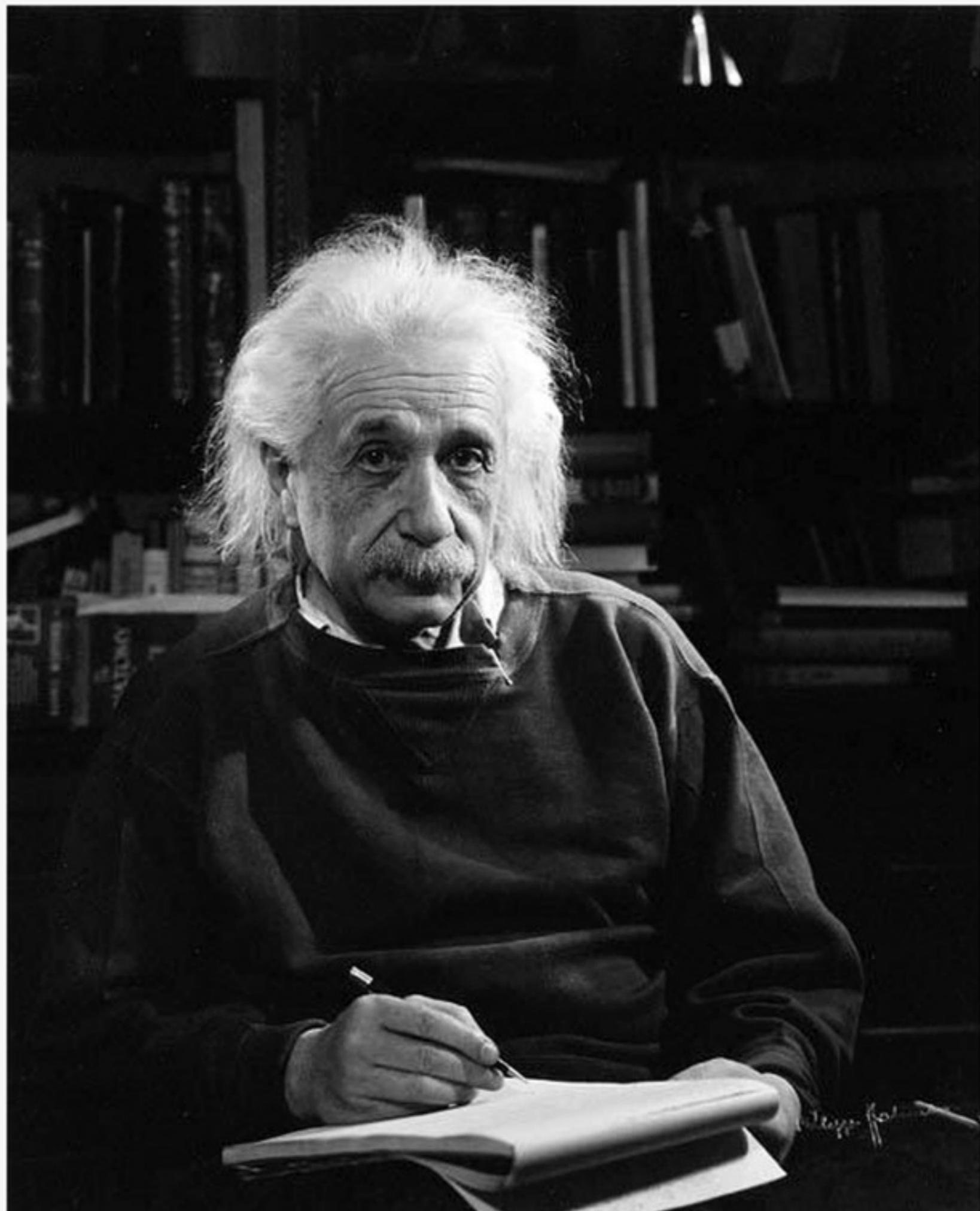


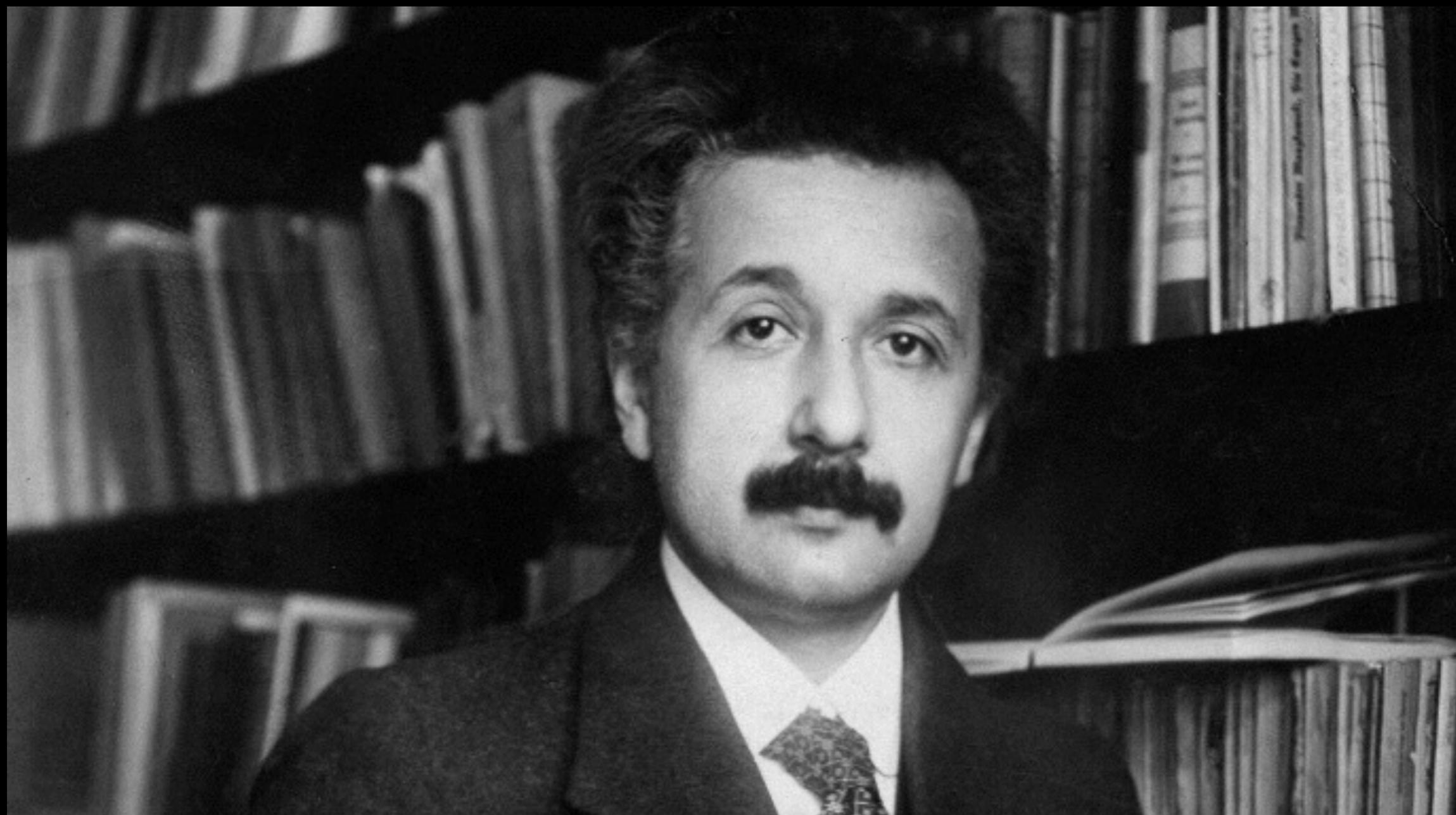
El fin del ESPACIO-TIEMPO

J.L.F. Barbón



www.ift.uam-csic.es

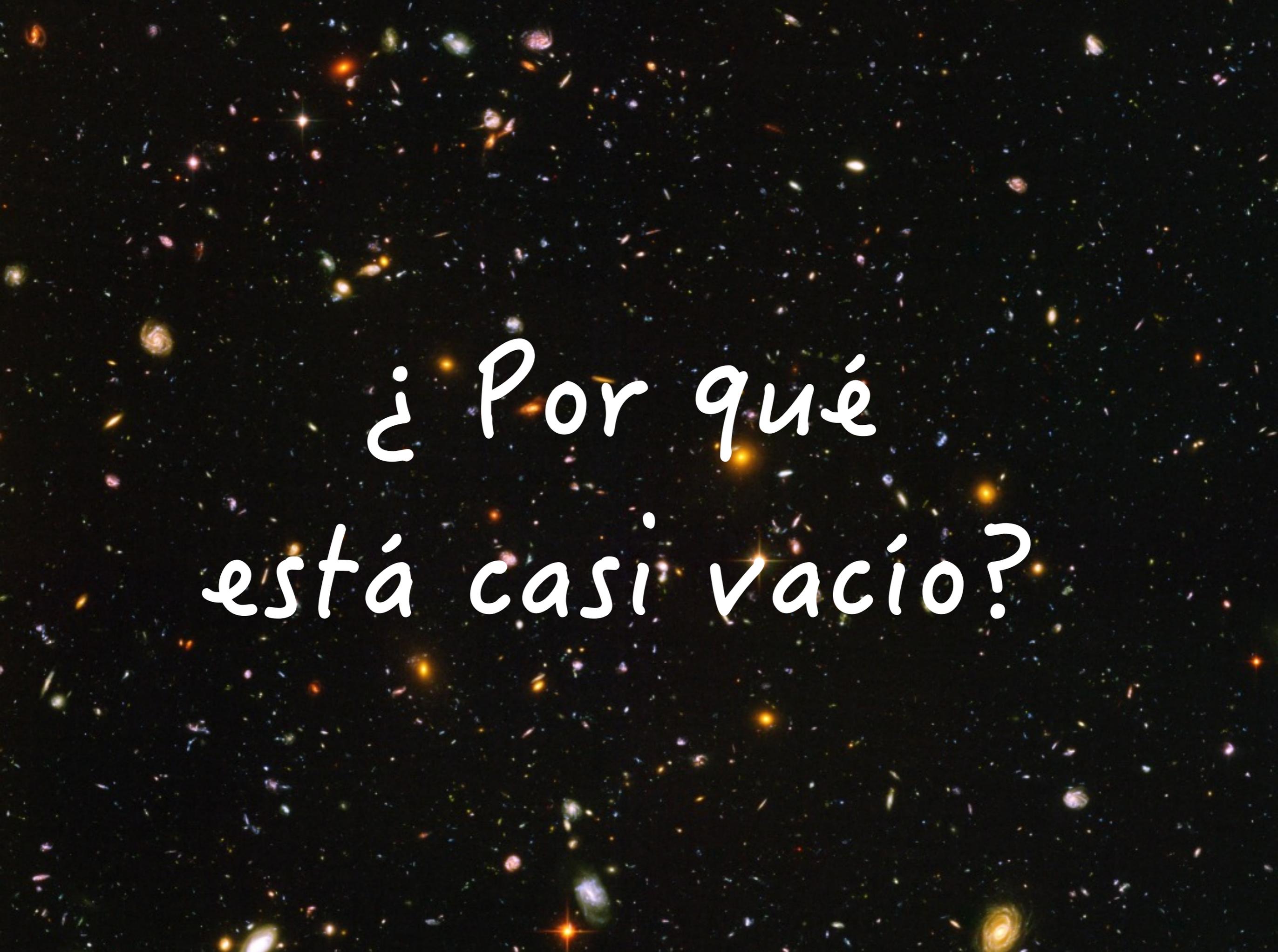




Eslogan

EL ESPACIOTIEMPO
ES LA
"HISTORIA" DEL ESPACIO



A vast field of galaxies, including spirals, ellipticals, and