



Gravitációs hullámok

Vasúth Mátyás

MTA Wigner FK

Gravitációfizikai Kutatócsoport

Wigner VIRGO csoport

Bevezetés

Gravitációs hullámok

Források és megfigyelések

Obszervatóriumok

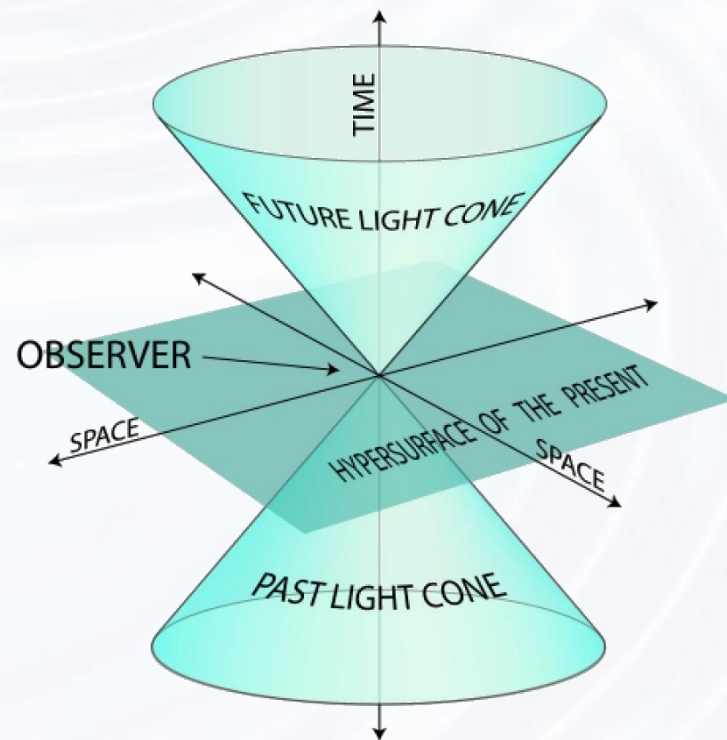
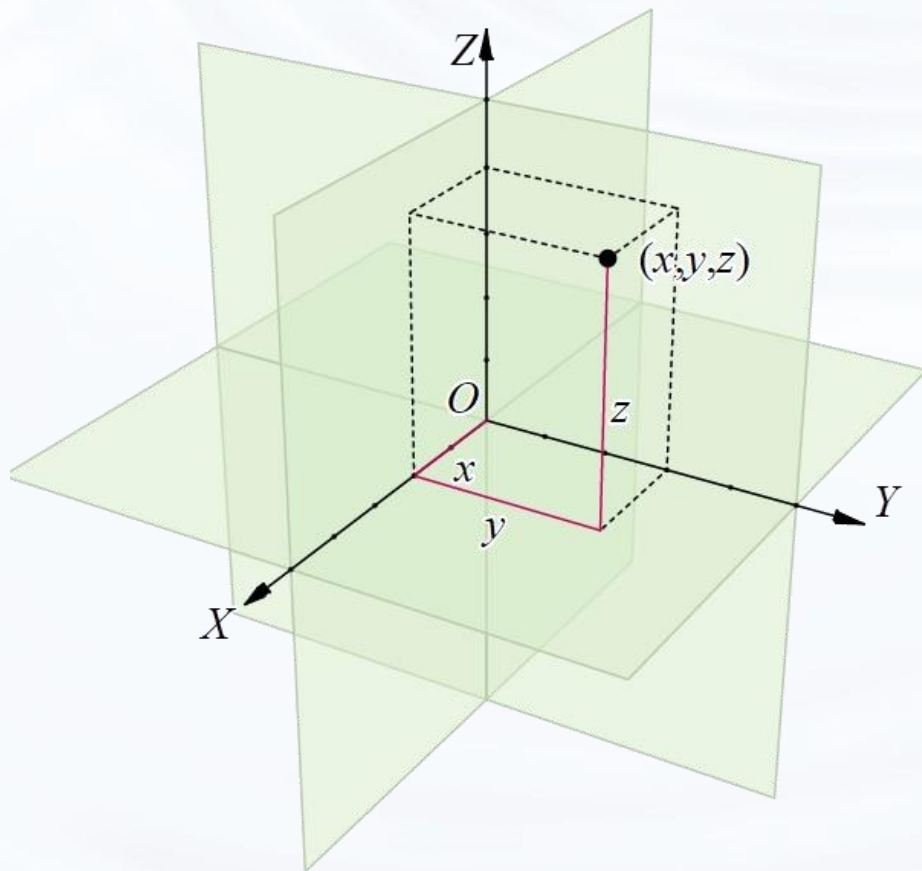
Sokcsatornás csillagászat

Fekete lyukak, neutroncsillagok

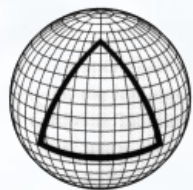


A téridő görbületének hepehupái

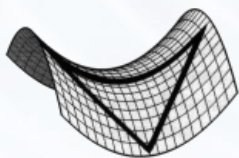
- Speciális / általános relativitáselmélet 1905 / 1915



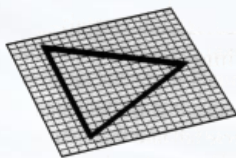
A téridő görbületének hepehupái



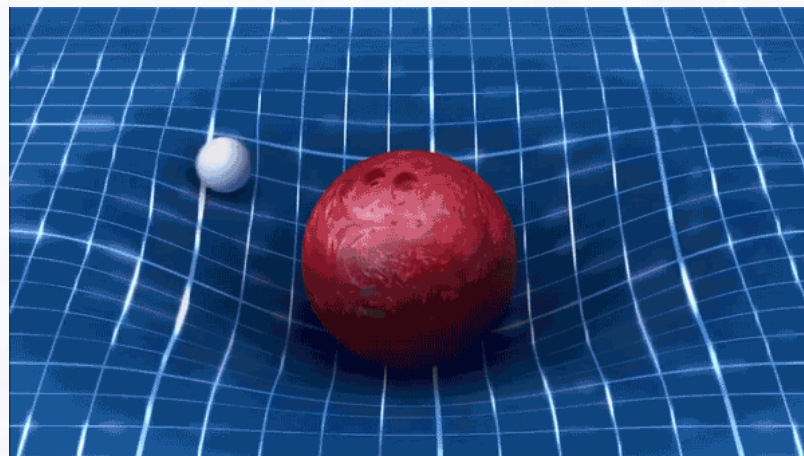
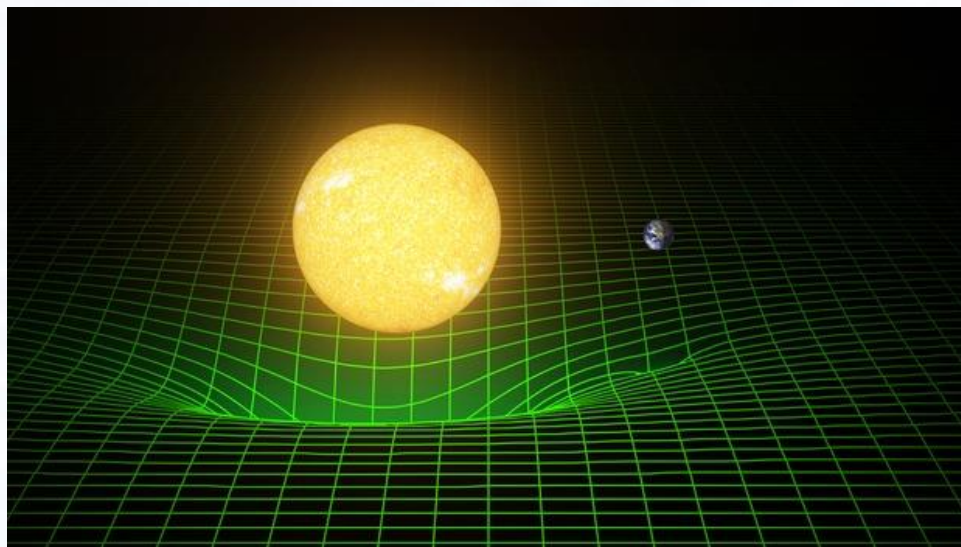
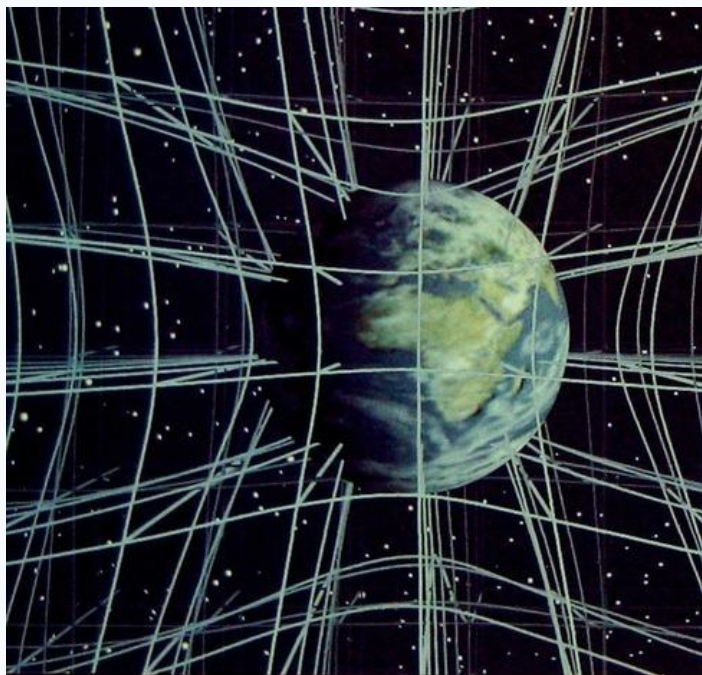
Positive Curvature



