



Ondas gravitacionais: a nova luz

Vítor Cardoso
(Técnico Lisboa)

Image: Jacques Henri Lartigue

Interacção electromagnética

Interacção gravitacional

Interacção fraca

Interacção forte



Gravidade

Faz com que as coisas caiam

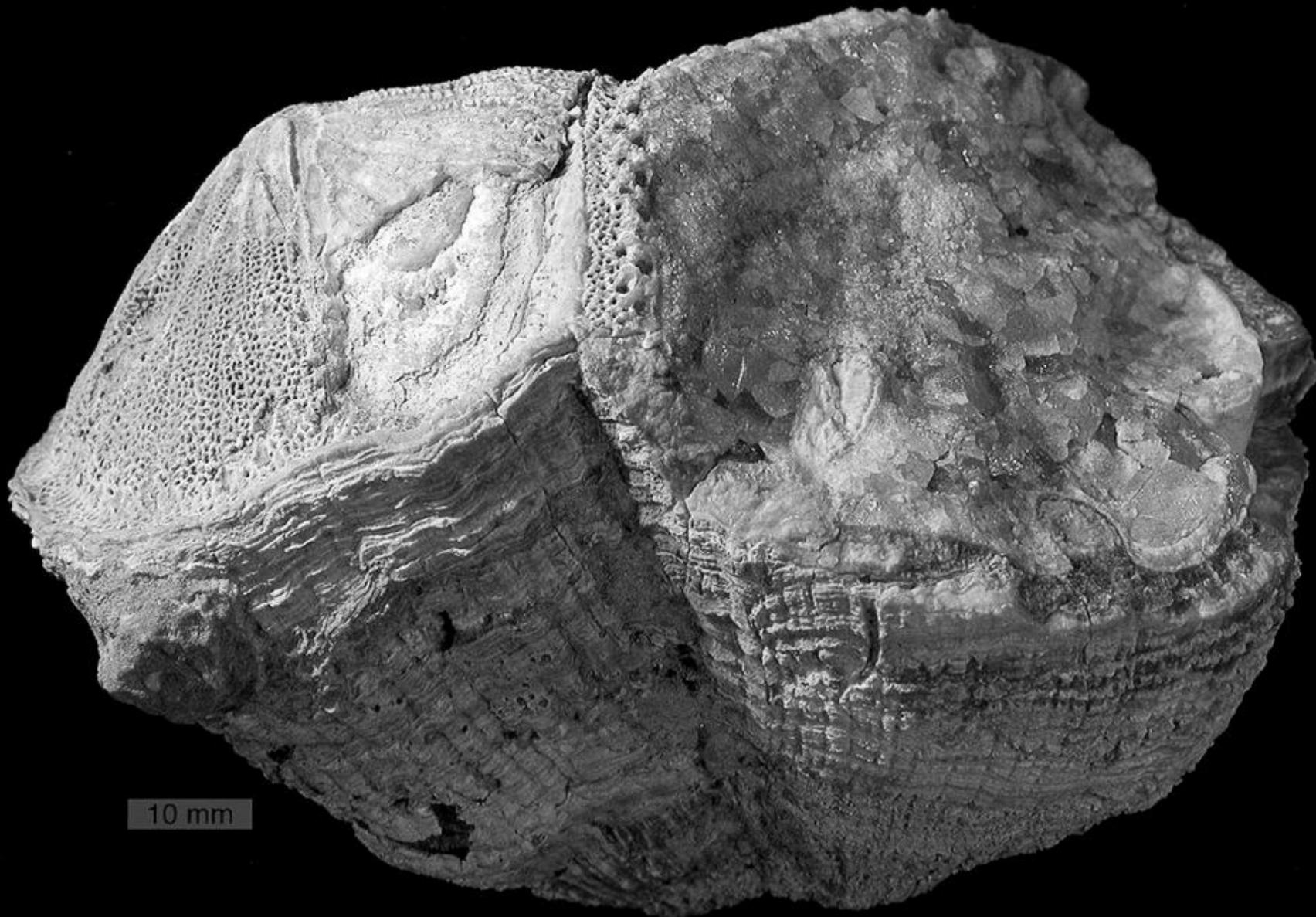
Fica mais forte com mais matéria:
Planetas e estrelas são redondos