irregular shapes, scattered across a dark cosmic background. The galaxies are in various colors, including yellow, orange, blue, and purple, and vary in size and brightness.

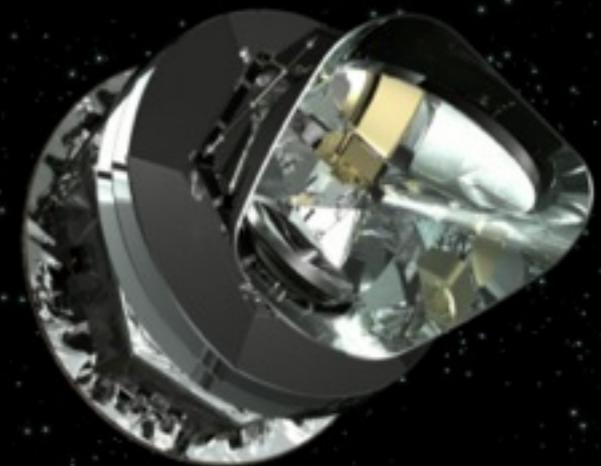
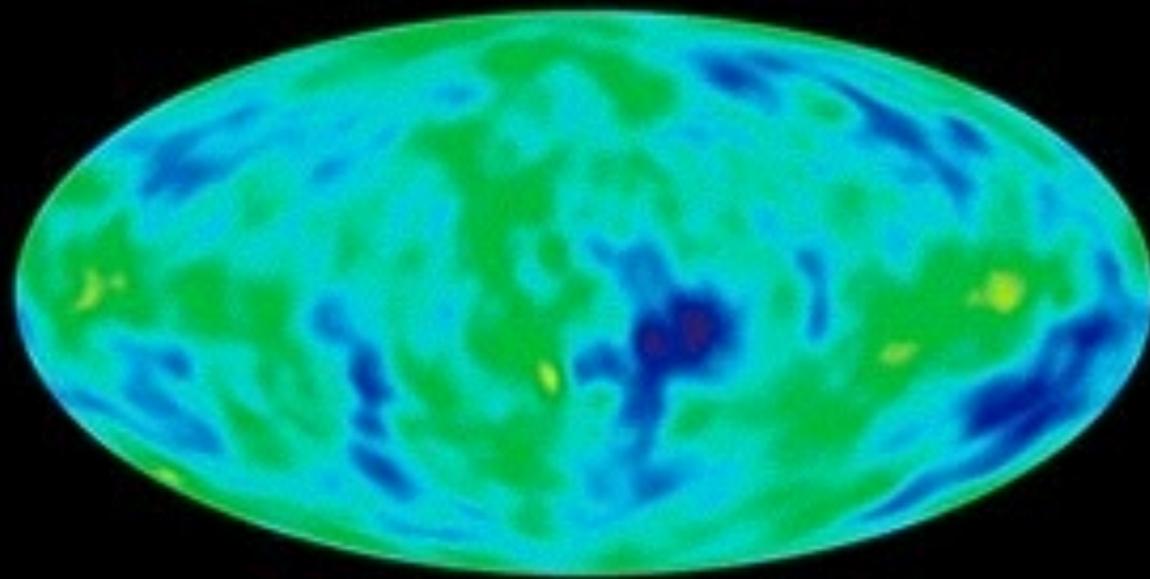
*¿ Por qué
está casi vacío?*