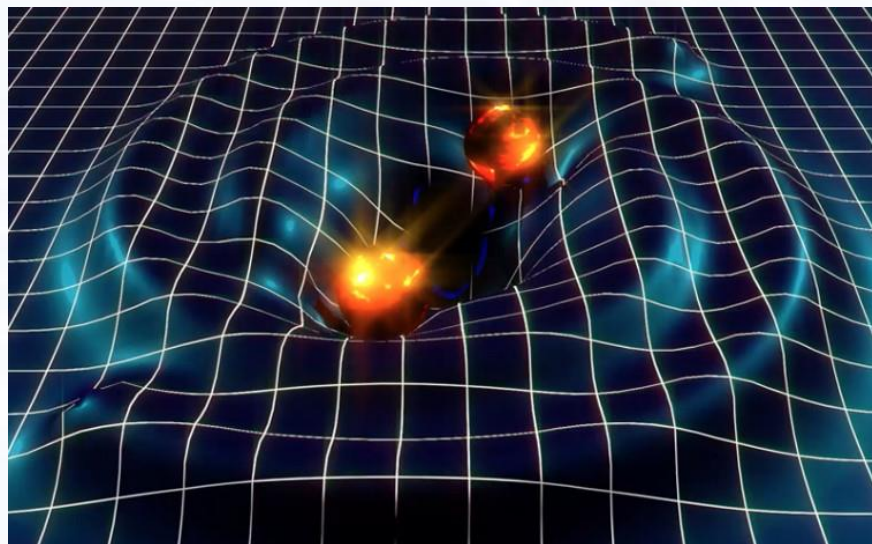
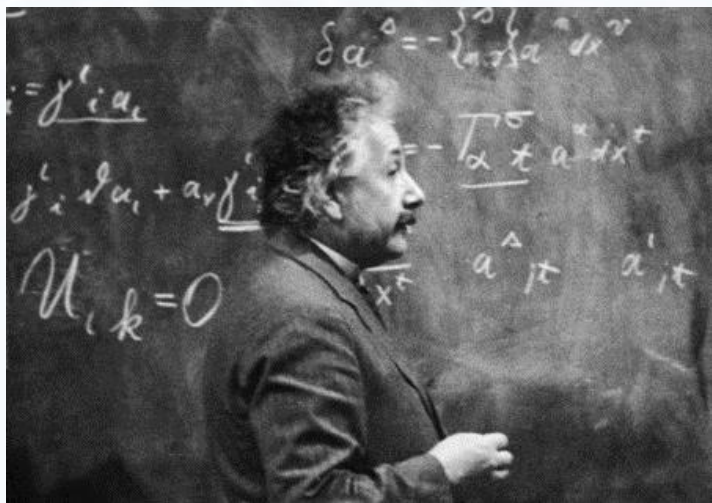
Negative Curvature



Flat Curvature



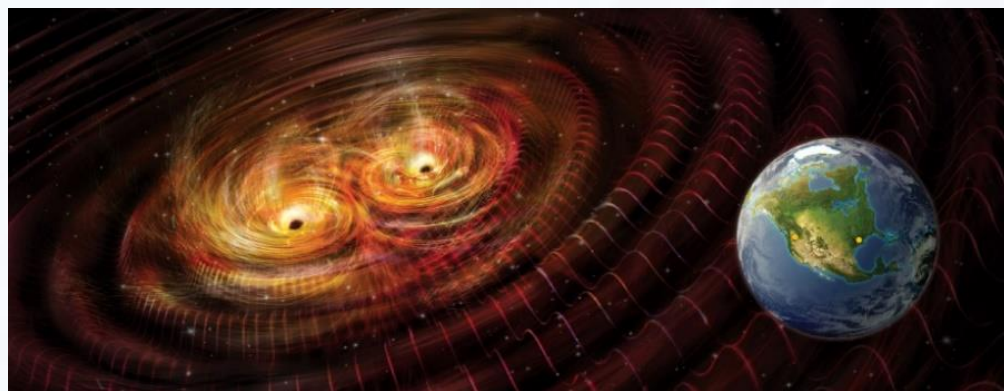
A téridő görbületének hepehupái



- Gravitációs hullámok, a gravitációs hatás fénysebességgel tovaterjedő változásai, a téridő fodrozódásai

$$g_{\mu\nu} = \eta_{\mu\nu} + h_{\mu\nu}$$

$$\eta^{\rho\sigma} h^{\mu\nu}_{,\rho\sigma} = -16\pi\tau^{\mu\nu}$$

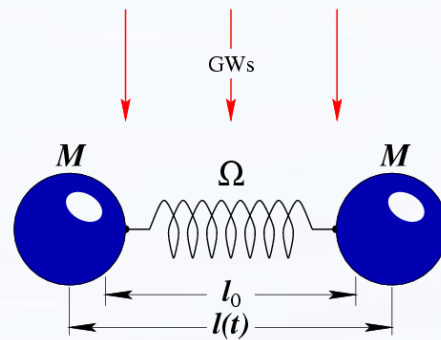
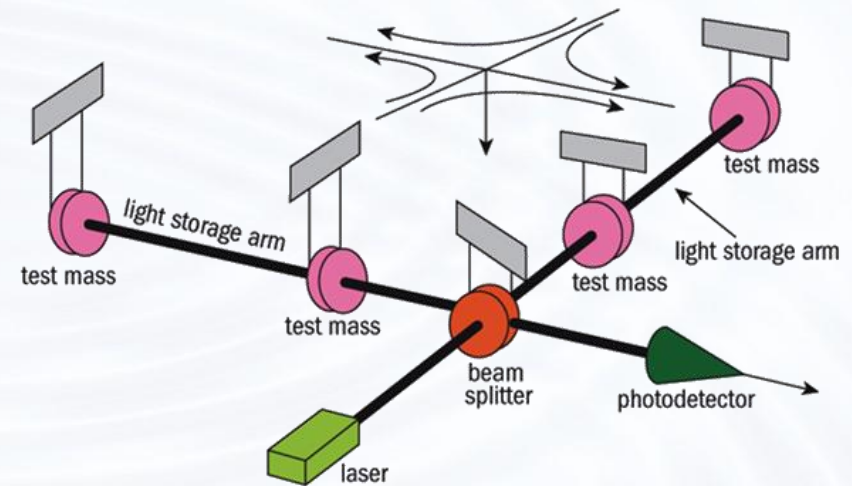


