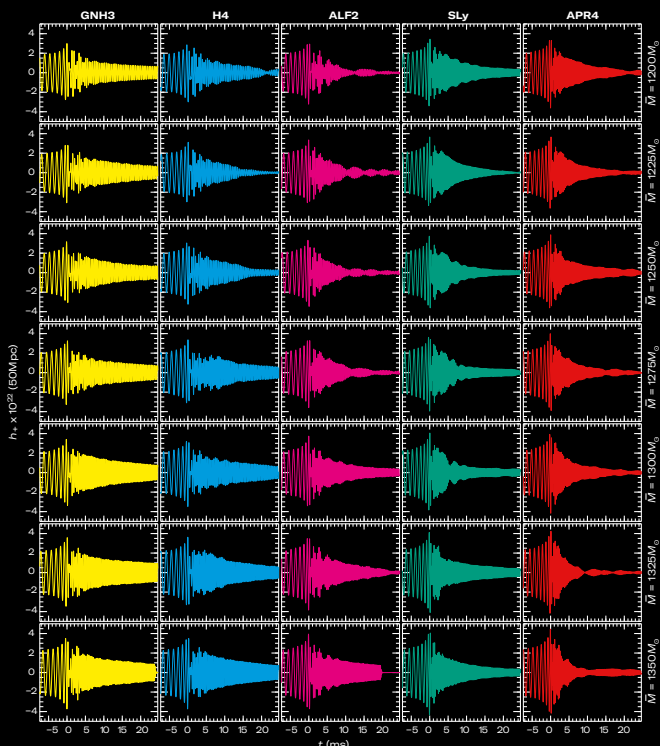
3. GRAVITÁCIÓELMÉLET ÉS MEGFIGYELÉSEK

A neutroncsillagok erős gravitációs terüknek köszönhetően potenciálisan detektálható gravitációs hullám források, akár kettős rendszer tagjaiként, akár ha magányos forrásként keletkeznek például, ha szupernóvabarobbanásban vagy fekete lyukká összeomolva, illetve ha nem gömbszimmetrikusan oszcillálnak. A bespirálózva összeolvadó neutroncsillagok gravitációs hullámait (akár neutroncsillag kettős vagy akár egyikük fekete lyuk) a LIGO/Virgo detektorhálózattal tudjuk észlelni. Ezek mérése fontos információkkal szolgálhat az erős gravitációs mezőkről, az állapotegyenlet meghatározásához és a rövid gamma kitörések eredetéről.

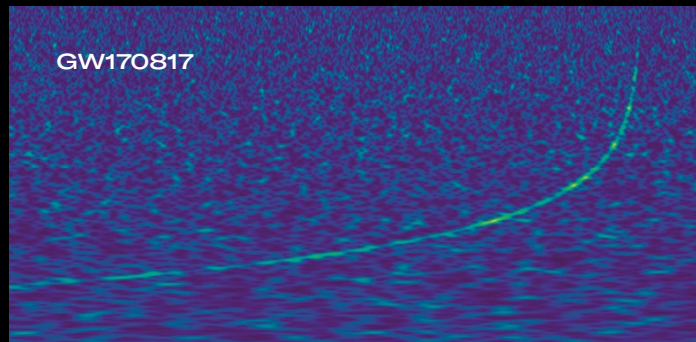
Az összeolvadó neutroncsillagok által keltett gravitációs hullámok paramétereit az össztömegük, tömegarányaik és az állapotegyenletük határozza meg. A sikeres detektáláshoz különösen fontos a keltett hullámformák pontos numerikus modellezése.



7. ábra – Erős mágneses terű neutroncsillag-kettős összeolvadása. Mágneses erővonalak és az anyagsűrűség eloszlása az összeolvadás pillanatában. Forrás: FIAS/GU/AEI



8. ábra – Összeolvadó neutroncsillagok esetében kiszámolt gravitációs hullámformák. Az színek különböző állapotegyenleteket jelölnek, az egyes sorok eltérő össztömegű kettős rendszereket mutatnak. Image Credit: FIAS/GU/AEI



6. ábra – A LIGO kísérlet által mért, neutroncsillagok összeolvadásakor keletkezett „csiripelő” hang spektruma. Forrás: LIGO

cost
EUROPEAN COOPERATION
IN SCIENCE & TECHNOLOGY

COST Association AISBL
Avenue Louise 149, 1050 Brussels, Belgium
T +32 (0)2 533 3800, F +32 (0)2 533 3890
office@cost.eu, www.cost.eu



A COST programot a
EU H2020 Keretprogram támogatja.

A KUTATÓHÁLÓZAT

A NewCompStar 29 tagországból áll, ehhez kapcsolódik négy szomszédos országbeli intézet két szomszédos (NNC) országból, valamint további három Nemzetközi Partner Ország (IPC) intézete.

COST TAGOK

Ausztria, Belgium, Bulgária, Horvátország, Csehország, Dánia, Finnország, Franciaország, Németország, Görögország, Magyarország, Grönland, Írország, Izrael, Olaszország, Málta, Hollandia, Norvégia, Lengyelország, Portugália, Románia, Szerbia, Szlovákia, Szlovénia, Spanyolország, Svédország, Svájc, Törökország, Egyesült Királyság.

COST KÖZELI SZOMSZÉD

Országok Intézetei
IOFFE, JINR Dubna, MEPH,
Sternberg Astronomical Institute
és a Yerevan State University

COST Nemzetközi Partner

Országok Intézetei
Monash University,
University of Melbourne
és a Kent State University

NewCompStar COST akciópályázat

L. Rezzolla (elnök), P. Pizzochero (elnökhelyettes)

Vezetőség

G.G. Barnaföldi, F. Burgio, M. Chernyakova,
V. Ferrari, J. A. Font, I. Jones, P. Haensel,
P. Pizzochero, C. Providência, M. Oertel,
N. Rea, L. Rezzolla, A. Sedrakian, I. Vidaña

<https://compstar.uni-frankfurt.de>

Címlapkép

Röntgen: NASA/CXC/SAO; Optikai: NASA/STScI;
Infravörös: NASA/JPL/Caltech; Rádió: NSF/NRAO/
VLA; Ultraibolya: ESA/XMM-Newton

Nyomatva: Estúdio Gráfico 21, Portugal 2017
Grafikai tervezés és betűtípus: Bürocratik
Fordítás: G.G. Barnaföldi