Universität Zürich[UZH]

Physics Institute

Astrofísica com ondas gravitacionais: trilha sonora para filmes mudos

CERN Brazilian Teachers Program 2026

Marcelle Soares-Santos

23 de Abril, 2026

Introdução

Professor Marcelle Soares-Santos

Eu lidero um grupo de pesquisa experimental no departamento de Física da Universidade de Zurich (UZH). Sou astrofísica e minha linha de pesquisa específica é a cosmologia.

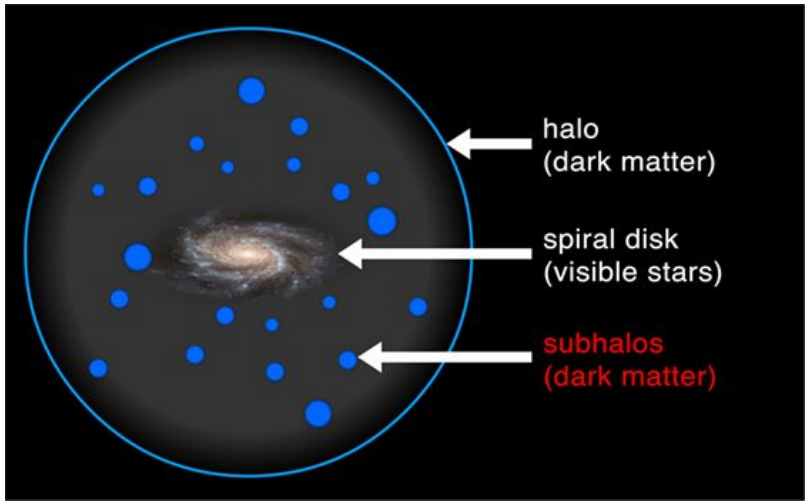
Nesta palestra, vou apresentar uma visão geral do meu program de pesquisa, onde combino ondas gravitacionais e imagens de telescópios tradicionais com o objetivo de entender evolução do universo nos últimos 5 bilhões de anos.

Alguns fatos sobre mim:

- Sou capixaba (nascida em Vitória, ES)
- Fiz a graduação na UFES, depois mestrado e doutorado na USP (no IAG)
- Me estabeleci profissionalmente nos EUA (Chicago, Boston, Michigan)
- Mudei para Zurique em 2024.

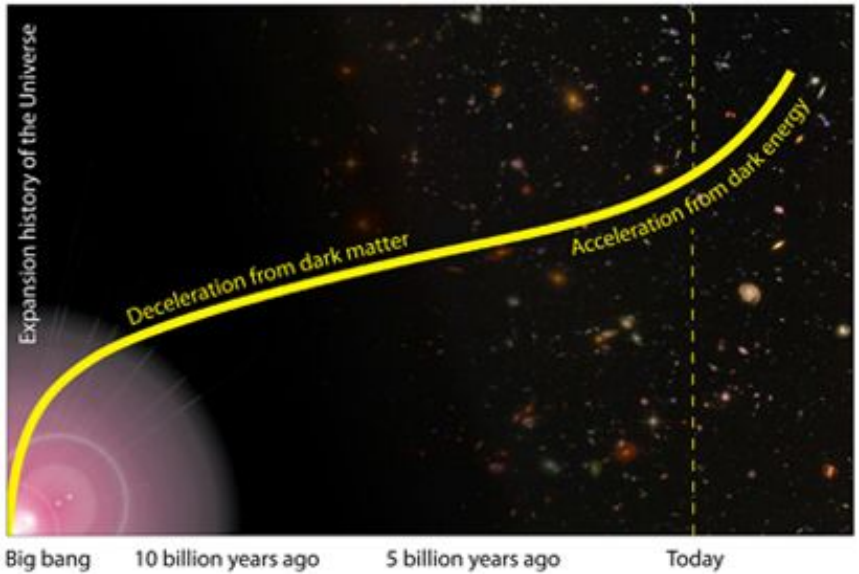
O universo é mais rico do que parece

A matéria observável no universo corresponde a uma pequena fração do seu conteúdo total