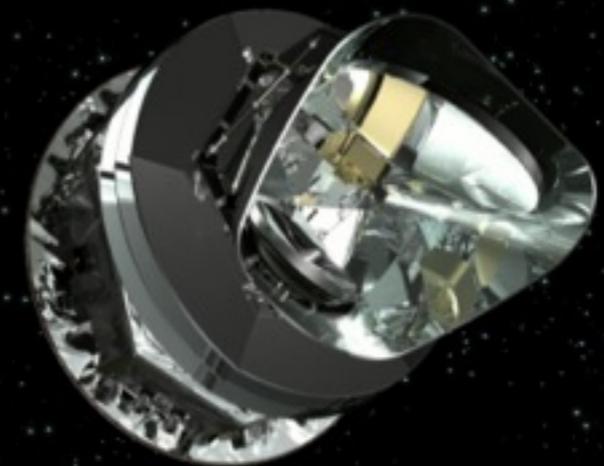
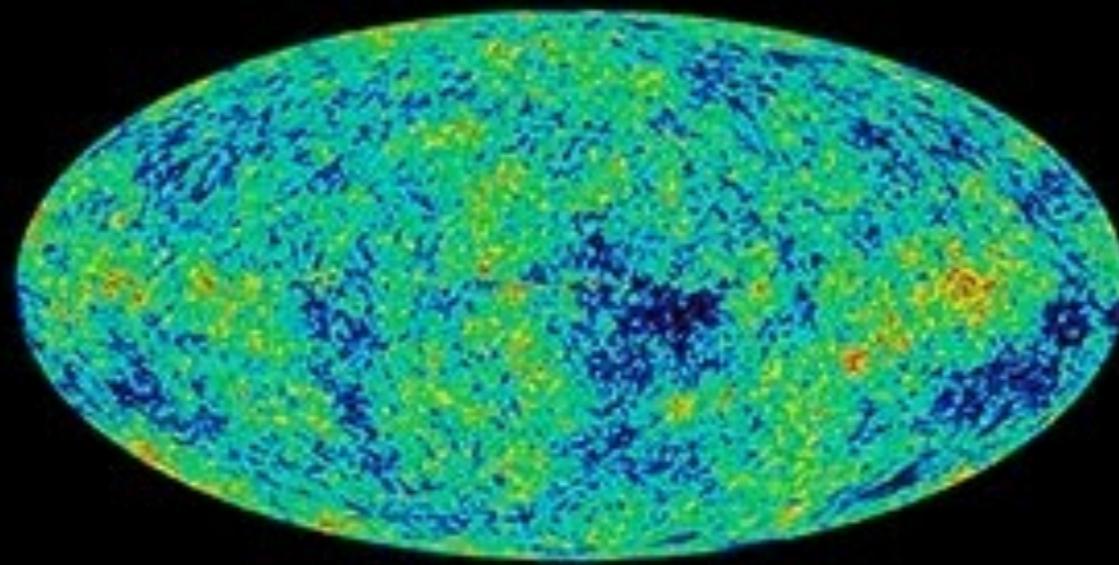
the BIG BANG THEORY

Spigot

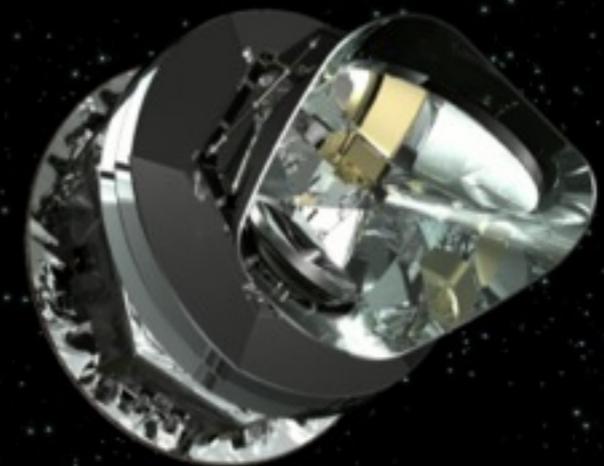
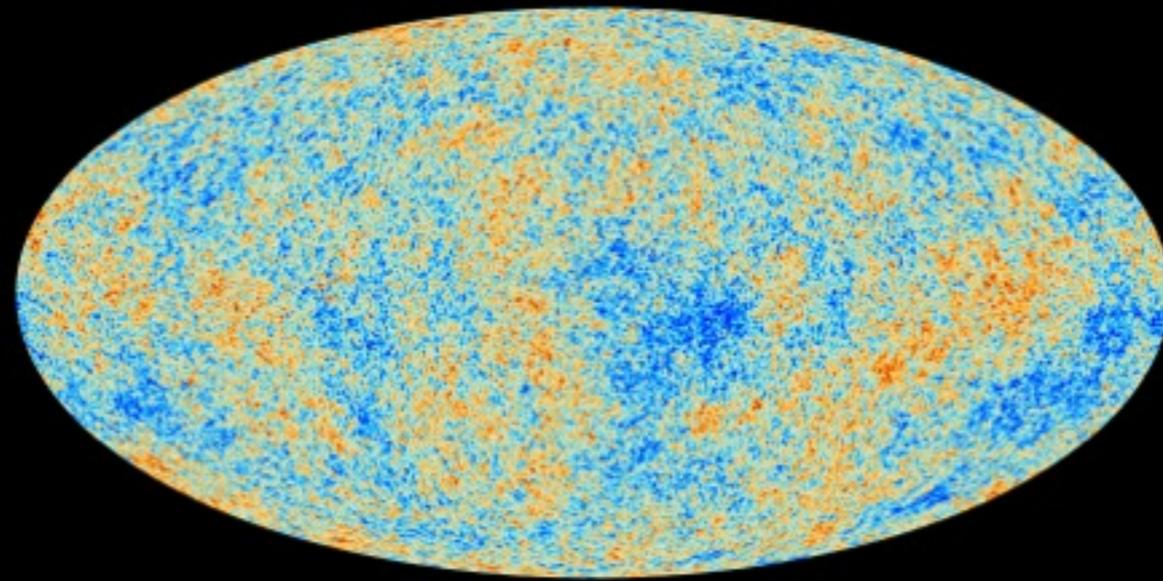
Desde hace 25 años tenemos fotos de los rescoldos del
Big Bang (400000 años después)



