



2021.06.03

# Élménypedagógia gravitációs hullámokkal

# BLACK HOLES

## Bajban a fizikatanítás

- A nyugati országokban is
- Megoldás: EU által támogatott programok, tanári továbbképzések
- Kidolgozott lecketervek
- Nobel díjas fizika diákközelben
- [FRONTIERS Project](#)
  - Elemi részecskék
  - Fekete lyukak
  - Asztrofizika, kozmológia
  - Exobolygók



Chirp Mass Working group X | For teachers - Nikhet

metable/

Back to Conference View Europe/Paris

### FRONTIERS e-Winter School

29 Jan 2021, 10:00 → 7 Feb 2021, 18:30 Europe/Paris

Remote (Zoom Meeting)

Description

# FRONTIER

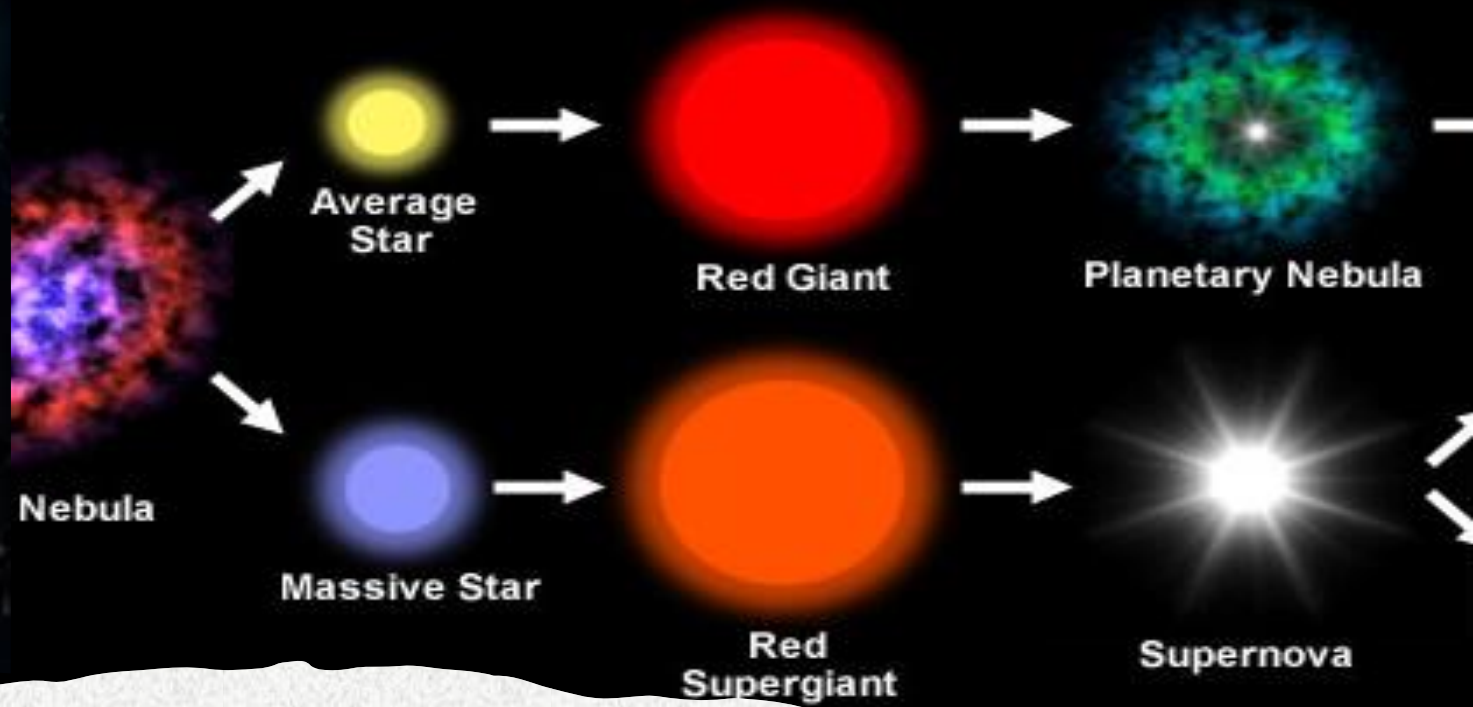
FRONTIERS Online Winter School 2021

The FRONTIERS e-Winter School is an online training course for science teachers motivated to introduce Nobel Prize Physics to their Classrooms. Its objectives are:

- The introduction of the participants to the FRONTIERS pedagogical design and its proposed activities for bringing Nobel Prize Physics to the classroom.