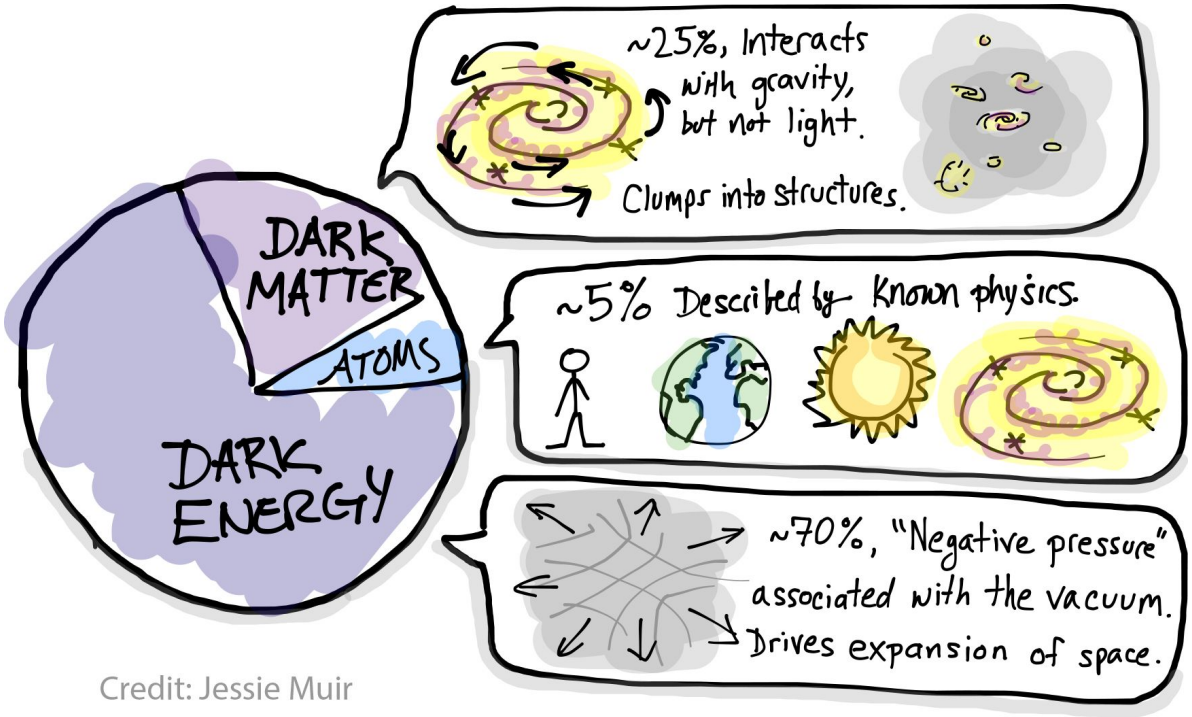
O universo está em expansão

E a expansão está acelerando!



Matéria escura, energia escura…

Qual é a diferença?