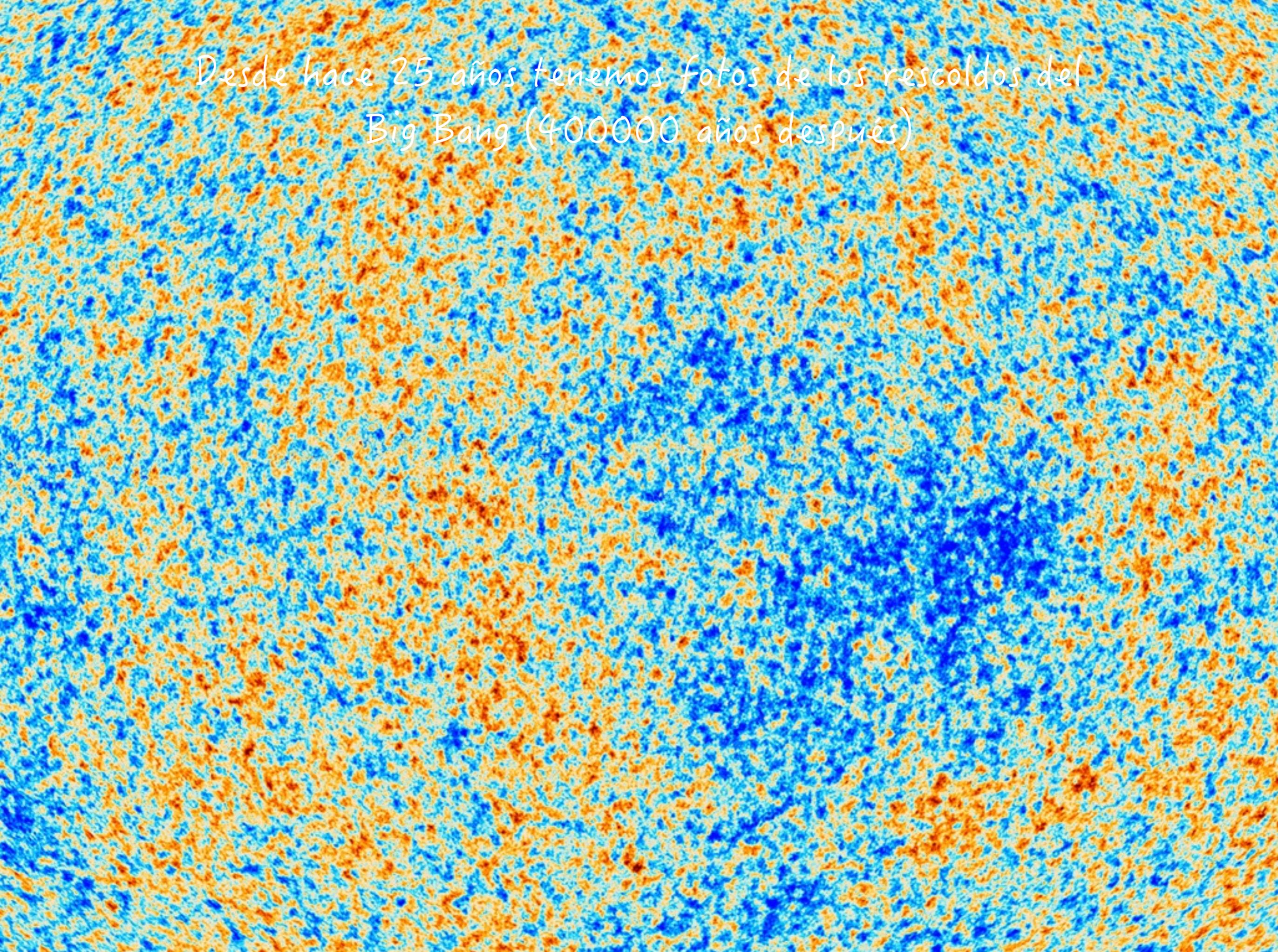
Desde hace 25 años tenemos fotos de los rescoldos del
Big Bang (400000 años después)



Desde hace 25 años tenemos fotos de los rescoldos del
Big Bang (400000 años después)

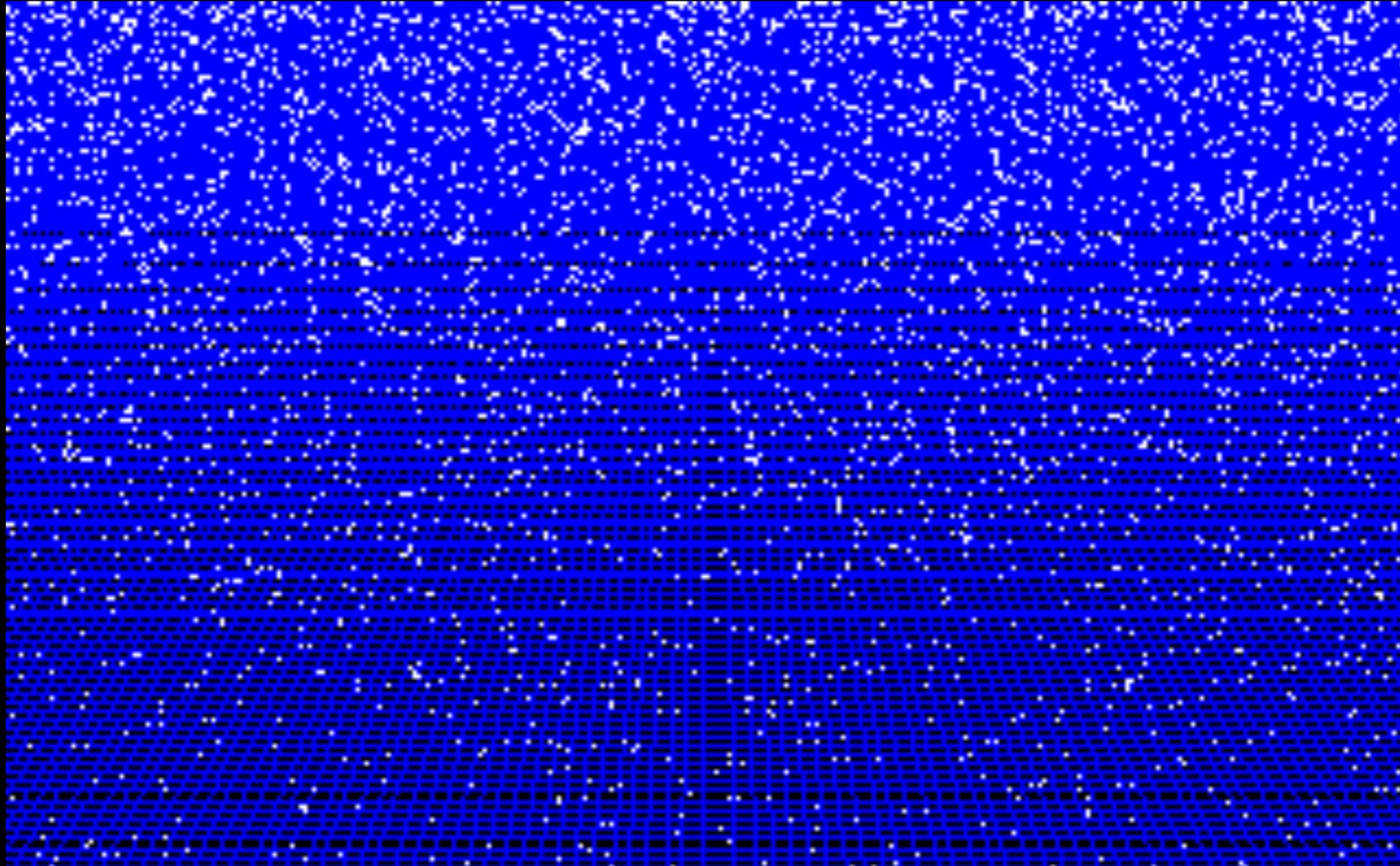


Desde hace 25 años tenemos fotos de los rescoldos del
Big Bang (400000 años después)





Hace 20 años se descubrió que la expansión del universo ... ¡está acelerando!