Gravitációs hullámok

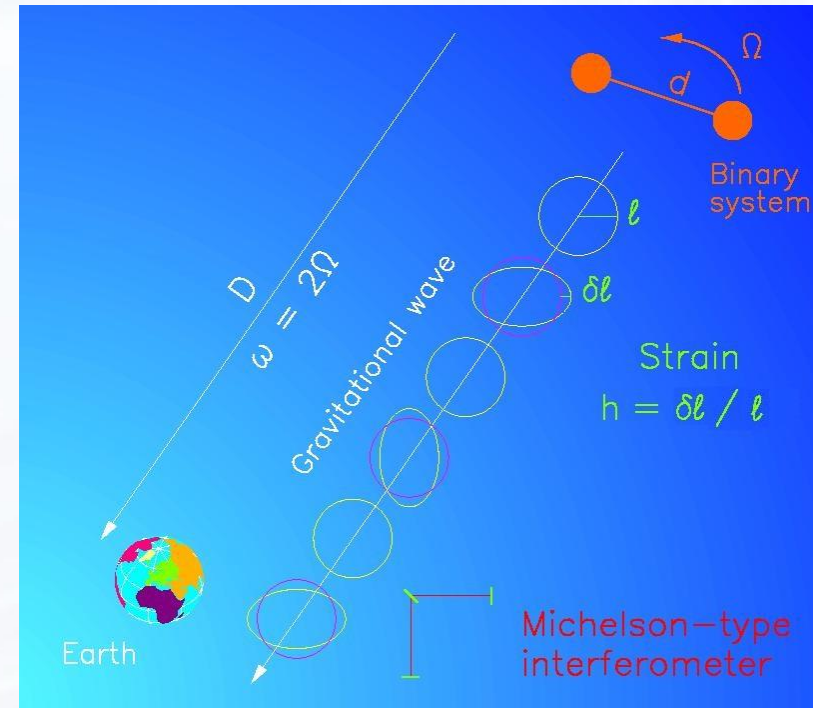


Gravitációs hullámok

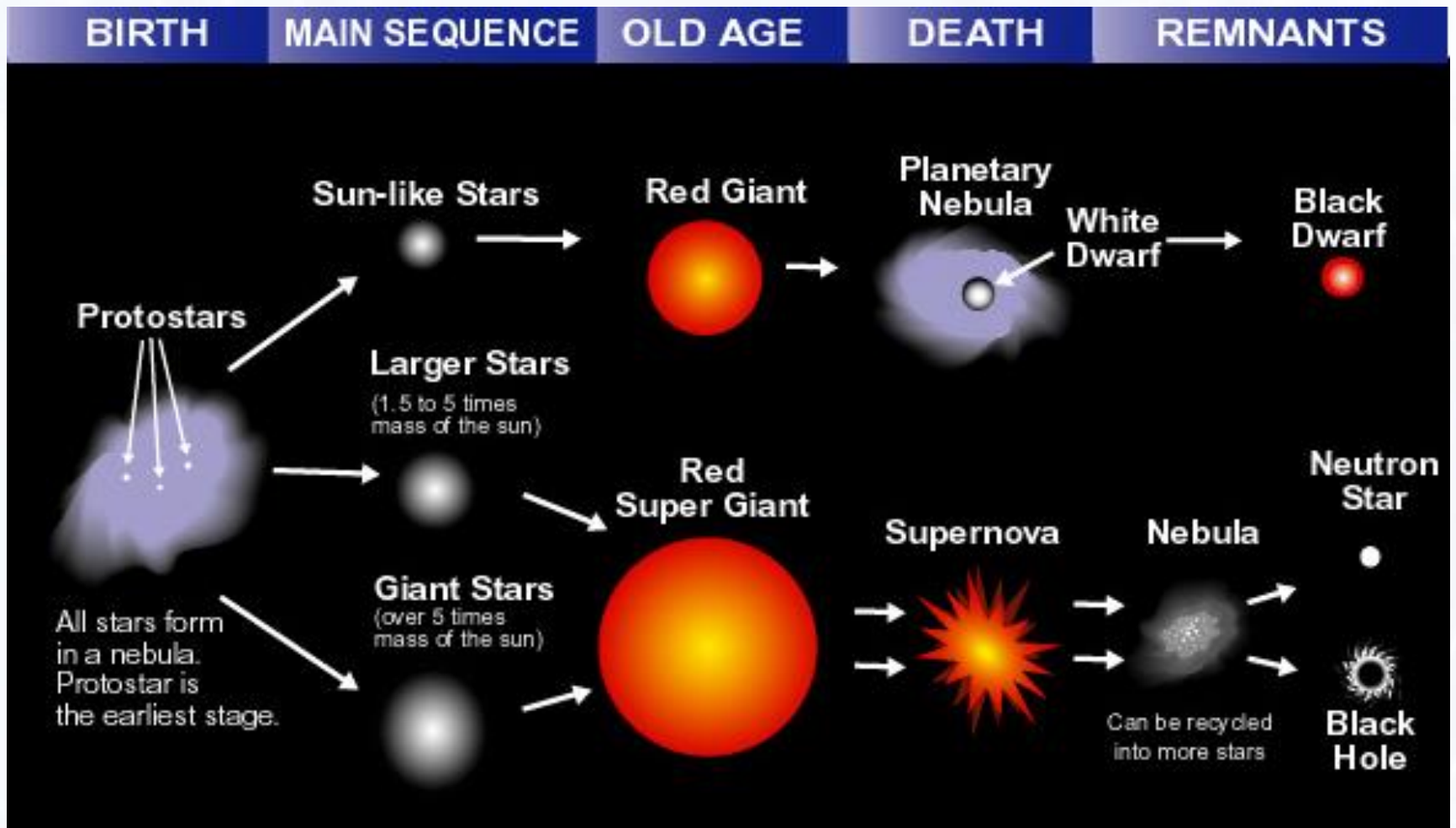
- Az árapályerők által okozott relatív hosszváltozások megfigyelése



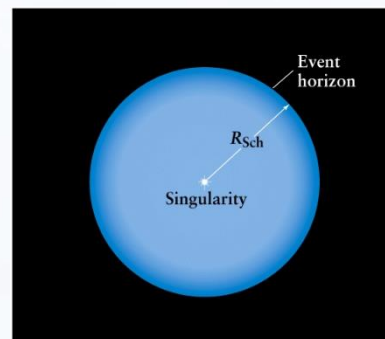
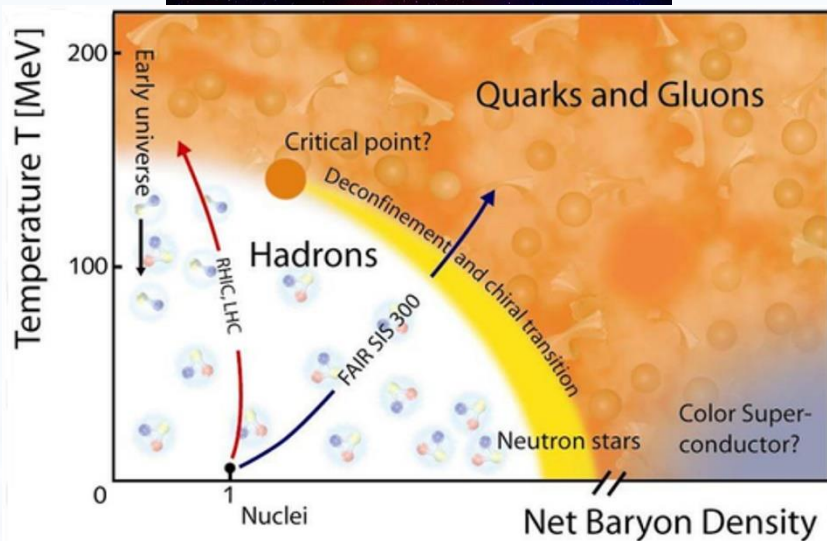
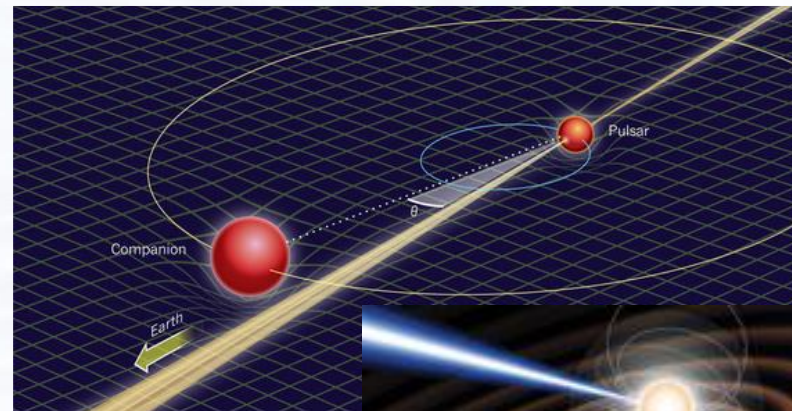
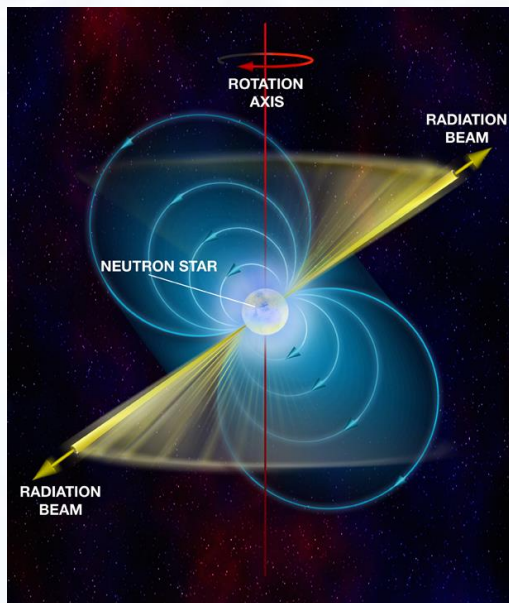
Joseph Weber