Credit: Jessie Muir

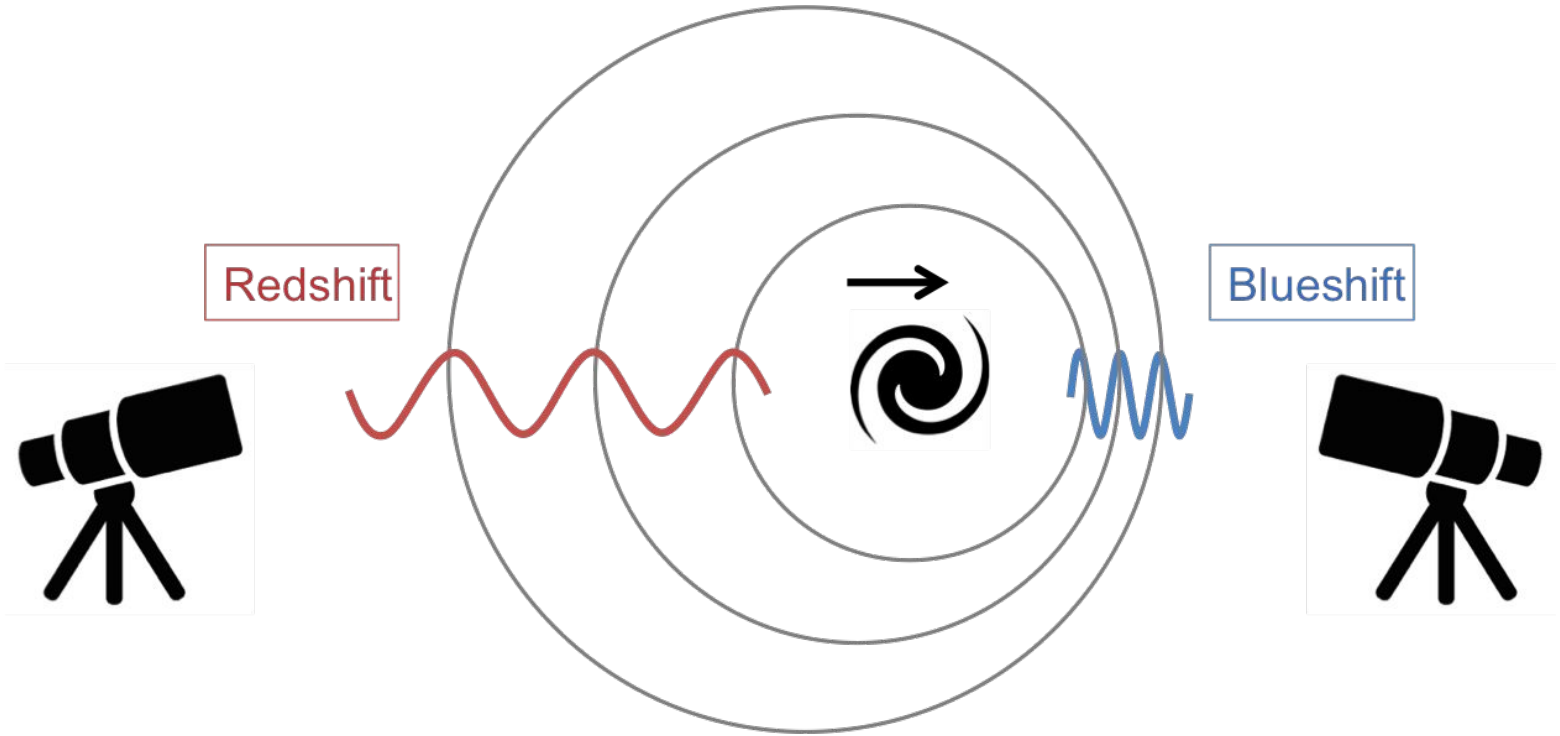
Como estudar a energia escura?

A receita tradicional

- Take a sample of “standard candled” and use their brightnesses to determine their distances.
- Measure their recession velocity (redshift).
- Use the resulting distance-redshift relation (the Hubble diagram) to infer the expansion history of the universe.
- Check for consistency with observables at different points in the history of the universe.

Não basta ter distâncias…

Para cosmologia precisamos também saber qual é a velocidade de recessão



A teoria da relatividade geral de Einstein

“Space tells matter how to move. Matter tells space how to curve.”

A constante cosmológica

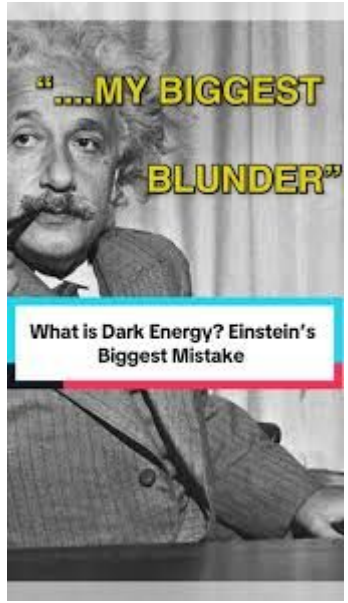
Einstein (provavelmente) estava certo, até quando esteve errado

A expansão do universo é uma consequencia da teoria da relatividade geral de Einstein, mas as observações na época favoreciam o paradigma de um universo estático.