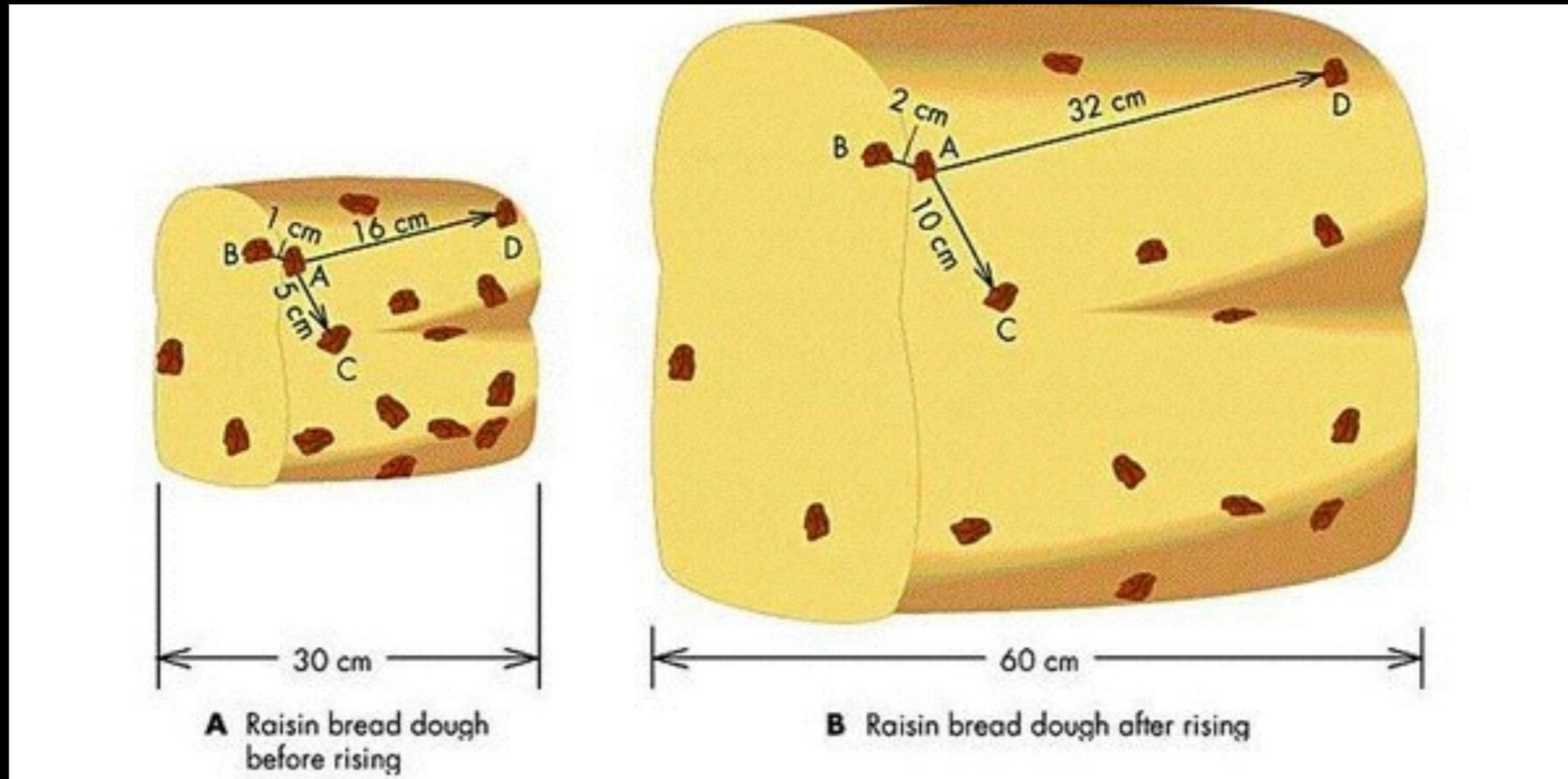


En nuestro Universo, el volumen parece doblarse cada 10^{10} años

En nuestro Universo, el volumen parece doblarse cada 10^{10} años

El punto de vista de Einstein consiste en asumir que el Universo se "expande" porque "se fabrica" nuevo espacio constantemente

¿ Se dilata el propio "espacio vacío" como si fuera un bizcocho con pasas ?



¿ Qué juega el papel de la "levadura" ?

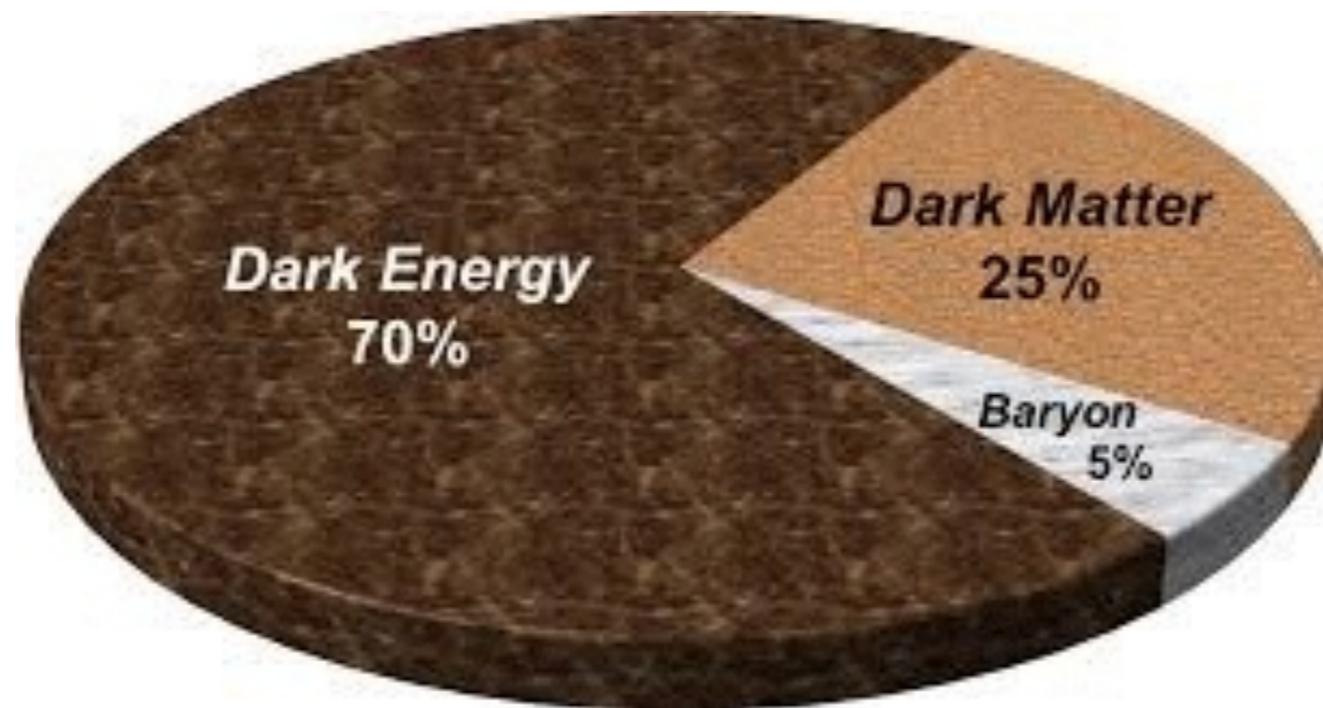
¡ Energía oscura !



debería existir una densidad de energía
positiva en el vacío, aproximadamente
 $1 \text{ protón} / \text{m}^3$

¡ Receta cósmica !

LA MAYOR PARTE DE LA ENERGÍA EN EL
UNIVERSO ESTÁ OCULTA EN
EL ESPACIO VACÍO



¿Espacio elástico?

energía oscura como
"levadura"?



La fascinación del vacío...



Hace dos años se descubrieron las "vibraciones del espacio"
causadas por una colisión remota de agujeros negros

Hace dos años se descubrieron las "vibraciones del espacio"
causadas por una colisión remota de agujeros negros