Nagy tömegű csillagok



Neutroncsillagok, fekete lyukak

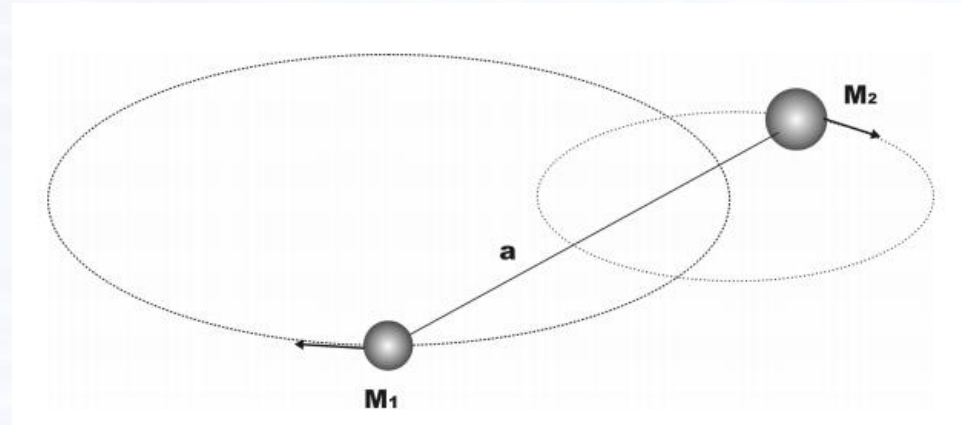


Hullámformák

$M = M_1 + M_2$ össztömeg

$\mu = M_1 * M_2 / M$ redukált tömeg

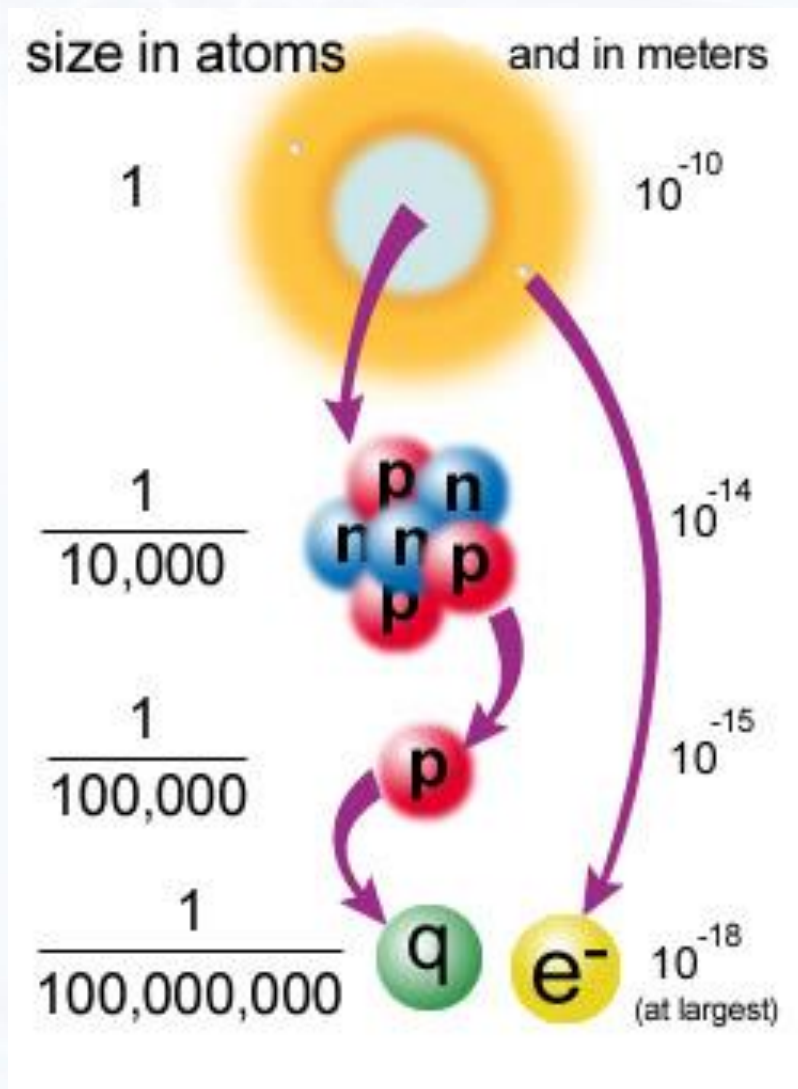
$a = a_1 + a_2$ a testek távolsága



$$h = 5 * 10^{-22} \left(\frac{M}{2.8 M_{\odot}} \right)^{2/3} \left(\frac{\mu}{0.7 M_{\odot}} \right) \left(\frac{f}{100 \text{ Hz}} \right)^{2/3} \left(\frac{15 \text{ Mpc}}{r} \right)$$



Atomi távolságok



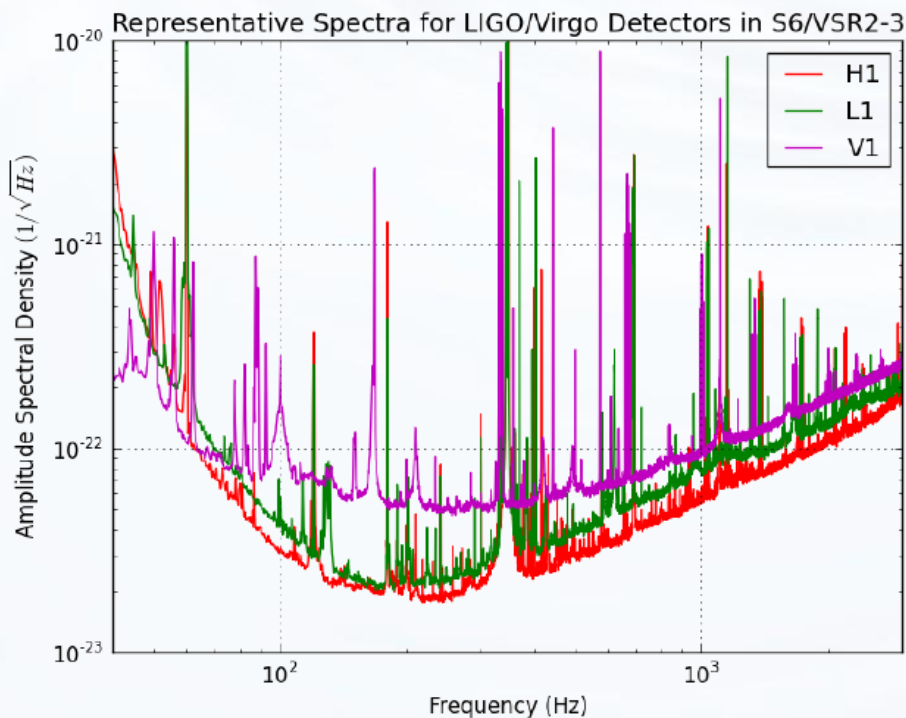
A detektor érzékenysége

Obszervatóriumok világszerte

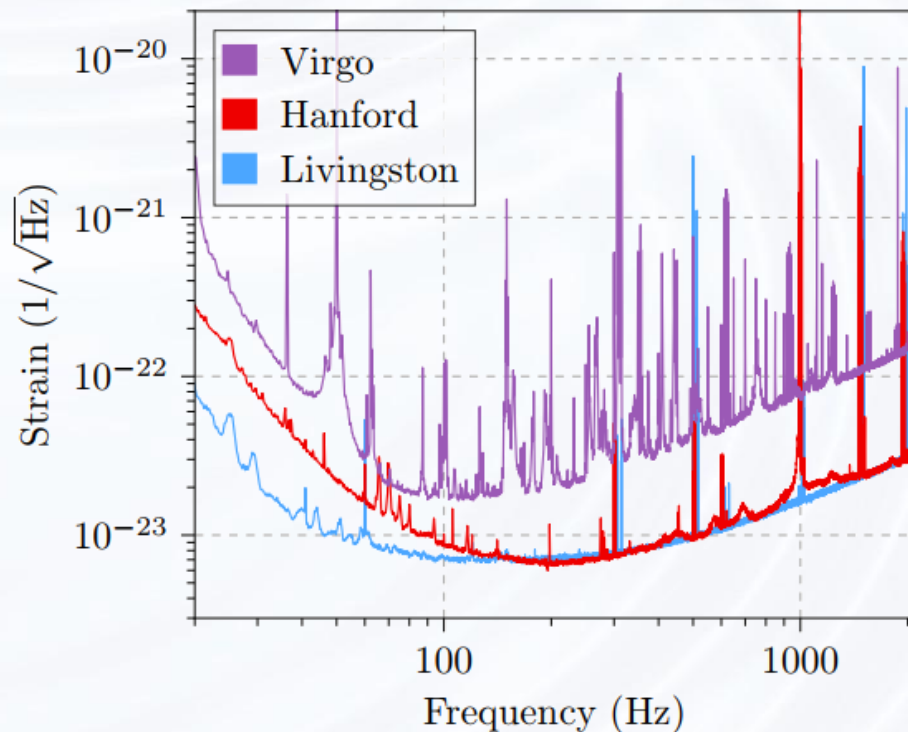


A detektorok érzékenysége

- Az **első** (2009 - 2010) és **második** (2017) generációs detektorok érzékenysége