## Life Cycle of a Star



## Fekete lyukak

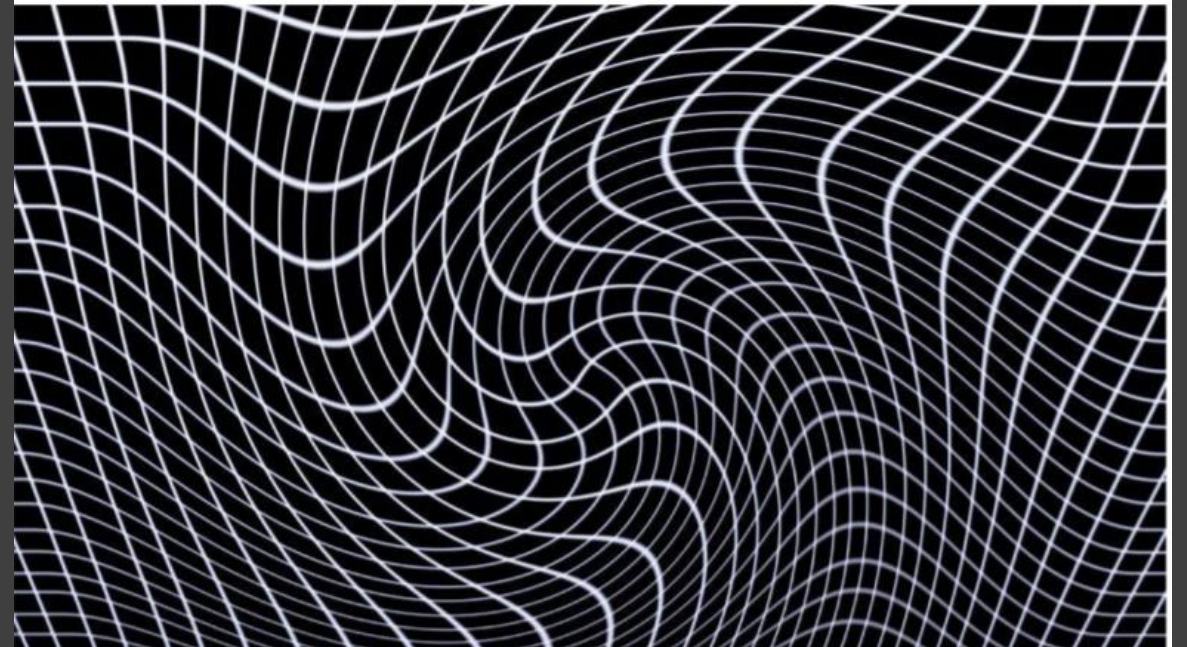
<https://www.youtube.com/watch?v=e-P5IFTqB98>