2017 NOBEL PRIZE IN PHYSICS

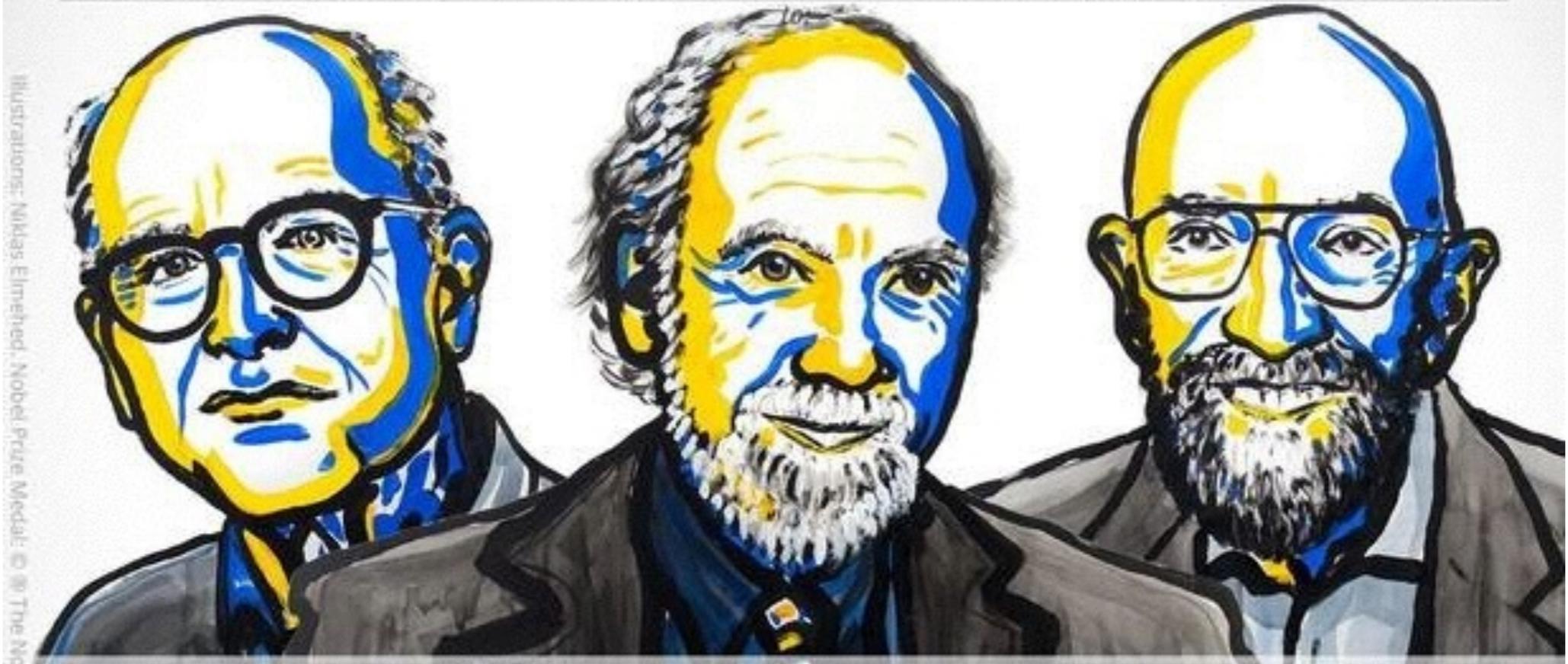


Illustration: Niklas Elmehed, Nobel Prize Medal © The Nobel Foundation, Photo: Lovisa Engblom.

Rainer Weiss
Barry C. Barish
Kip S. Thorne

"for decisive contributions to the LIGO detector and the observation of gravitational waves"



¿He dicho
"vibraciones"
en la estructura del
propio espacio?

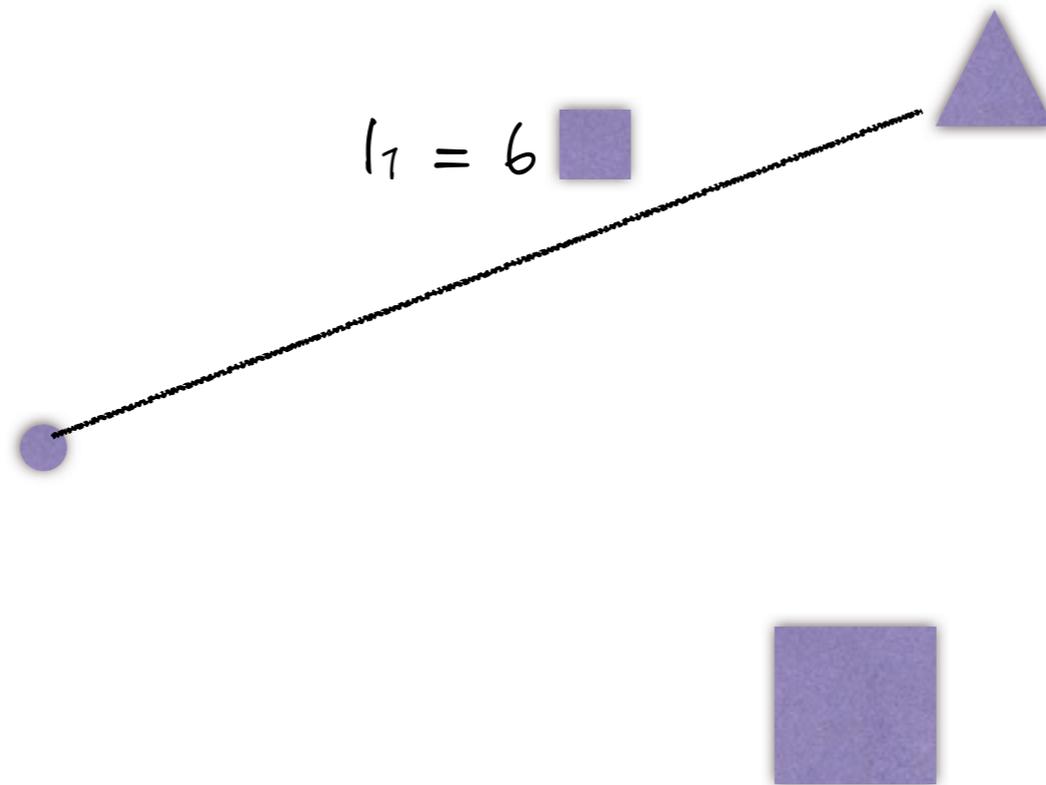


**¿Qué puede significar
"estructura del espacio"**

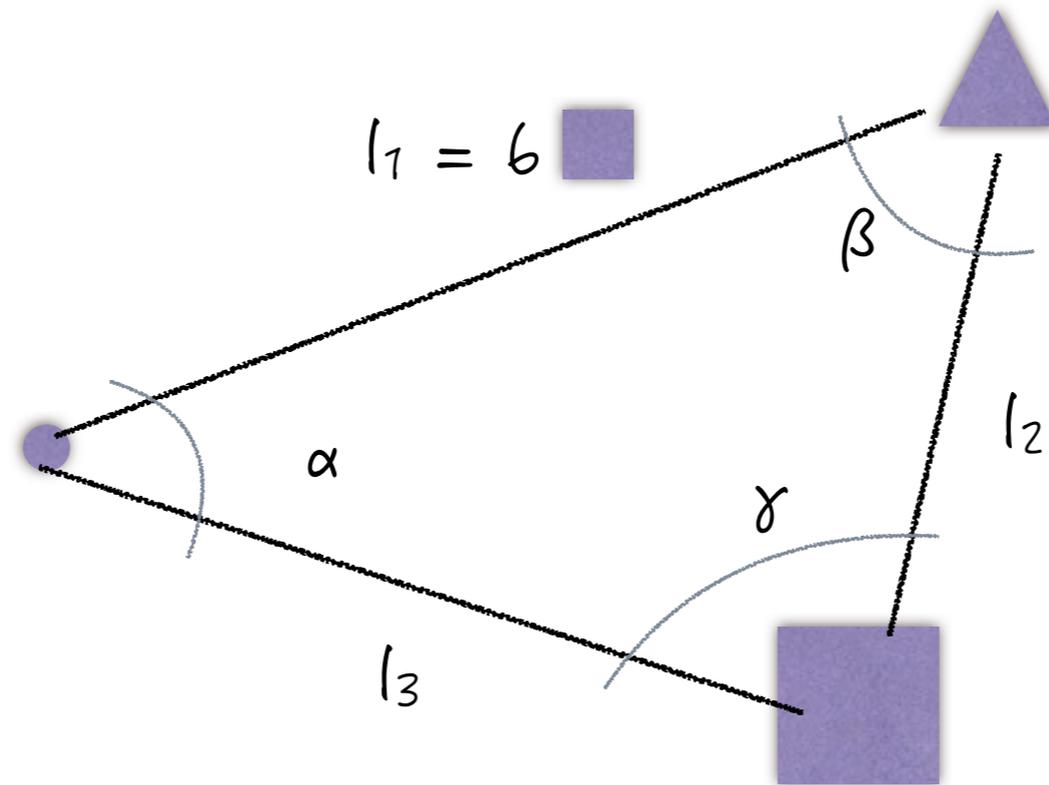
¿Qué puede significar
"estructura del espacio"