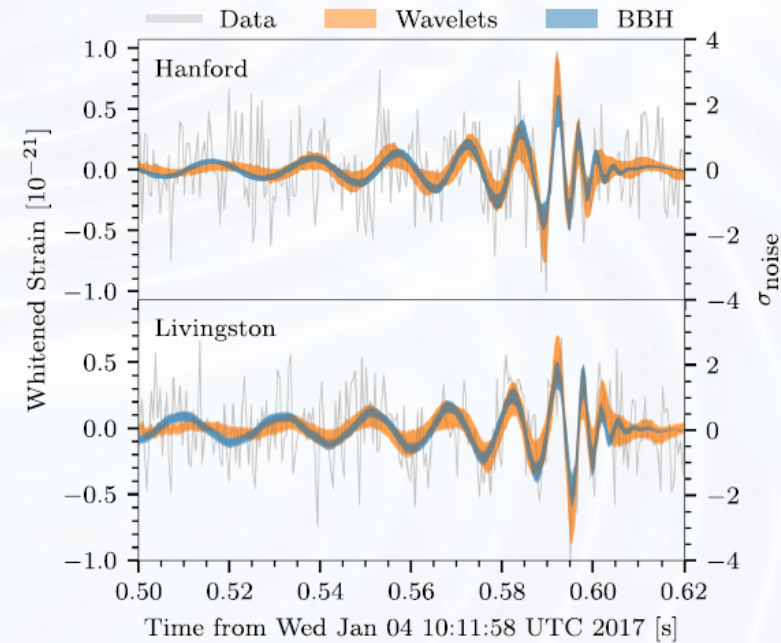
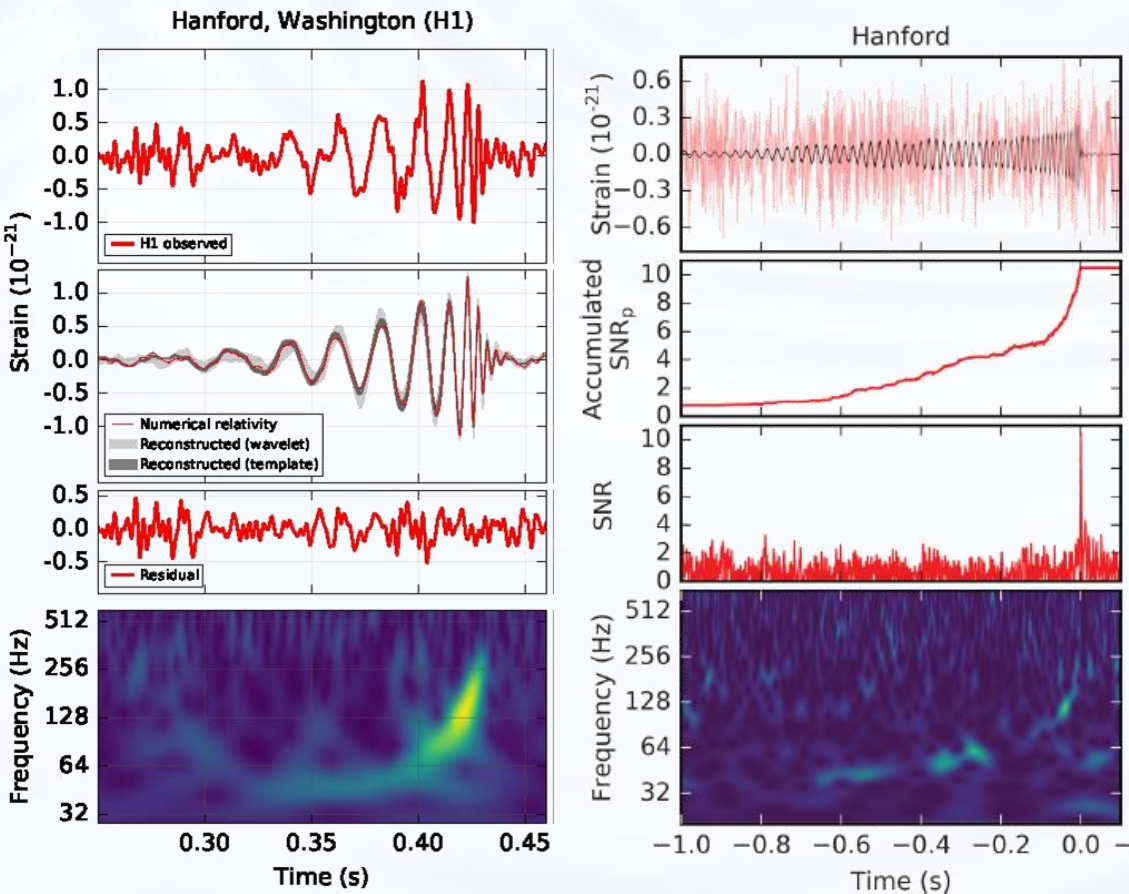


Scientific Run, S1 – S6



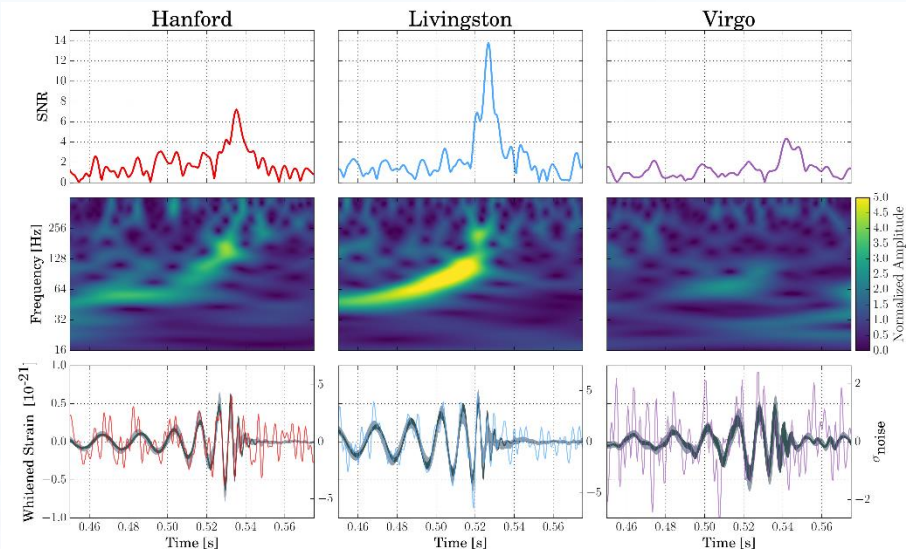
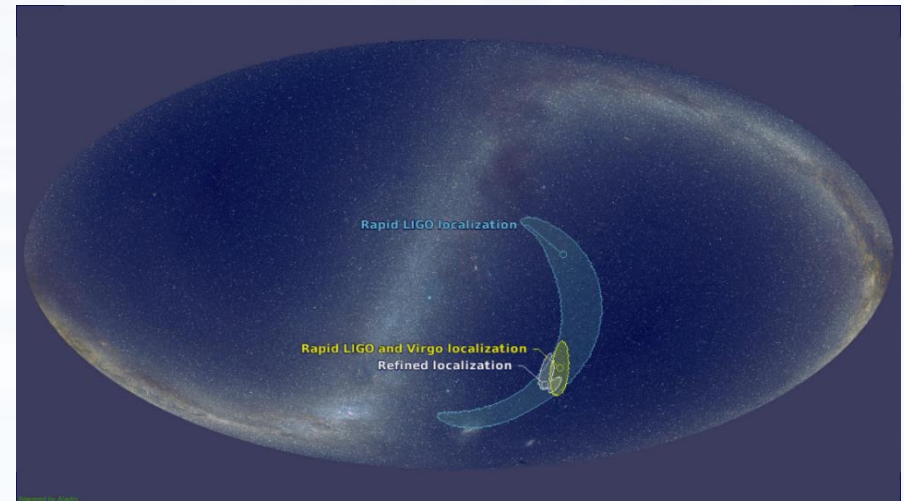
Observation Run, O1 – O2