Explica o Sistema solar e a nossa galáxia

Explica a Lua: está a cair

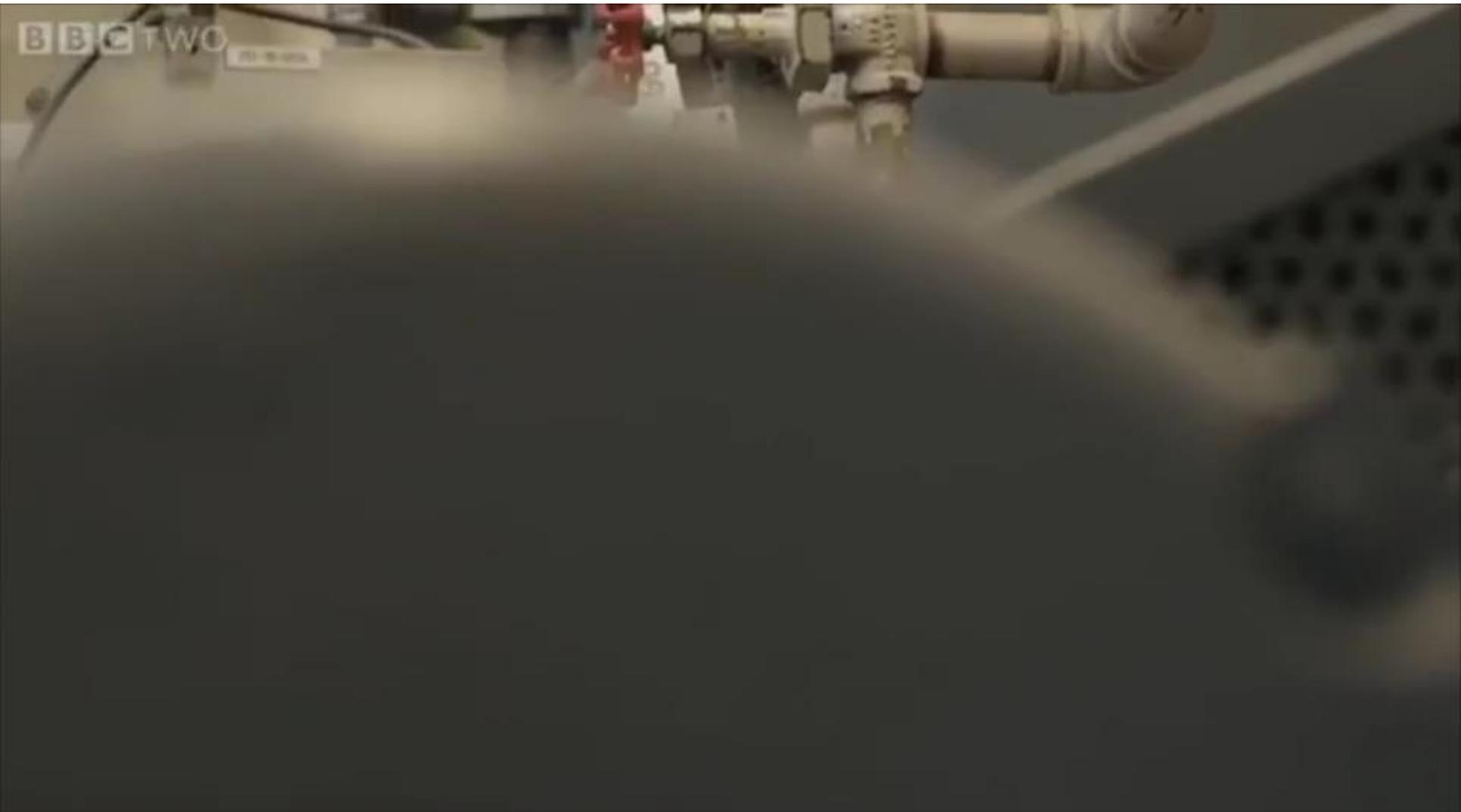
Explica porque a lua tem sempre a mesma
faz para nós (*As cosmicómicas, Calvino*)