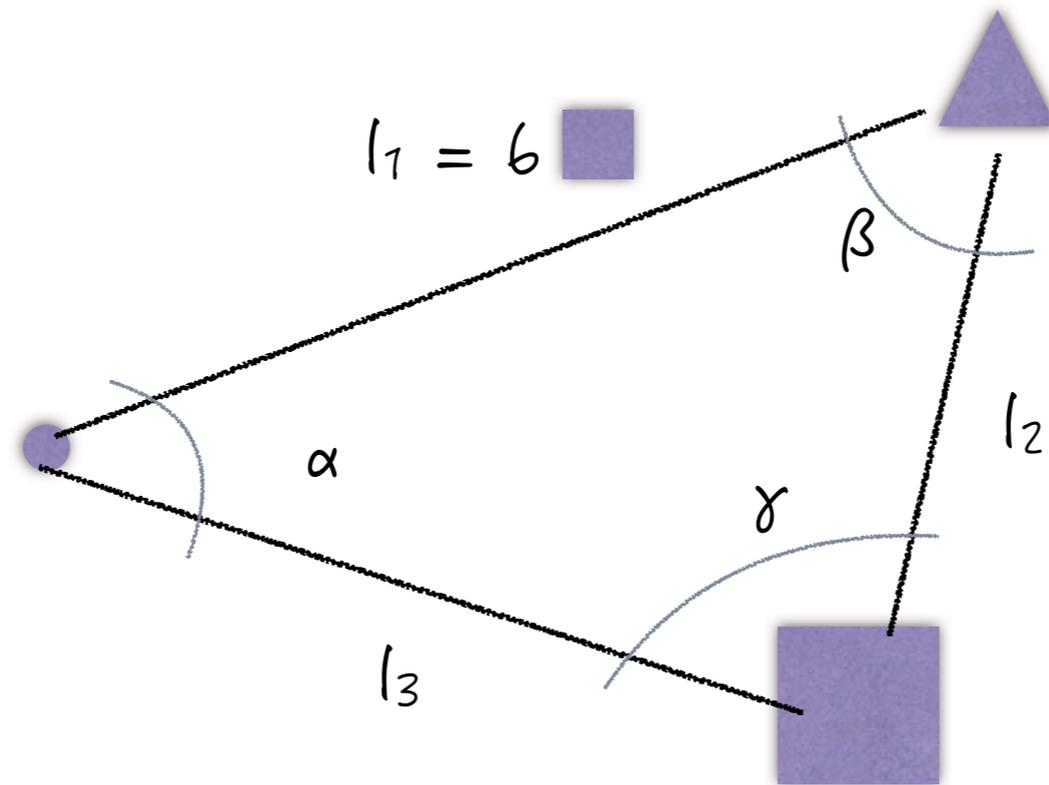
¿Qué puede significar "estructura del espacio"



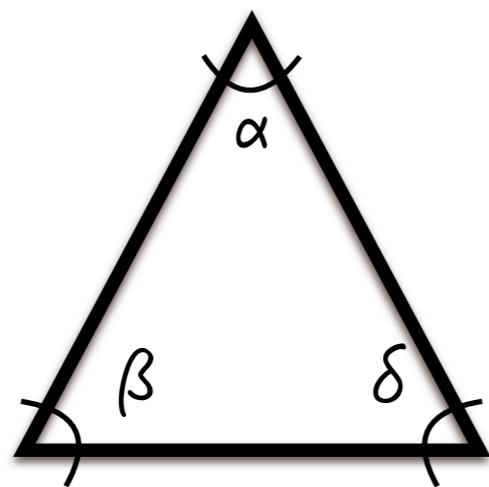
¿Qué puede significar "estructura del espacio"



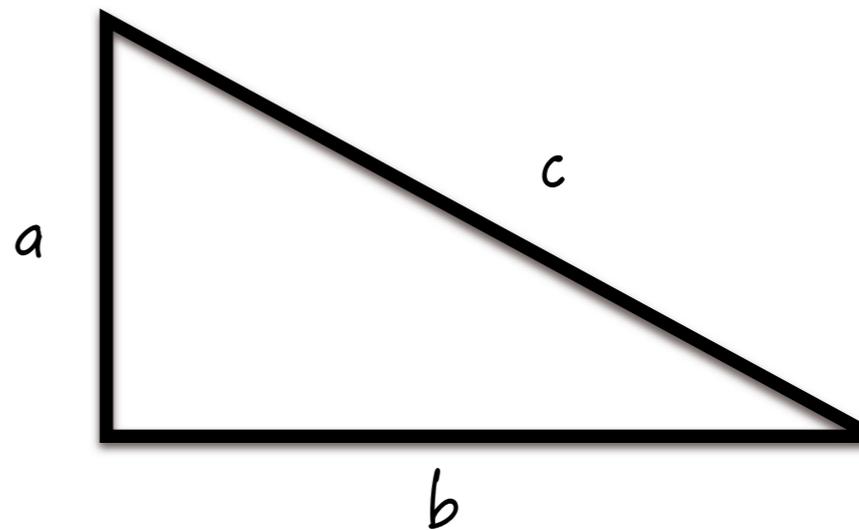
¿Qué puede significar "estructura del espacio"



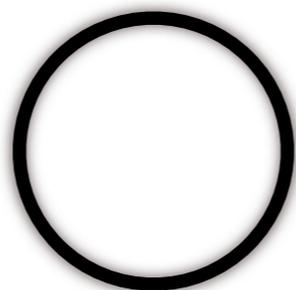
$$\alpha + \beta + \gamma = \text{media circunferencia} = 180^\circ$$



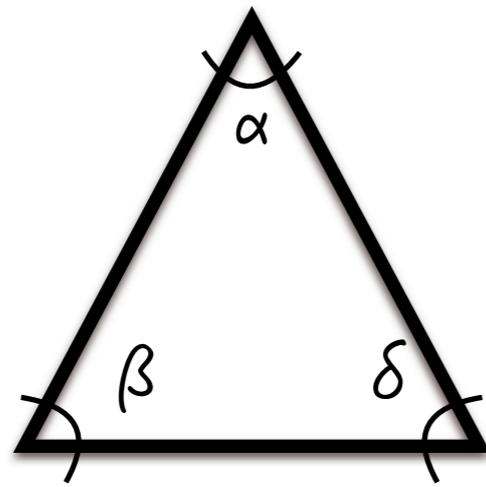
$$\alpha + \beta + \delta = 180^\circ$$



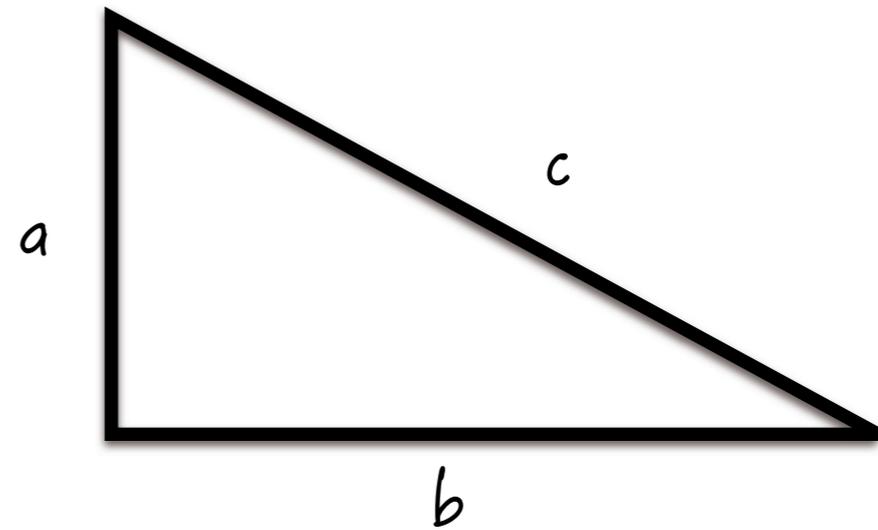
$$a^2 + b^2 = c^2$$



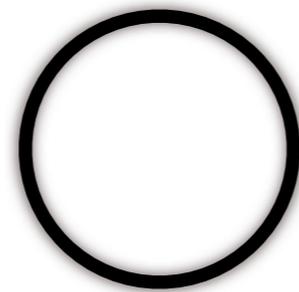
$$\frac{\text{perímetro}}{\text{diámetro}} = \pi$$