Közvetlen megfigyelések – GW150914, GW151226, GW170104



Az első 3 detektoros megfigyelés – GW170814

- A Virgo detektor csatlakozása: 2017. aug. 1-25, hullámjel 2 héttel a LIGO O2 mérési időszakához való csatlakozás után



The Nobel Prize in Physics 2017

Nobelpriset i fysik 2017

Med ena hälften till
With one half to:

Rainer Weiss
LIGO/VIRGO Collaboration

och med den andra hälften gemensamt till
and with the other half jointly to:

Barry C. Barish
LIGO/VIRGO Collaboration

Kip S. Thorne
LIGO/VIRGO Collaboration

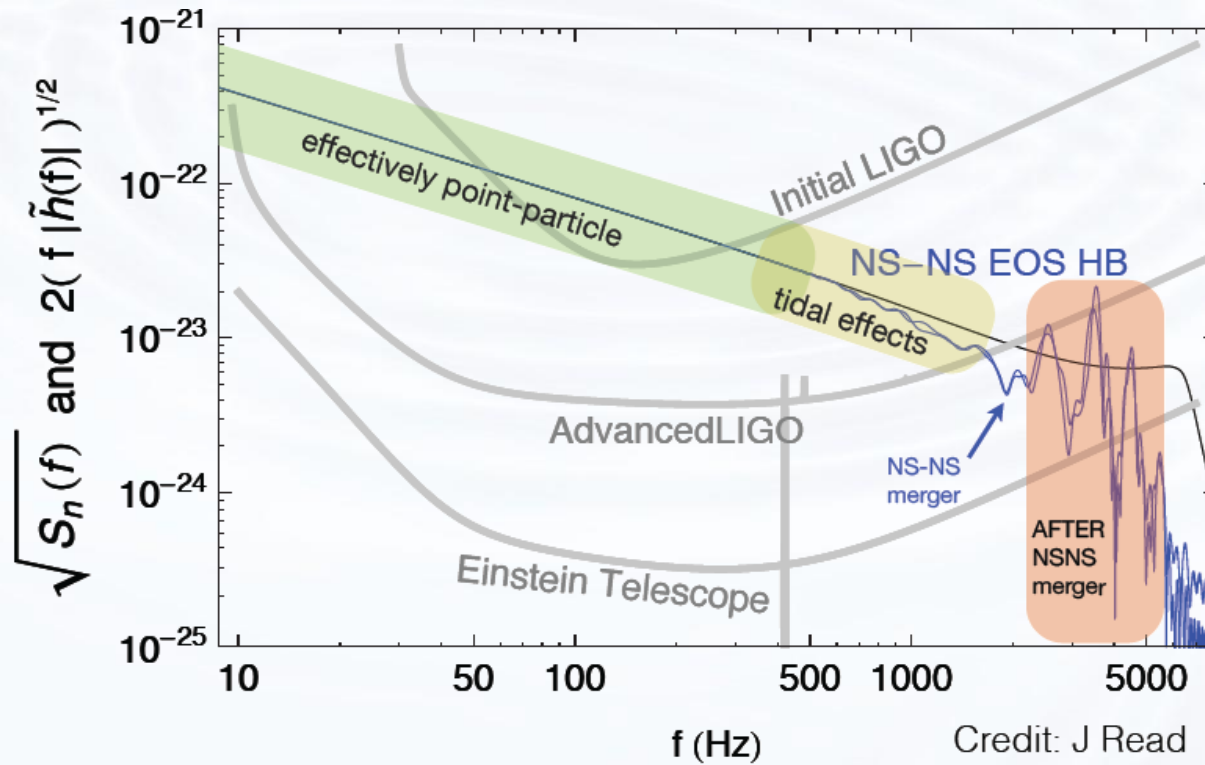
"för avgörande bidrag till LIGO-detektorn och observationen av gravitationsvågor"
"for decisive contributions to the LIGO detector and the observation of gravitational waves"

3 October 2017

Kungl. Vetenskapsakademien

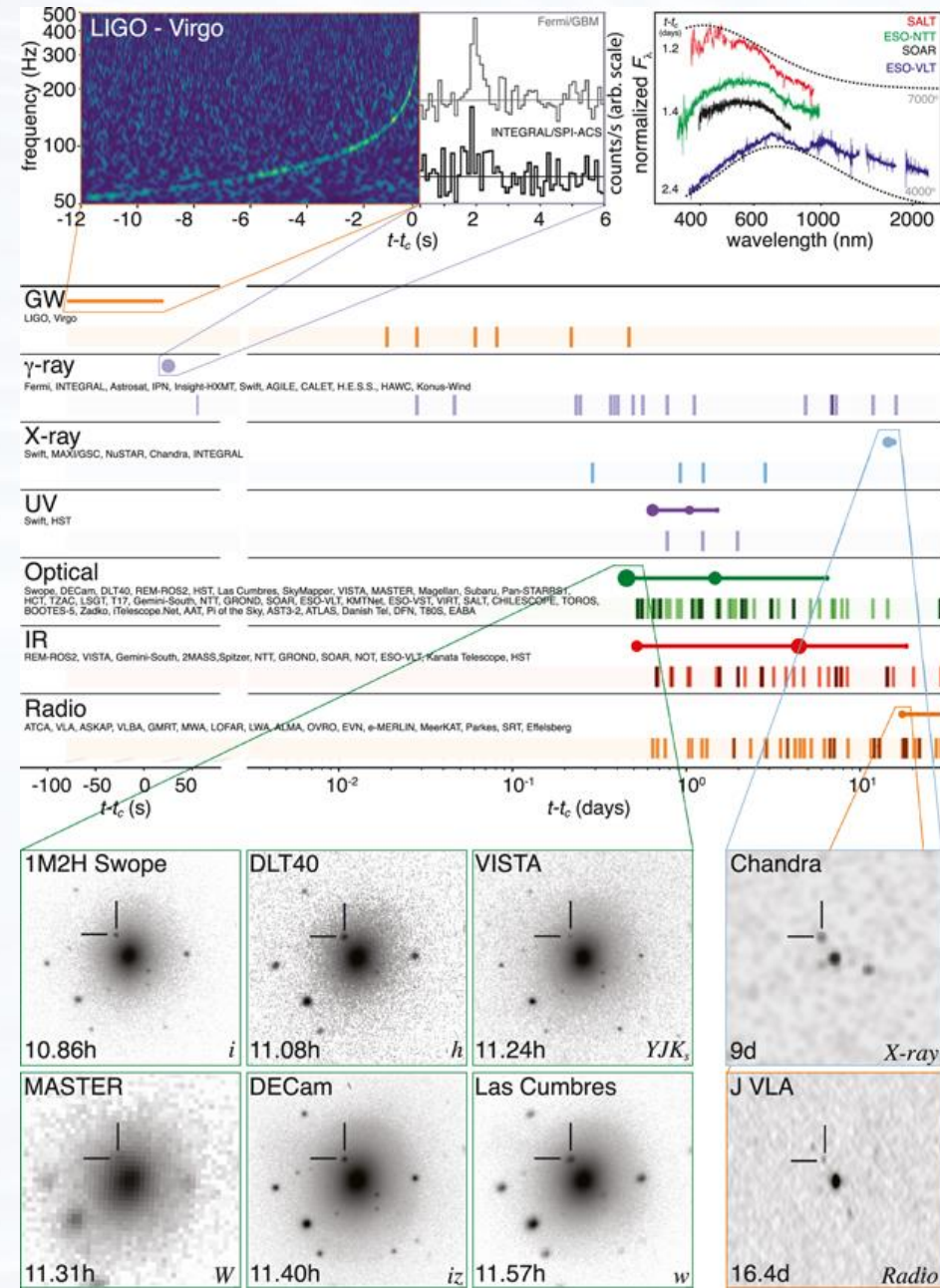
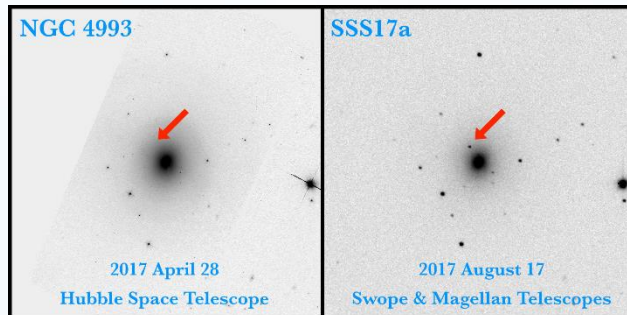
Kettős NS források, EM megfigyelések