- Gravitáció( Newton)
- Csillagok élete
- Általános relativitás
- Téridő

• <https://gravitacioshullam.hu/gravitacios-hullamok/mi-a-terido>

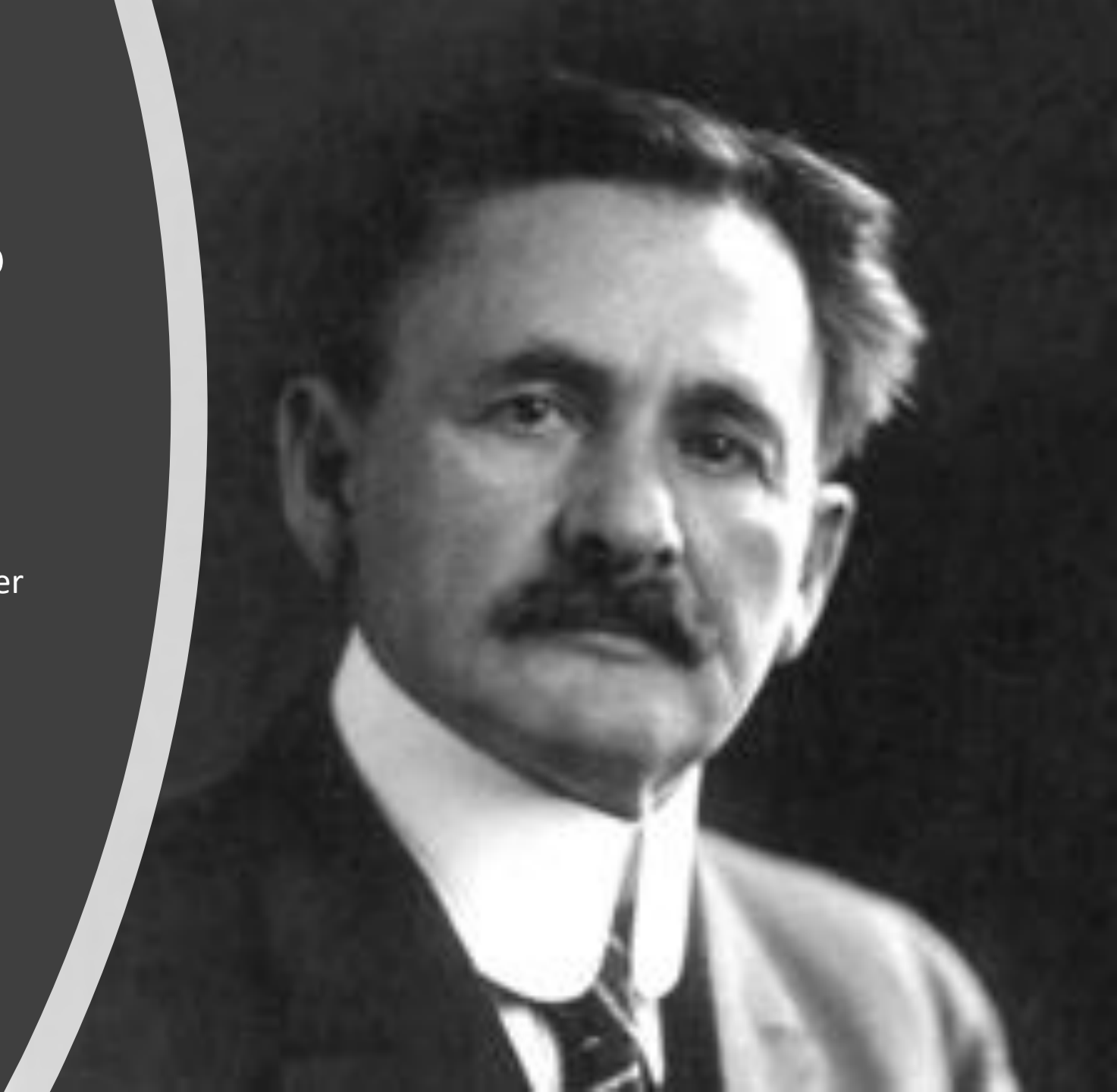
# Mi a gravitációs hullámok?

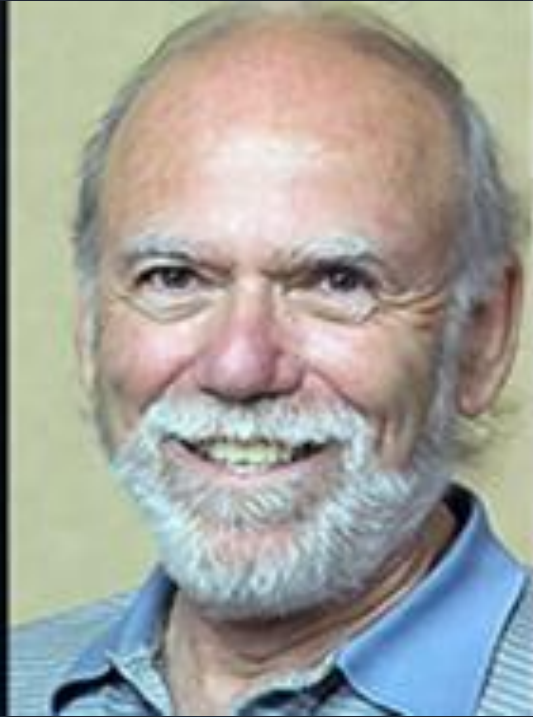
- Videó  
<https://www.youtube.com/watch?v=4GbWfNHtHRg>
- <https://www.youtube.com/watch?v=hEbGhsNsjG0>
- <https://gravitacioshullam.hu/#videos>



# Hogyan érzékeljük? Az interferométer

- Michelson Nobel díjat kapott 1907 az interferometer megalkotásáért
- 110 évvel később a Michelson interferométer tette lehetővé LIGO and Virgo a gravitációs hullámok felfedezését.