A constante cosmológica foi introduzida por Einstein para que sua teoria se adequasse a esse paradigma.

Alguns anos mais tarde, quando a expansao foi observada, ele rejeitou a ideia.

Décadas depois, a descoberta da energia escura indica que talvez a constante cosmológica exista, mas com efeito contrário, fazendo o universo acelerar-se.



Momentos de tensão

Possivelmente um indício de uma nova descoberta imminente

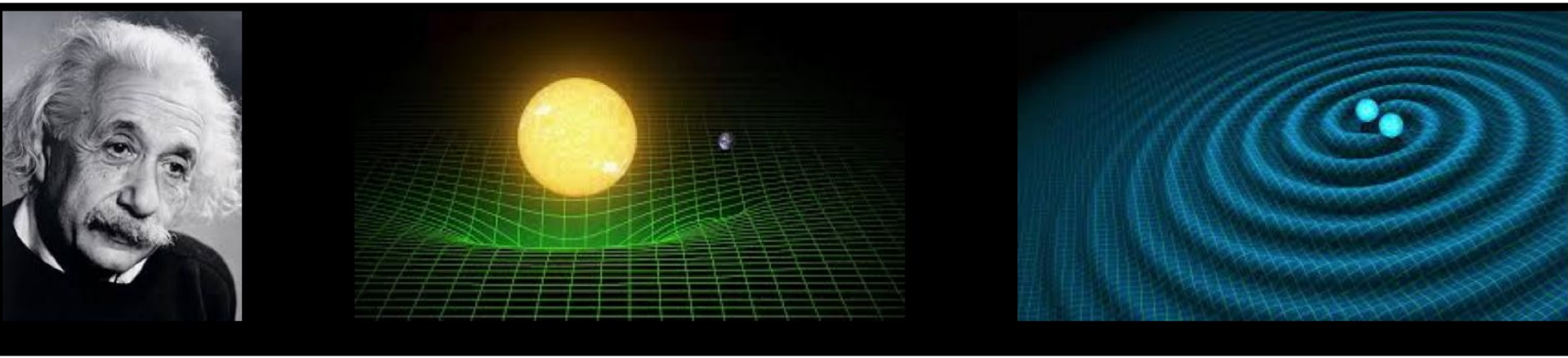
Resultados obtidos com observáveis diferentes apresentam discrepâncias entre si.

O universo parece estar expandindo mais rápido do que se espera no modelo mais simples com a constante cosmológica.

Isso indica que há outros fenômenos fîsicos que ainda não consideramos.

Ondas gravitacionais

Analogia com ondas sonoras



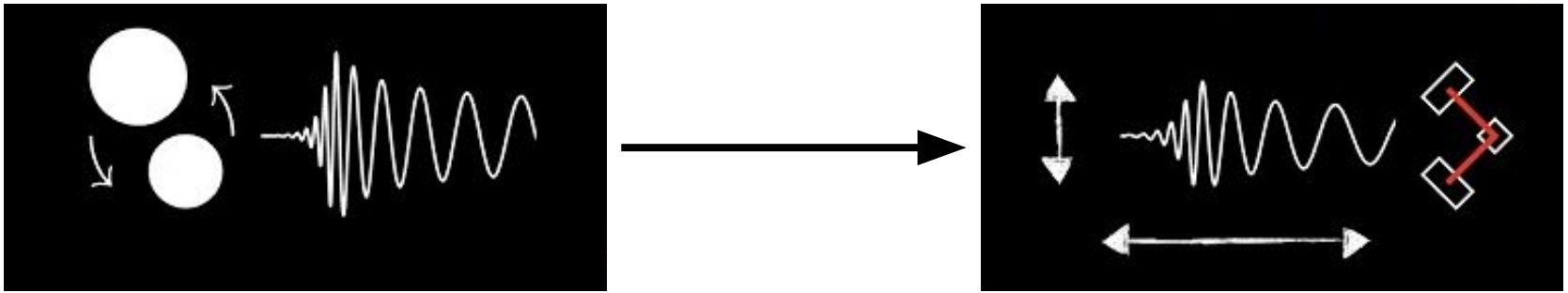
Antennas para ondas gravitacionais

Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory (LIGO) and Virgo

Ondas gravitacionais como sirenes padrão

Analogia com velas padrão

Podemos usar dados de ondas gravitacionais para medir a expansão do universo e comparar com medidas tradicionais.