Fóssil de bivalve rudista. Estudo destes fósseis mostrou que os dias eram meia hora mais curtos há 70 milhões de anos atrás...culpa das marés! Image: Mark A. Wilson

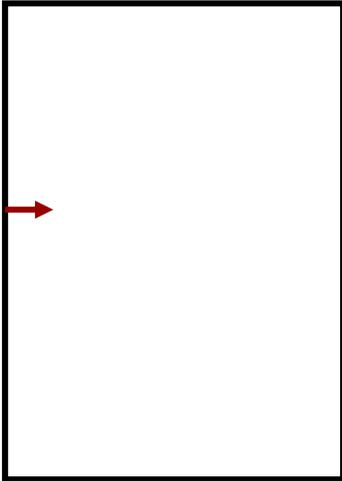
O Princípio da Equivalência



Penas e bola de bowling em queda. Instalações da NASA Space Power, Sandusky

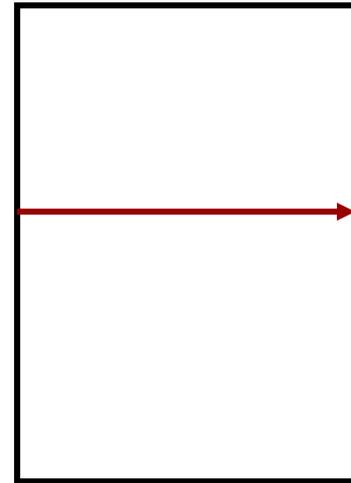
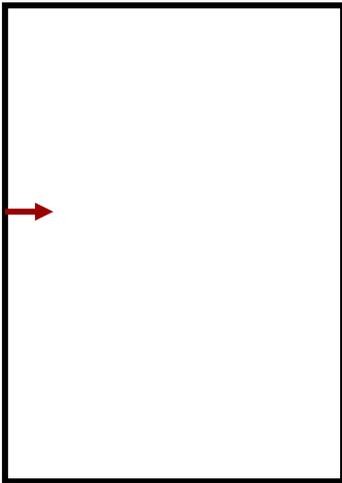


A gravidade puxa a luz



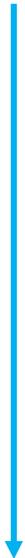
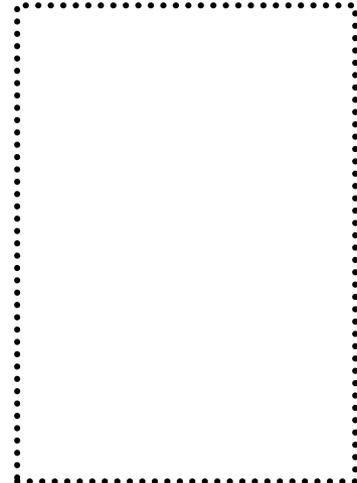
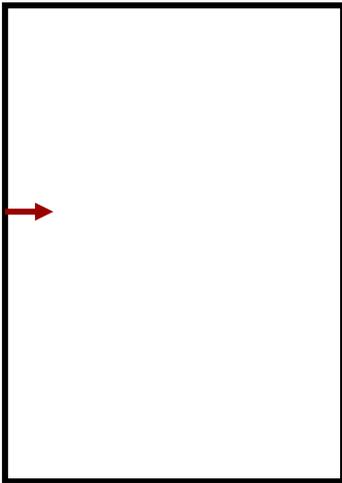
Observador em queda livre