# Nobel díj 110 év múlva

- Rainer Weiss, Barry C. Barish és Kip S. Thorne



# LIGO

<https://gravitacioshullam.hu/gravitacioshullam-csillagaszat/milyen-gravitacioshullam-detektorok-mukodne-a-vilagban>

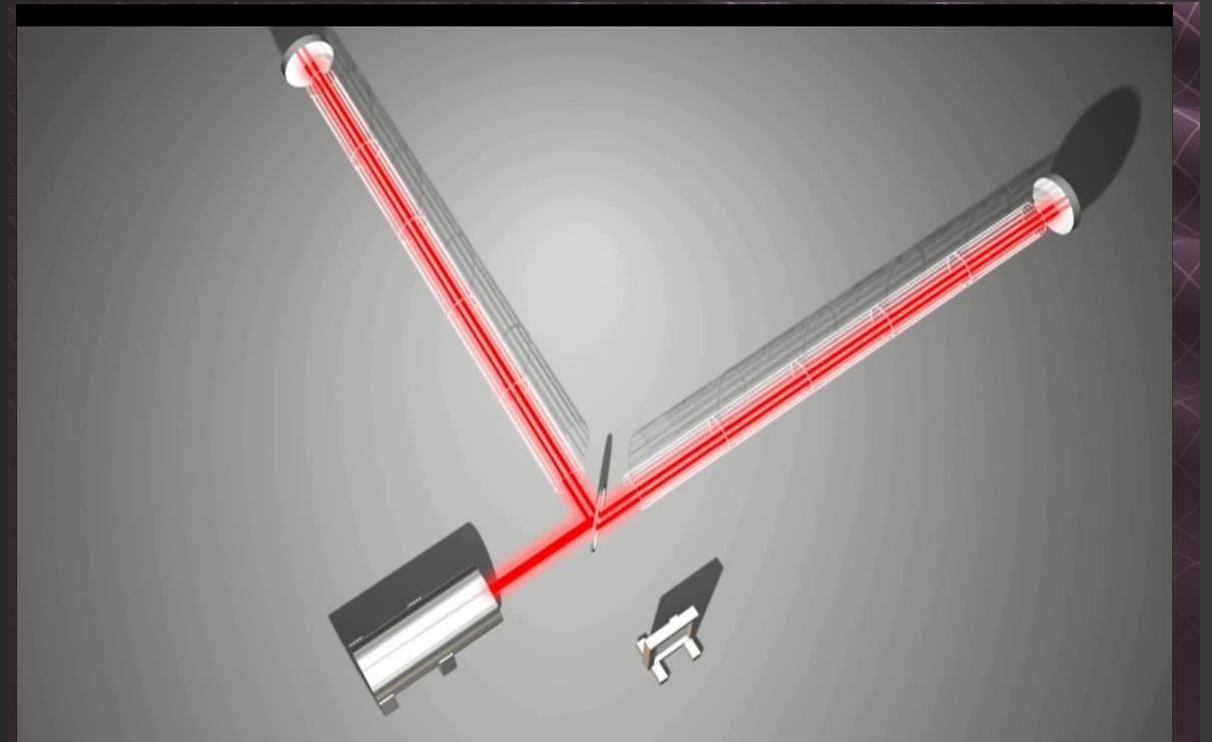


FRONTIER



# Hogyan működik?

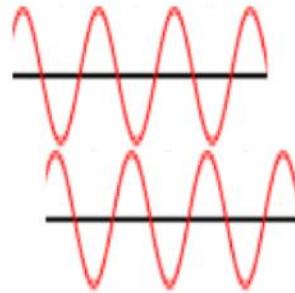
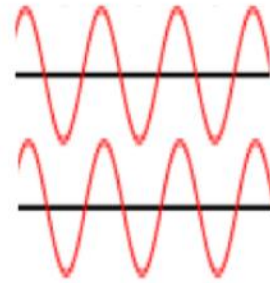
- Videó:
  - <https://www.ligo.caltech.edu/video/IF/O-response>