Atenção: Precisamos localizar a fonte para obter o redshfit.

Dark Energy Survey (DES)

The DES camera (DECam) was the most powerful CCD camera of its era — until 2025.

Astrofísica com gravitational waves

Colocando trilha sonora no filme mudo do universo

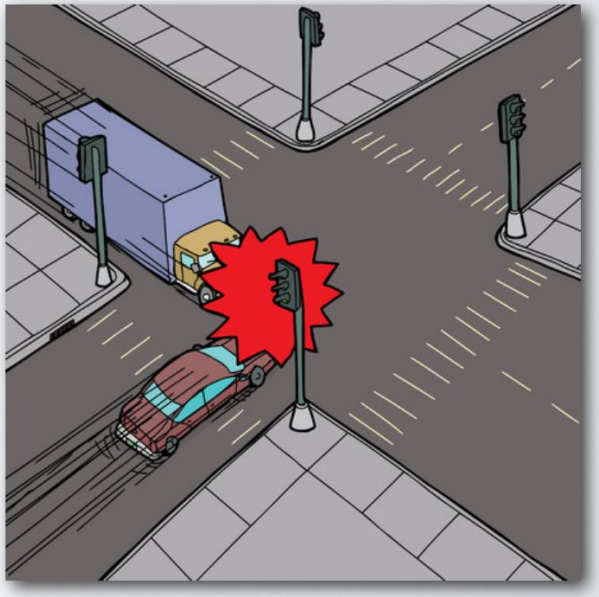
Cosmologia Multi-mensageira

Usando imagem e “som”, para estudar o univreso

Gravitational Waves + Electromagnetic Waves
(“sound” + “light”)