A gravidade puxa a luz



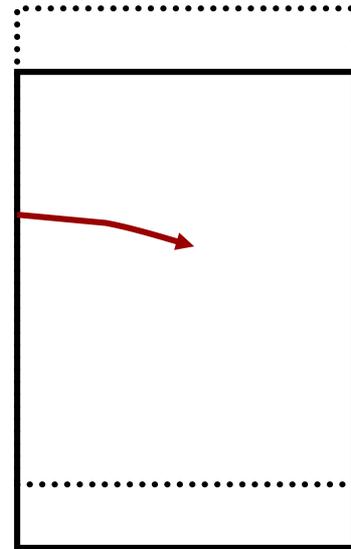
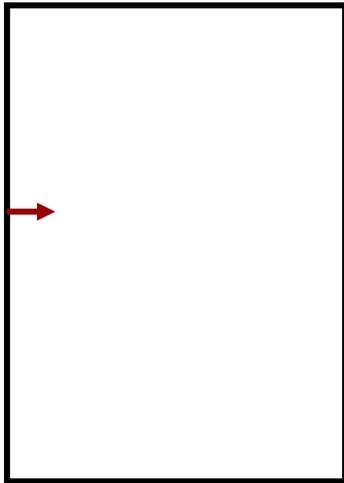
Observador em queda livre

A gravidade puxa a luz



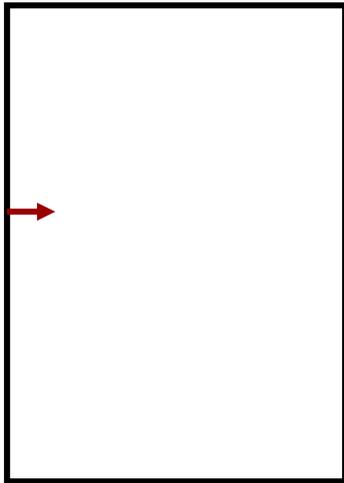
Observador a ver a queda

A gravidade puxa a luz

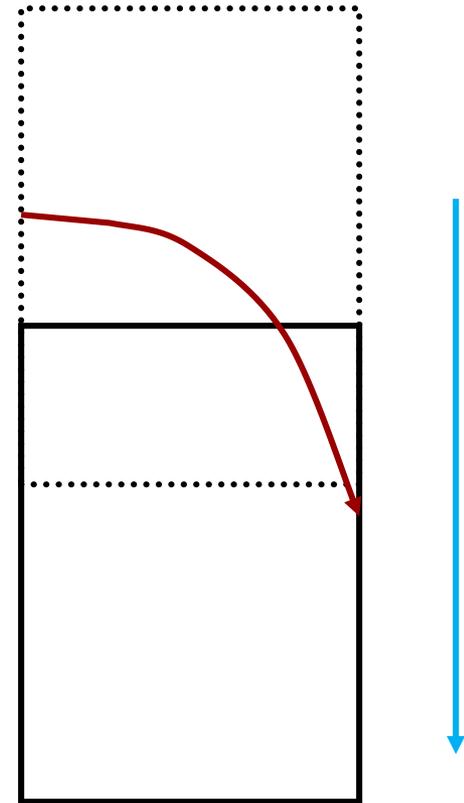


Observador a ver a queda

A gravidade puxa a luz



Observador a ver a queda



1919. 29 de Maio eclipse confirma que a gravidade “curva” a luz

REVOLUTION IN SCIENCE.

NEW THEORY OF THE UNIVERSE.

NEWTONIAN IDEAS OVERTHROWN.

Yesterday afternoon in the rooms of the Royal Society, at a joint session of the Royal and Astronomical Societies, the results obtained by British observers of the total solar eclipse of May 29 were discussed.

The greatest possible interest had been aroused in scientific circles by the hope that rival theories of a fundamental physical problem would be put to the test, and there was a very large attendance of astronomers and physicists. It was generally accepted that the observations were decisive in the verifying of the prediction of the famous physicist, Einstein, stated by the President of the Royal Society as being the most remarkable scientific event since the discovery of the predicted existence of the planet Neptune. But there was differ-

‘Times of London’, Nov 7 1919

Actual Position of the Star
Apparent Position of the Star
Distance from the Earth to the Stella Background is more than 93,000,000,000,000 miles.