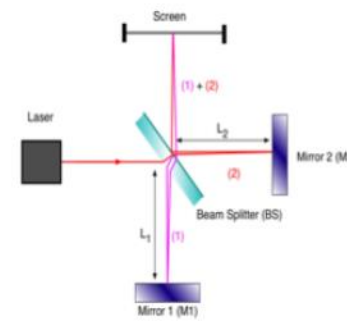


# Interferencia

<https://www.geogebra.org/m/mrFexEb9>

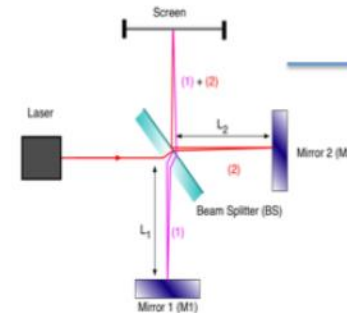


Bright spot

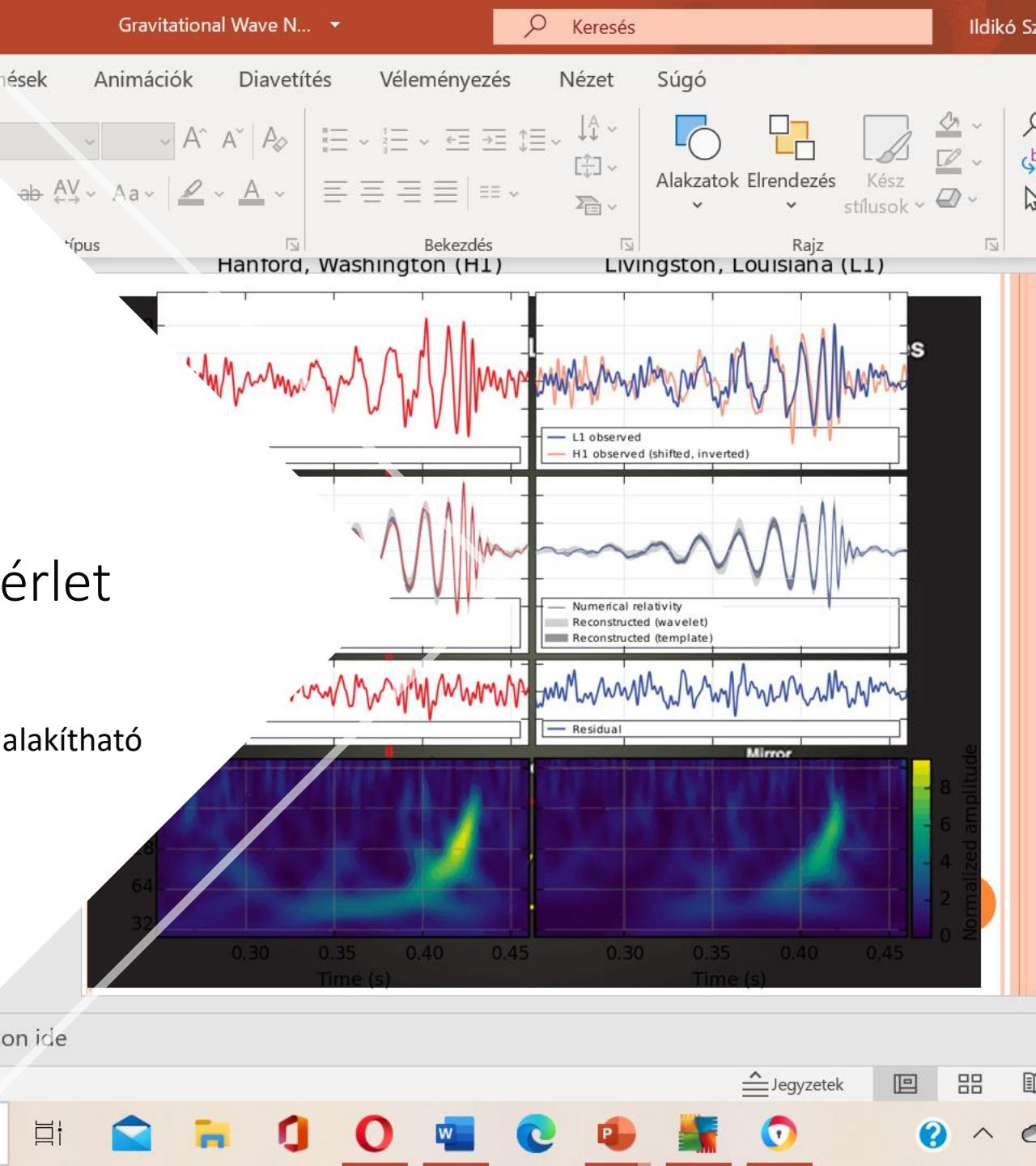


Analysis and Interpretation: Gather result from data

Dark spot