Kyutoku et al. 2015



Az első kettős NS ütközés – GW170817

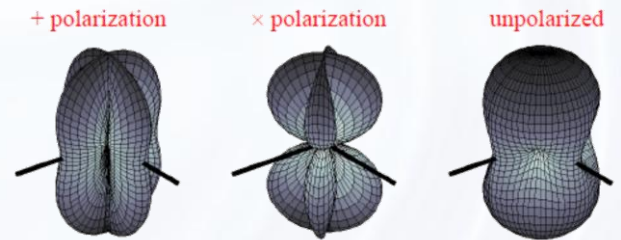
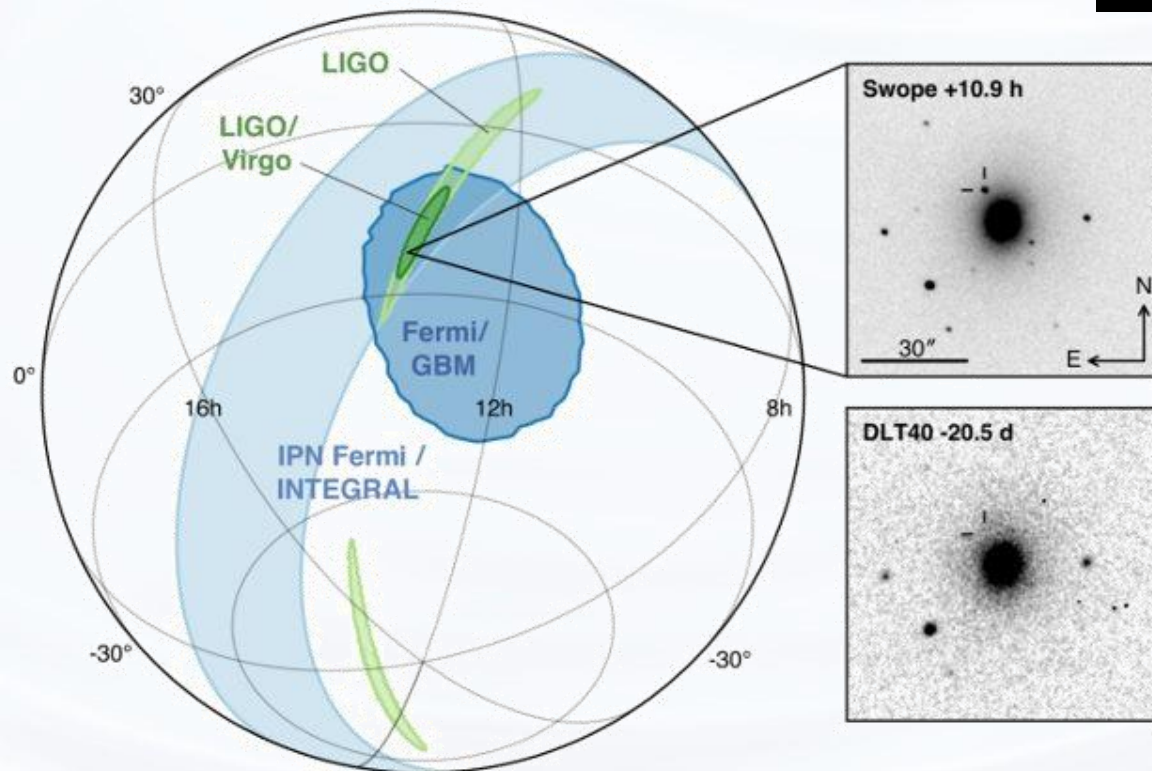
- GH és EM jel, ~70 földi és űrobszervatórium megfigyelései
- Legerősebb jel, összegzett $\text{SNR} = 32.4$, 18,8, 26,4 és 2,0 a hanfordi, livingstoni és Virgo adatokban



Az első kettős NS ütközés – GW170817

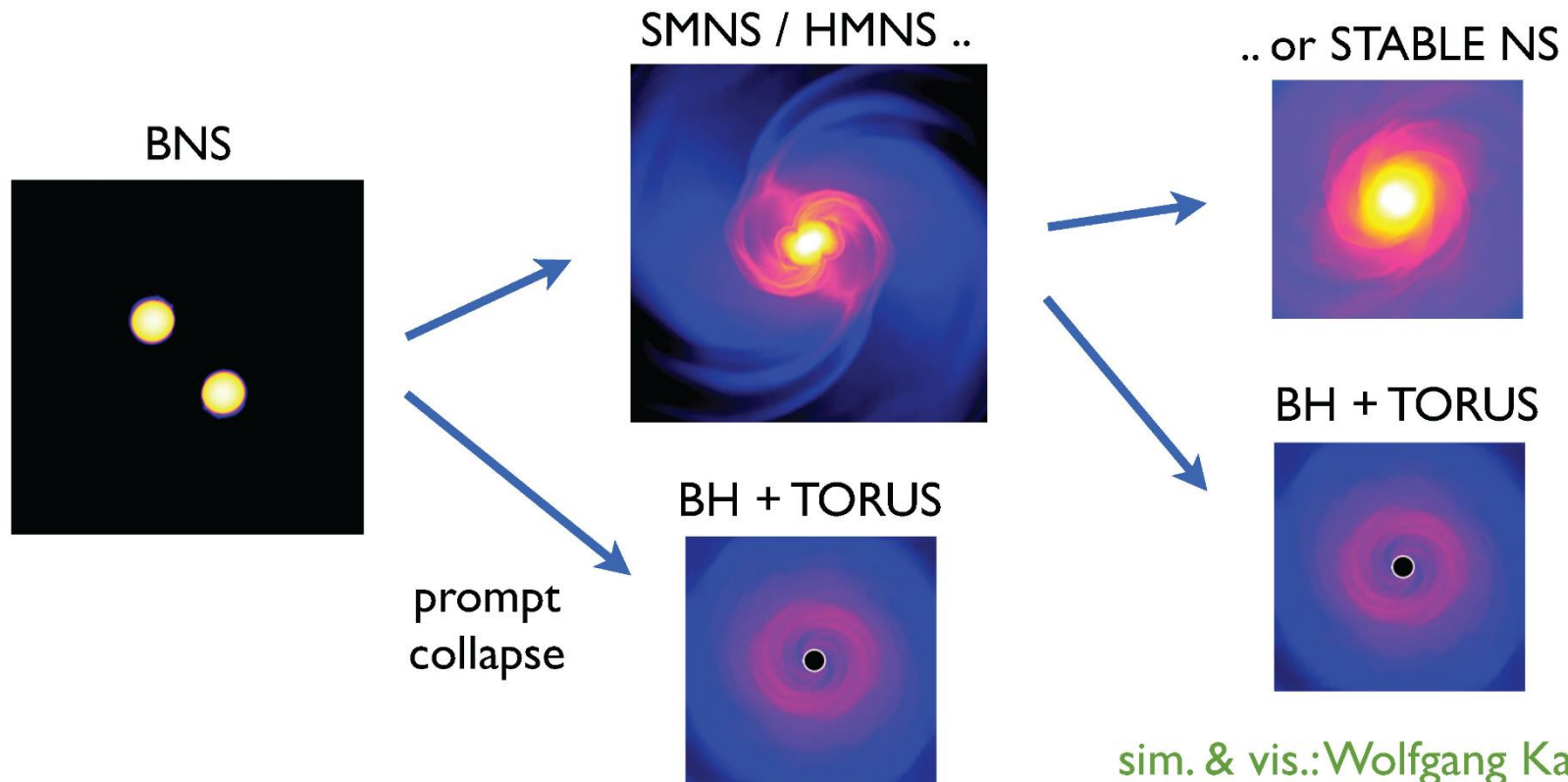
- Az égi helyzet meghatározása 3 detektorral
 $190 \text{ fok}^2 \rightarrow 28 \text{ fok}^2$, 380 Mpc^3 térfogat