THE SUN
Distance from the Earth 93,000,000 miles

This Diagram shows the proportional Displacement of the Stars in relation to the distance from the Sun. The amount of Displacement is exaggerated about 500 times.

Apparent Position: ↑
Actual Position: ★

THE SUN

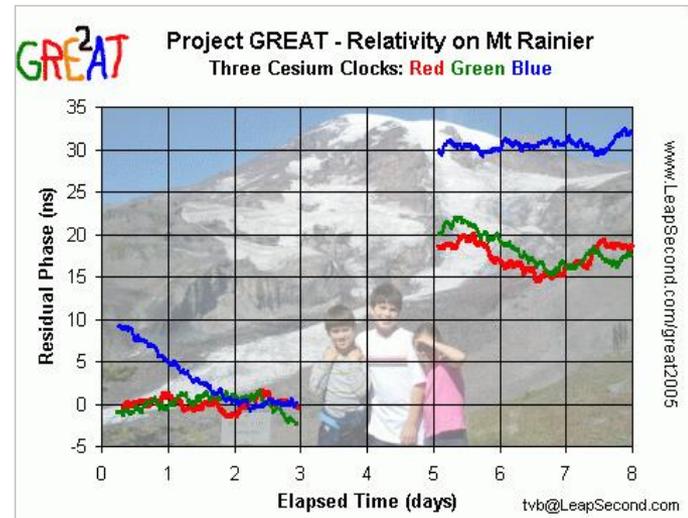
Showing Path of Total Eclipse of May 28-29, 1919, and positions of the two Observation Stations.

THE OBSERVATION STATION AT SOBRAL, IN BRAZIL.