Single trip  
arm-length  
difference changes  
by = wavelength / 4



A kísérlet

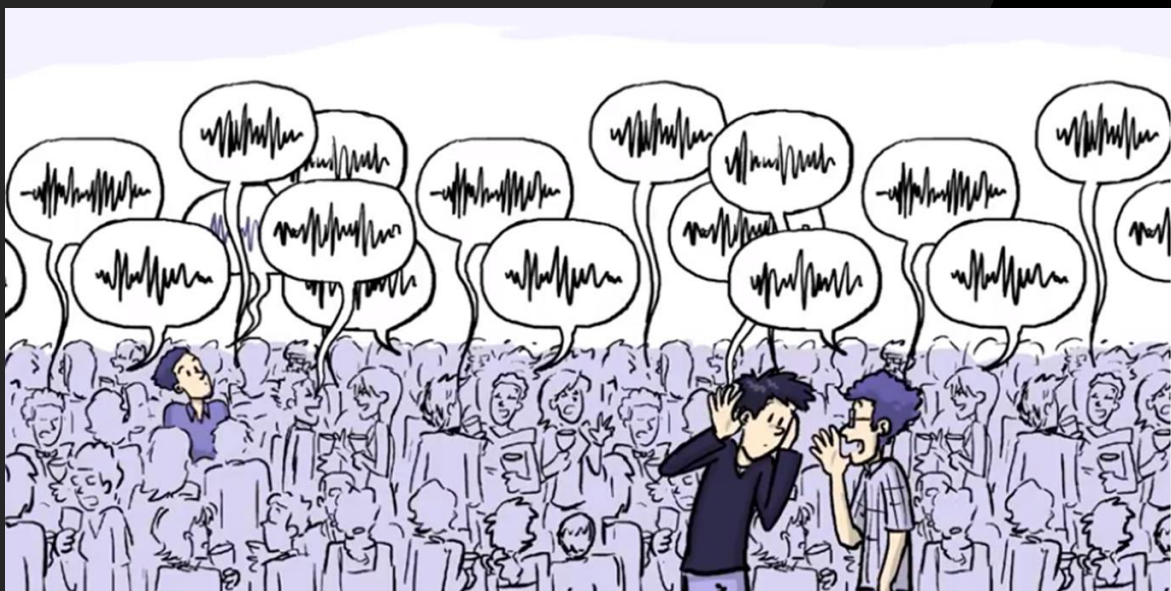
Hangokká alakítható

<https://www.youtube.com/watch?v=TWqgUANNFXw>

# Mi zavarja a jeleket?

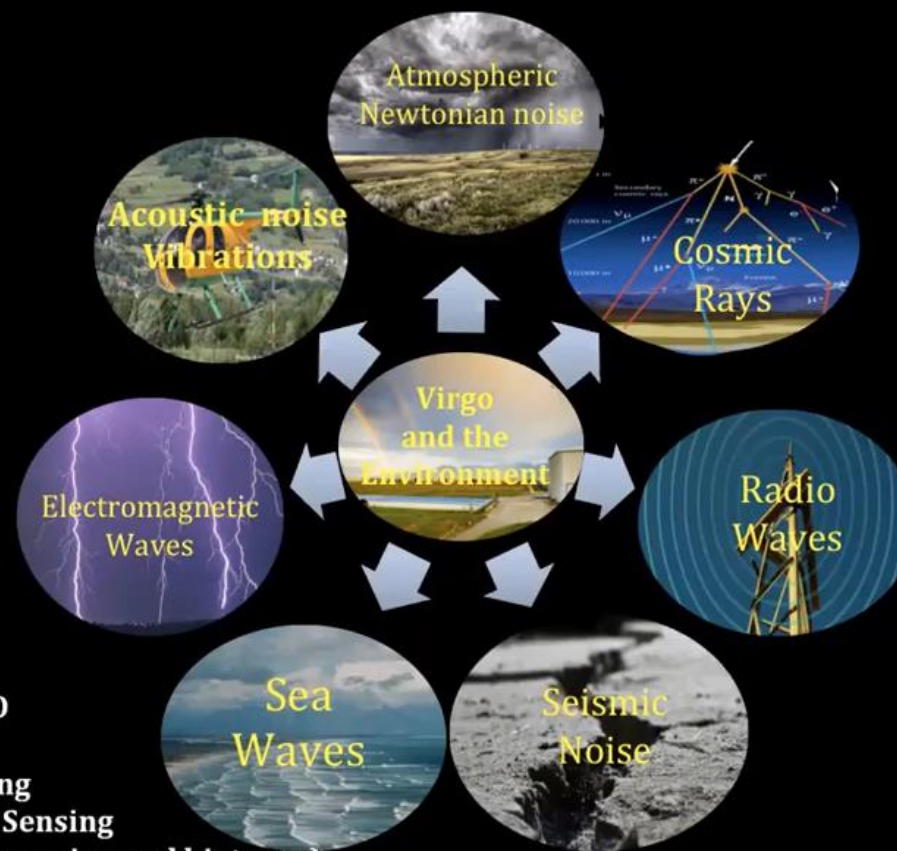
Játék:

<https://blackholehunter.org/game.html>



GW detectors deeply imbedded in Geosphere

APOGEIA  
EU-proposal  
Coordinator



priority of EGO  
J programs  
Seismic Sensing  
Atmospheric Sensing  
Ecology (cost erosion and biotones)

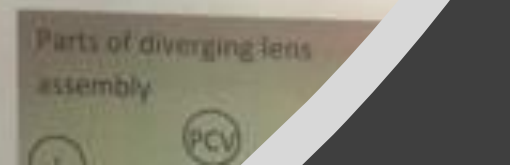
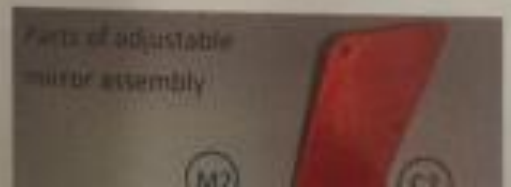


# Megvásárolható interferométer

[https://www.youtube.com/watch?v=7VLLxMd9LeA&t=17s&ab\\_channel=E  
GO%26theVirgoCollaboration](https://www.youtube.com/watch?v=7VLLxMd9LeA&t=17s&ab_channel=EGO%26theVirgoCollaboration)

Megvásárolható:

[https://www.nikhef.nl/wp-  
content/uploads/2019/12/Flyer\\_Nikh  
ef\\_construction\\_kit\\_Michelson\\_Inter  
ferometer-Nov-2019.pdf](https://www.nikhef.nl/wp-content/uploads/2019/12/Flyer_Nikhef_construction_kit_Michelson_Interferometer-Nov-2019.pdf)



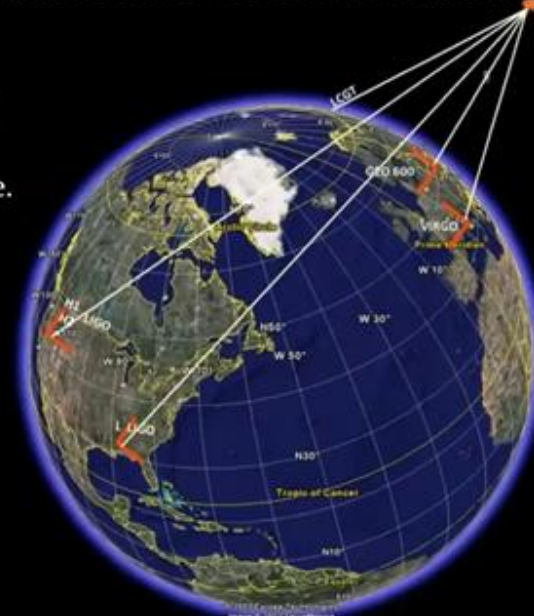
# A jelen

- 5 detektor
- Több mint 50 észlelés
- Új katalógusban újabb 39 észlelés
- Miért jó?
- [https://www.youtube.com/watch?v=oF\\_C-HfUamE&t=2s](https://www.youtube.com/watch?v=oF_C-HfUamE&t=2s)

## Gravitational waves detector network

Like a single microphone, only one detector, can't tell much about from where a gravitational wave has come. Therefore, having more detectors helps in:

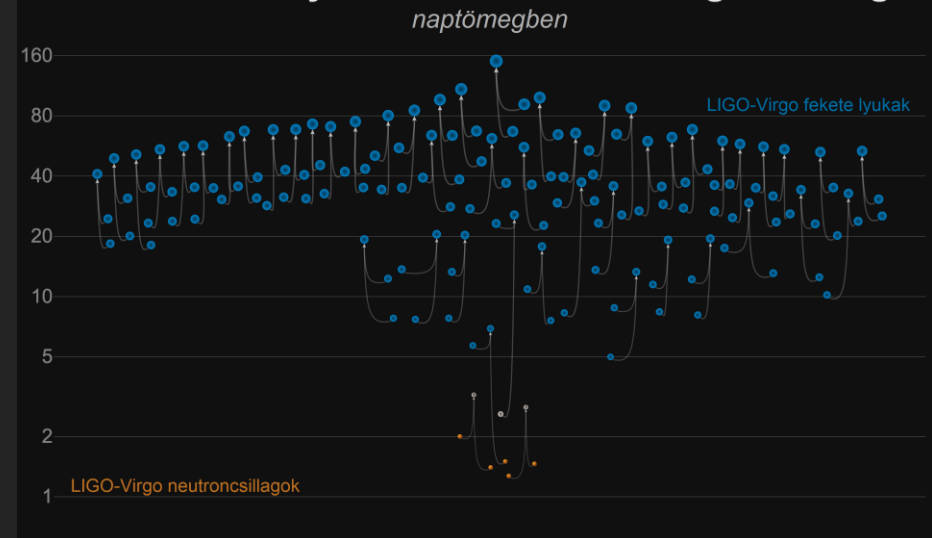
- Identifying the direction to the signal
- Rejecting false signals exploiting coincidence



# A magyarok

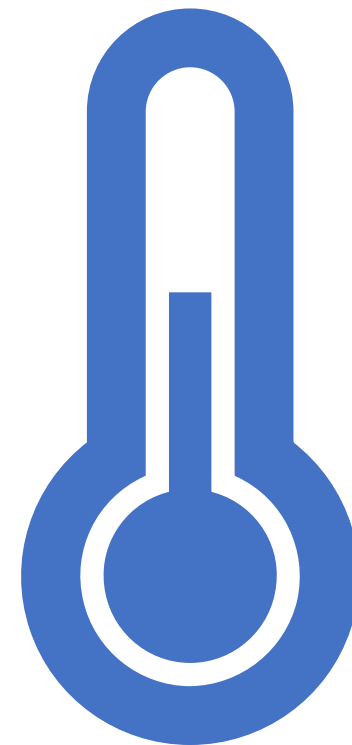
- [Eötvös Gravity Research Group](#) magyar LIGO tagcsoport
- A LIGO Scientific Collaboration nemzetközi kutatói együttműködésnek **több mint 1300 tagja** van, akik közös munkával az univerzum legnagyobb energiájú eseményeiben keletkező gravitációs hullámokat keresik. Ismerkedj meg a gravitációs hullámokkal és az LSC-vel!

GWTC-2 fekete lyukak és neutroncsillagok tömegei



# Feladatok

- Válaszolj a következő kérdésekre
- Hogyan működik Michelson interferométer?
- Mi a különbség a részecske és a hullám között?
- Miért lézert használtunk és miért nem egy elemvilágot használtunk a kísérletben?
- Lehetséges a rádióhullámok interferenciája? Miért?
- Miért használjuk az interferometriát a távolságmérésben?
- Van más lehetőség is a precíziós távolságmérésre?
- Hogyan tudnánk megakadályozni a LIGO interferométer környezeti hatásokból eredő rezgését?



# Hasznos linkek:

- Fekete lyukak összeolvadása:  
<https://www.ligo.caltech.edu/video/ligo20160211v3>
- <https://www.youtube.com/watch?v=1agm33iEAuo>
- <https://www.ligo.caltech.edu/video/ligo20200902v2>
- Hangjuk:
  - <https://cloud.graasp.eu/en/pages/5bd9b6190d7f5d27ca8c339f/subpages/5bd9b61b0d7f5d27ca8c33aa>
  - <https://www.ligo.caltech.edu/video/ligo20160211v2>
- Angol leírás:  
[https://www.ligo.caltech.edu/system/media\\_files/binaries/301/original/detection-science-summary.pdf?1455157973](https://www.ligo.caltech.edu/system/media_files/binaries/301/original/detection-science-summary.pdf?1455157973)
- Angol interjú:  
<https://www.youtube.com/watch?v=ajZojAwfEbs>
- Gravitációs hullámok magyarázata, angolul:  
<https://www.youtube.com/watch?v=4GbWfNHtHRg>
- Raffai Péter  
<https://gravitacioshullam.hu/#videos>
- Frei Zsolt  
<https://www.youtube.com/watch?v=uLl6RZleP1w>
- <http://ligo.elte.hu/science/GW-IFO.php>



# Köszönöm a figyelmet!

- Kovács Ildikó  
szaktanácsadó
  
- Tatai Református Gimnázium.
  - E-mail: [szabildiko@gmail.com](mailto:szabildiko@gmail.com)