Produced from the same event
Provide complementary info

Traditional astronomy: EM only!
Multimessenger astronomy: GW+EM

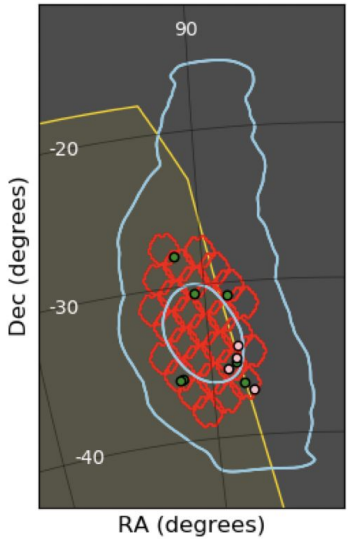


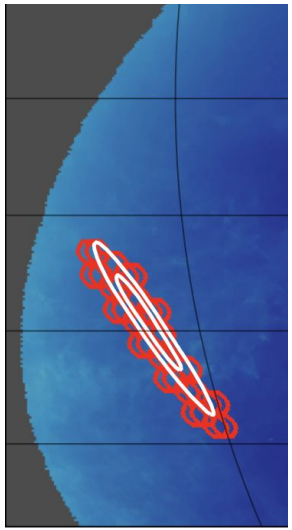
As ferramentas certas para o trabalho

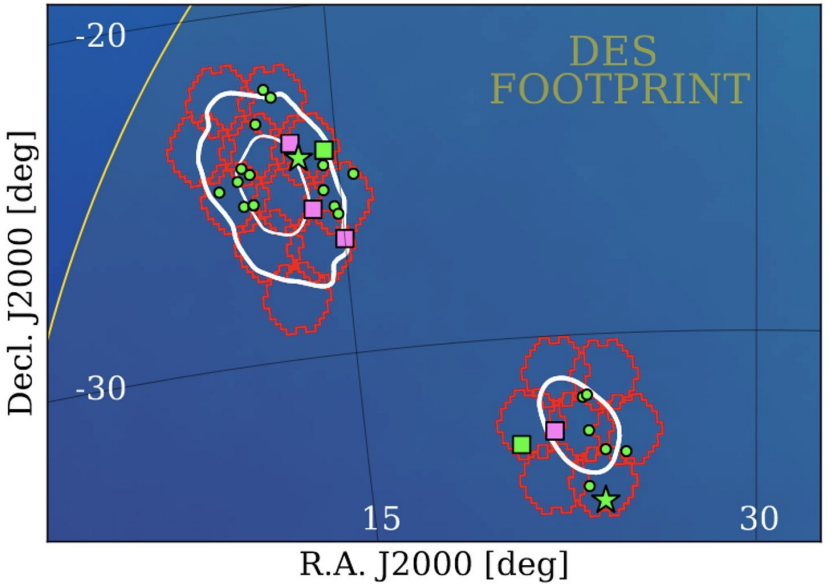
DECam and LIGO/Virgo

O projeto DESGW

Procurando a agulha no palheiro







Descoberta do espetacular GW170817

Identificamos a contrapartida óptica de uma colisão de estrelas de nêutrons

Re: All Eyes! G298048. Images will be downloadable here

Ryan Chornock sent by owner-des-gw@listserv.fnal.gov

Sent: Thursday, August 17, 2017 at 7:42 PM

To: Sahar Allam; Berger, Edo; Douglas L Tucker

Cc: Philip S. Cowperthwaite; Dillon Brout; Marcelle Soares Santos; Dan Scolnic; des-gw

decam_38.jpg (139.6 KB); ps1-3pi.jpg (23.6 KB) Preview All

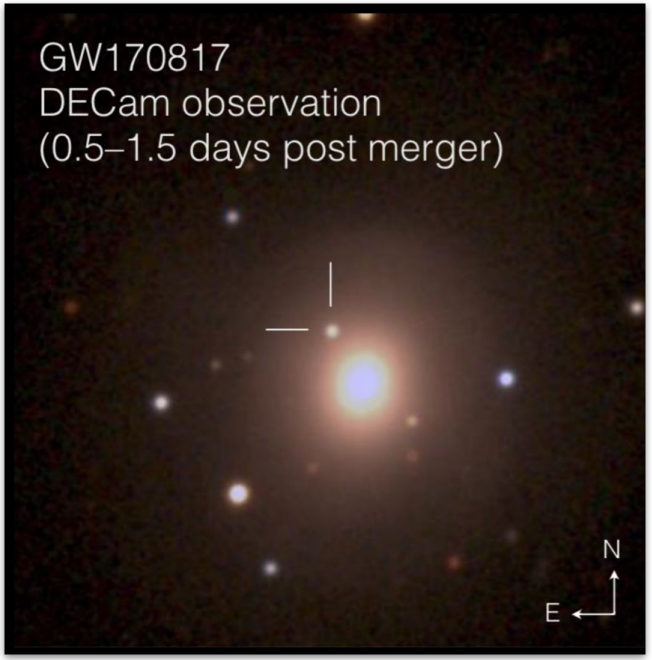
Holy [redacted].

Check out NGC 4993 in DECam_00668440.fits.fz[N5]

Attached is tonight's image + ps1-3pi.

Galaxy is at 40 Mpc.