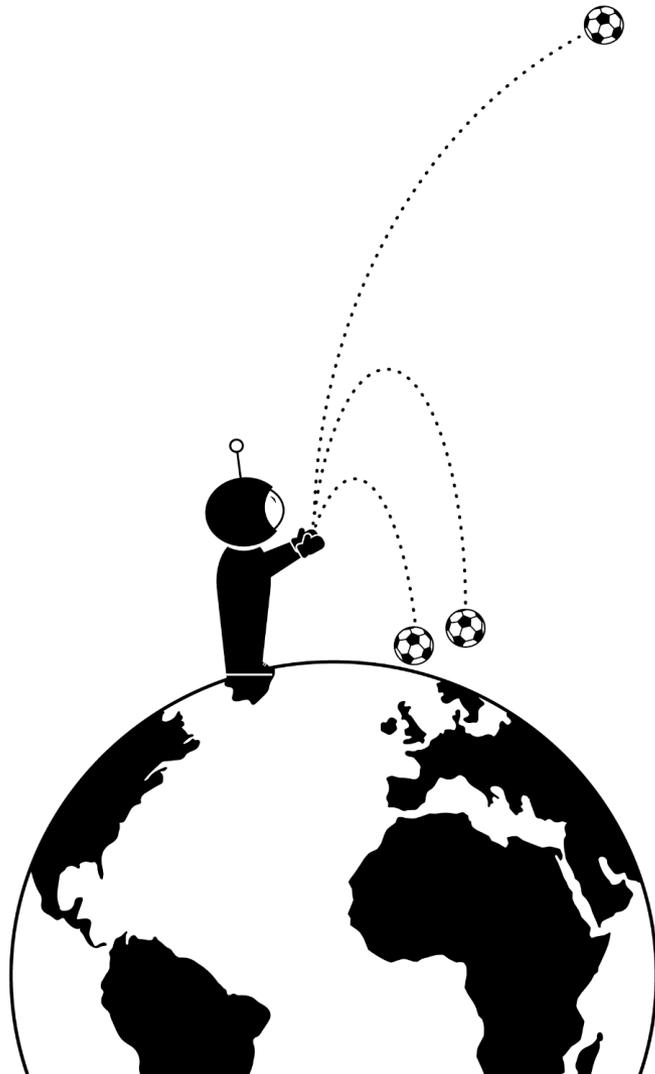
The Coronagraph

‘Illustrated London News’, Nov 22 1919

A dilatação do tempo



Quando a gravidade é muito forte: buracos negros



Muita massa em pouco espaço
Nem sequer luz escapa, objecto escuro

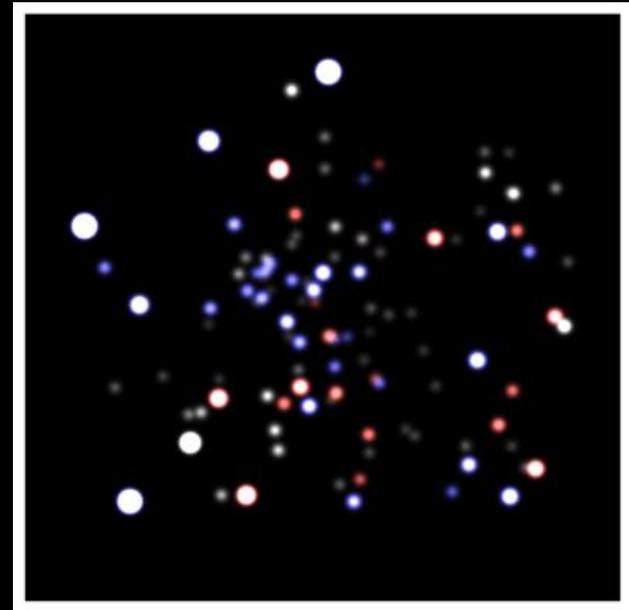
Tempo anda lentamente na superfície
Os pés são mais jovens que cabeça

Se falar or mexer normalmente na superfície
Seremos ouvidos ou vistos em câmara lenta, como se estivéssemos quase parados

A luz também “abranda”:
A luz vinda da superfície fica atenuada, desviada para o vermelho