Telihold: $0,2 \text{ fok}^2$



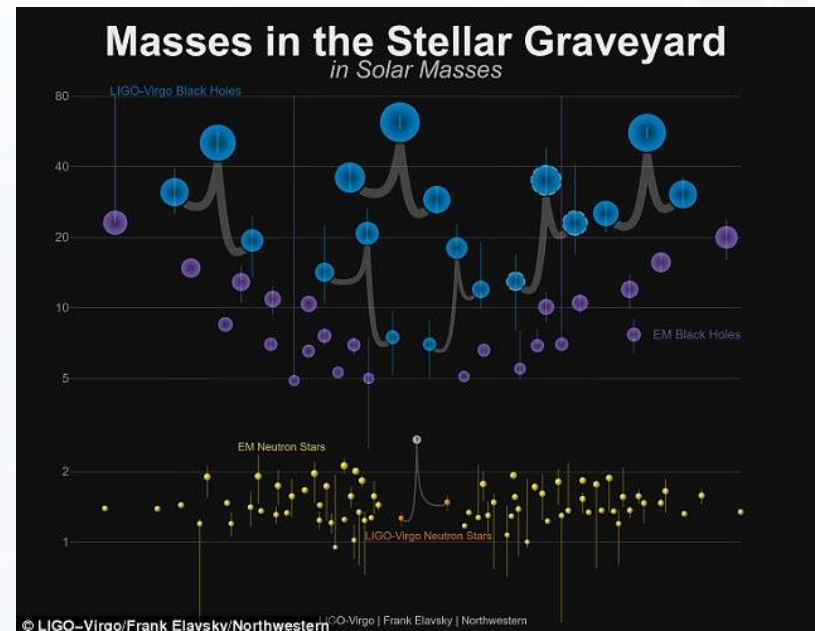
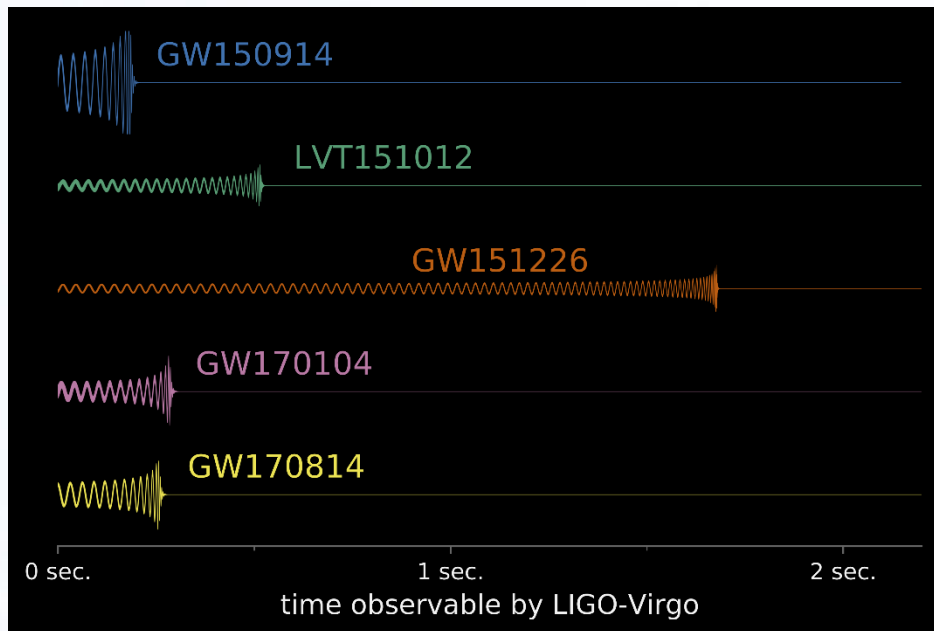
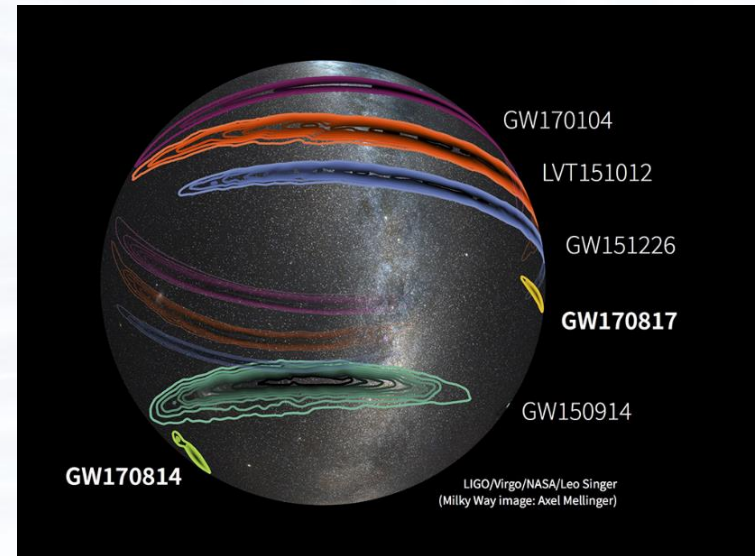
Az első kettős NS ütközés – GW170817

- Kettős NS ütközések eredménye röviden/hosszan sugárzó forrás, GH sugárzás
- Az összeolvadás után nem található GH-jel az adatokban, a detektorok érzékenysége csökken a frekvenciával



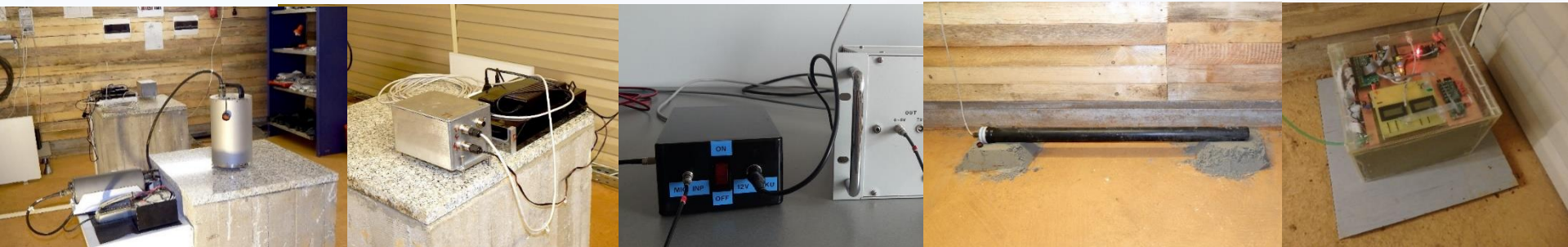
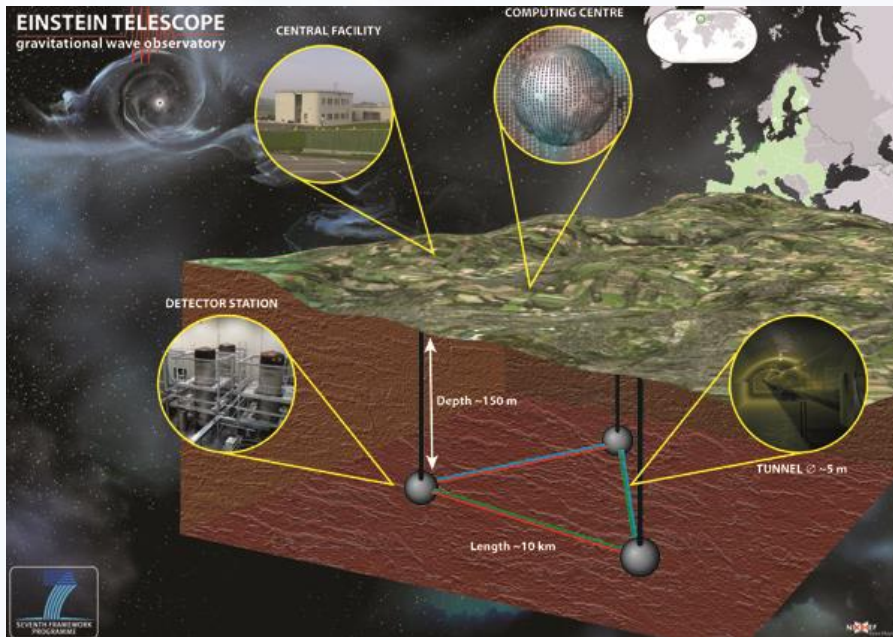
Közvetlen megfigyelések

- 6 BH és 1 NS-megfigyelés
- VIRGO: Égi pozíció pontos meghatározása
- NS: legközelebbi GH forrás, nehézelemek pl. arany, platina keletkezése, 100 mp-es jel, GH-k sebessége



További tervek

- Folytatódó megfigyelések és fejlesztések
- Nemzetközi együttműködés a 3. generációs detektorok kifejlesztésére, **ET**
- Hosszútávú megfigyelések: **Mátrai Gravitációs és Geofizikai Laboratórium**





Köszönöm a figyelmet!

gravity.wigner.mta.hu

einsteinteleszkop.hu