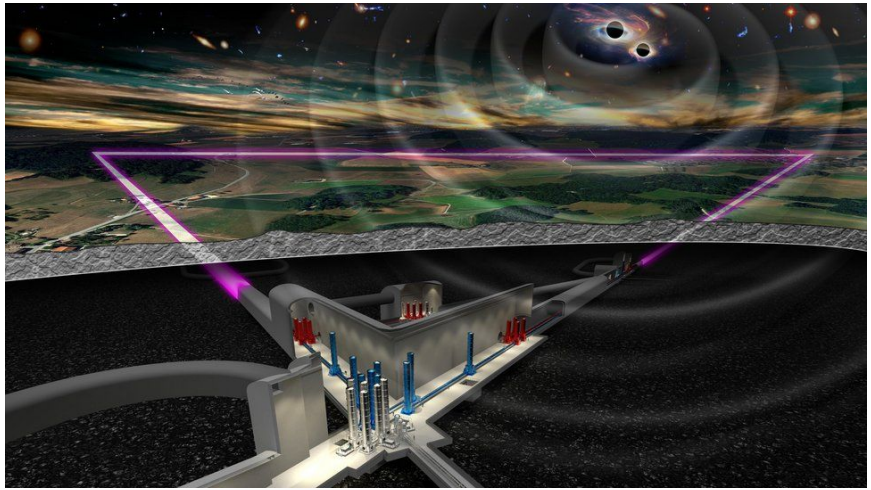
-R



Soares-Santos et al. 2017

The next-generation

LSST and the Einstein Telescope



The next-generation

LSST and the Einstein Telescope

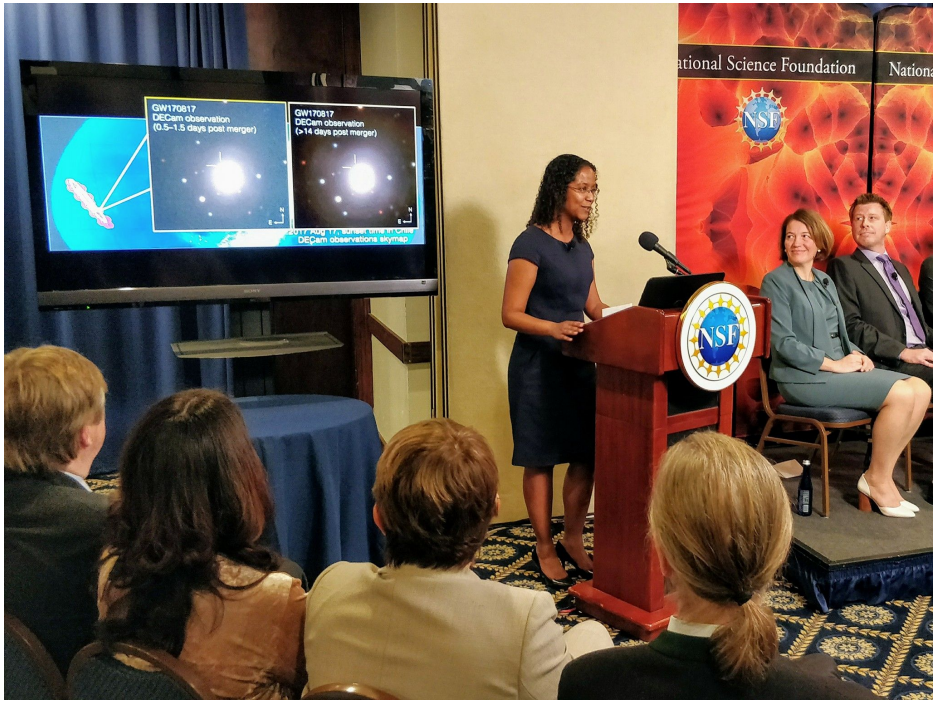
Vera Rubin Observatory's **Legacy Survey of Space and Time (LSST)** is a deep, Fast, Wide: next-generation imaging survey.

LSST will soon surpass DES as the state-of-the-art imaging survey for multi-messenger studies — starting now!

Ground-based 3rd generation GW observatories such as **Cosmic Explorer** and the **Einstein Telescope**, planned for the 2030's, will detect tens of thousands of standard sirens!

We will be able to measure the cosmic expansion consistently all the way back to when the universe was only a few million years old.

Inaugurando a era da cosmologia multi-mensageira

Em busca de novas descobertas

- GW170817 was a great start.
- To make precision measurements, we want more events!
- New searches are happening soon.
- Stay tuned!