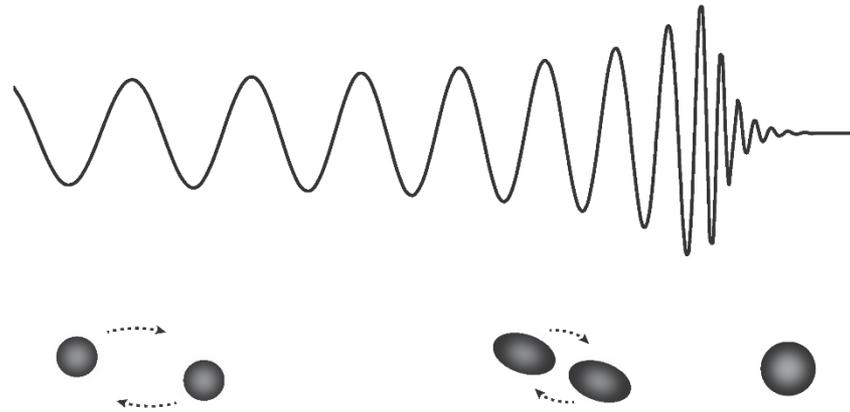
Buracos negros no nosso pátio

2002. Existe um objecto negro no centro da Via Láctea, com massa equivalente a 4 milhões de sóis.





Fontes de ondas gravitacionais



Binárias de buracos negros

Estrelas de nêutrons em rotação

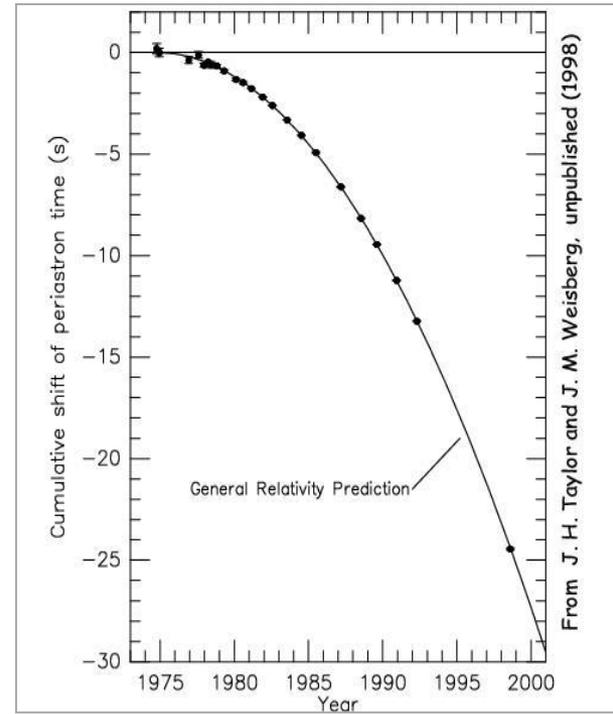
Explosões

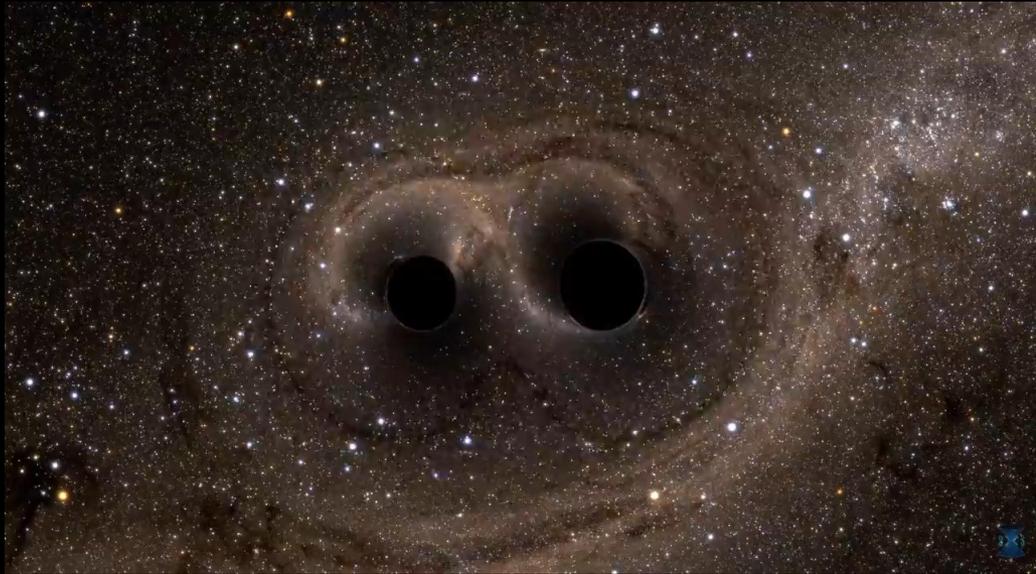
Ecos do big bang

Intensidade

Distância Terra-Sol...varia por uma fracção de um átomo!

Será que existem?





Quando: 14 Setembro 2015

Distância: 1 Giga ano-luz (seres unicelulares na Terra)

Massas: 32-41 e 25-33 sóis

Velocidade antes da colisão: 0.6 c

Massa de objecto final: 58-67 sóis

Energia radiada: Equivalente a 3 sóis em 0.2 segundos

Primeira detecção directa de ondas gravitacionais

Primeira observação de uma binária de buracos negros

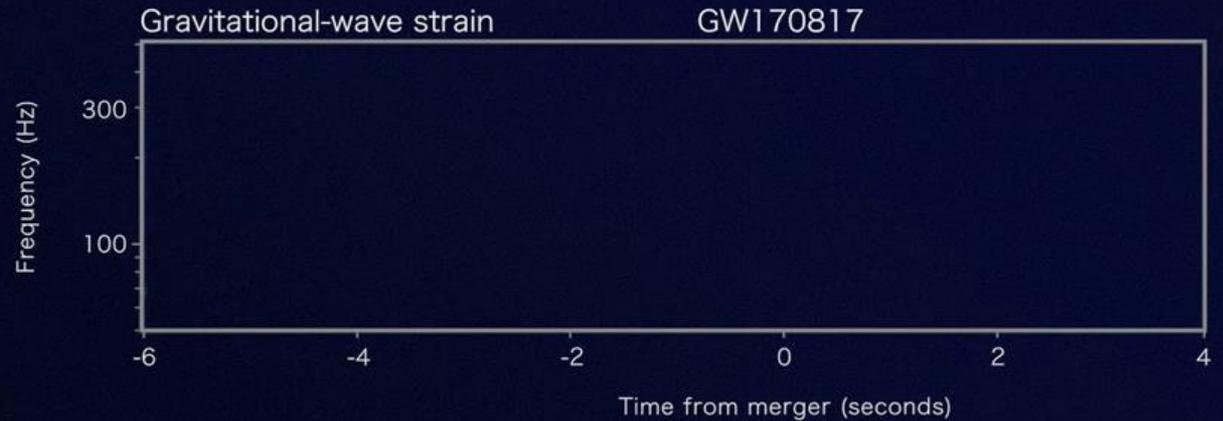
Evidência forte que buracos negros existem

GRB 170817A - GW170817

A detecção simultânea de ondas gravitacionais e raios gamma



LIGO



GRB 170817A - GW170817

A detecção simultânea de ondas gravitacionais e raios gamma

Fermi



Gamma rays, 50 to 300 keV

GRB 170817A

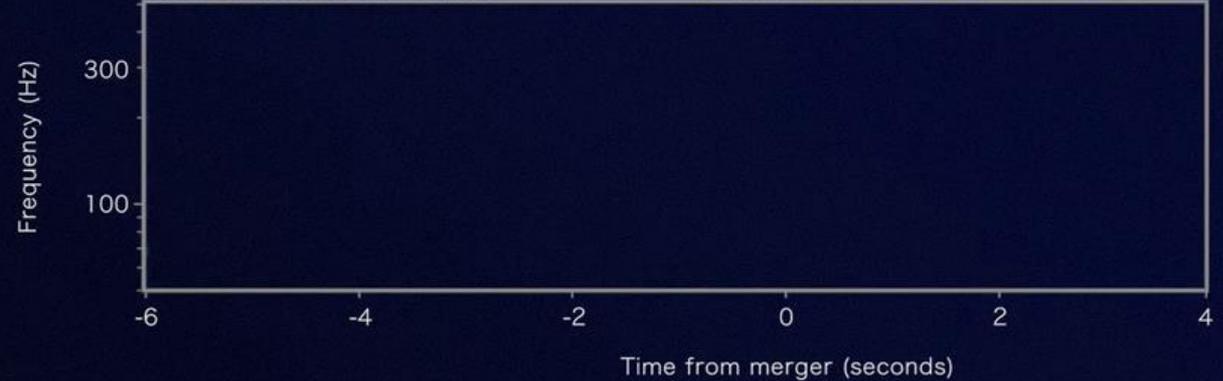


LIGO



Gravitational-wave strain

GW170817



Quando: Agosto 2017

Distância: 130 milhões de anos luz (Dinossauros na Terra)

Dois estrelas de neutrões

Limites à velocidade das ondas gravitacionais:

$0.9999999999999999 c < v < 1.0000000000000001 c$

Origem de elementos pesados (como o ouro)

E o que falta saber?

Quantos buracos negros existem? Onde estão? Como crescem?

A gravidade produzida por buracos negros é a que é prevista pelas equações matemáticas da Relatividade Geral?

Como é que o universo nasceu?

O que é a matéria escura?

Existem surpresas lá fora, no Universo?

E na Terra, como melhorar o conhecimento da actividade sísmica?



Big Jay Mc Neely, Photograph by Bob Willoughby

“Imaginem que conseguem ver o mundo, mas que são surdo, e de repente adquirem a capacidade de ouvir — ganham uma dimensão extra de percepção”

B. Schutz, BBC

Obrigado