$$\alpha + \beta + \delta = 180^\circ$$



$$a^2 + b^2 = c^2$$

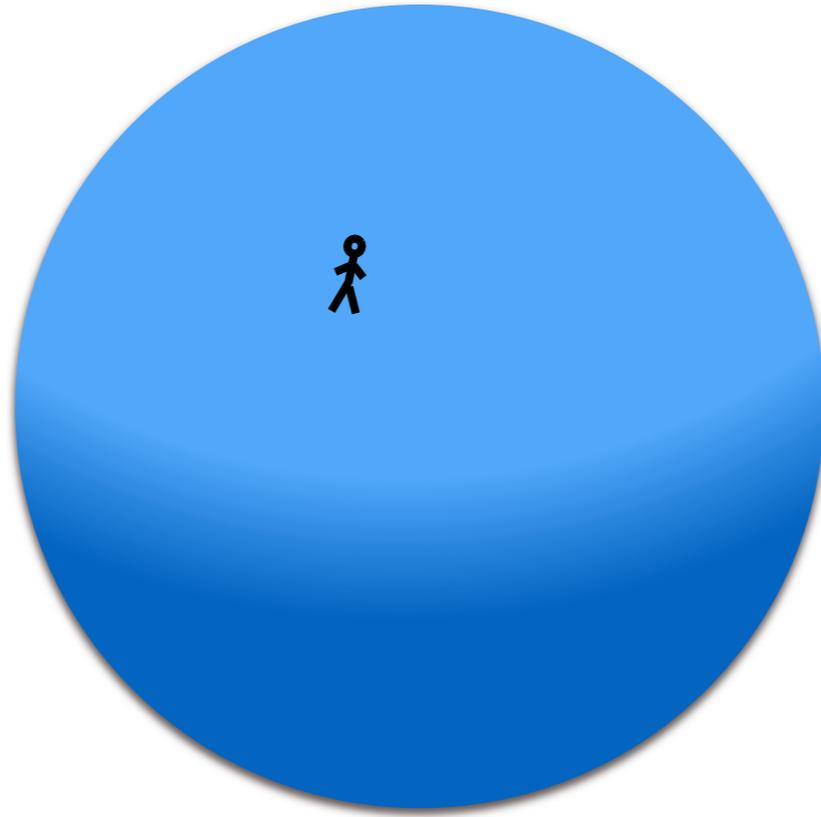


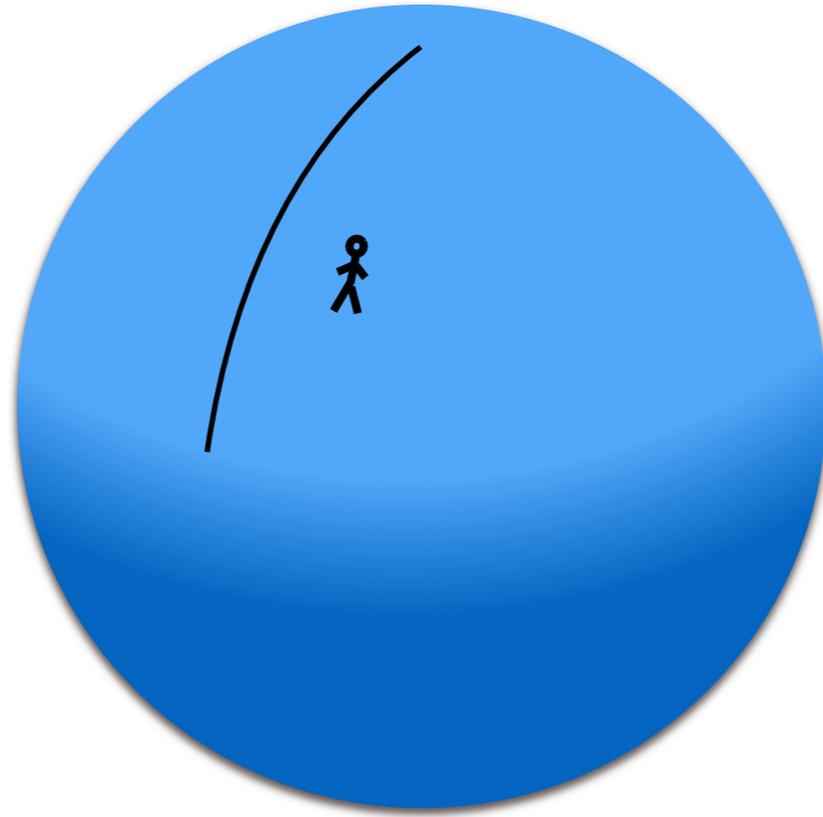
$$\frac{\text{perímetro}}{\text{diámetro}} = \pi$$

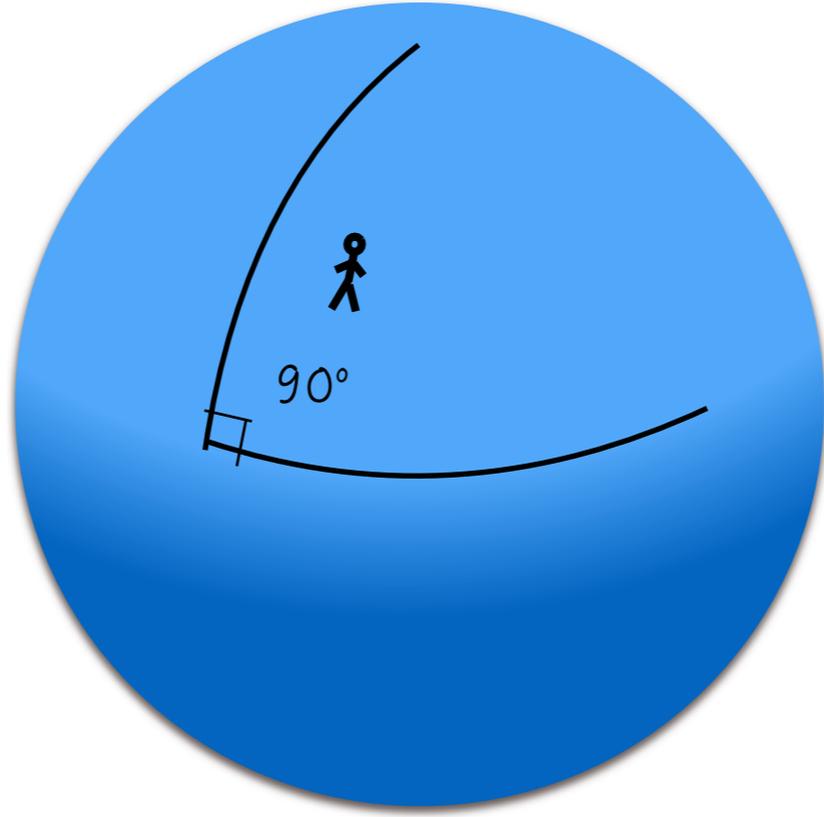


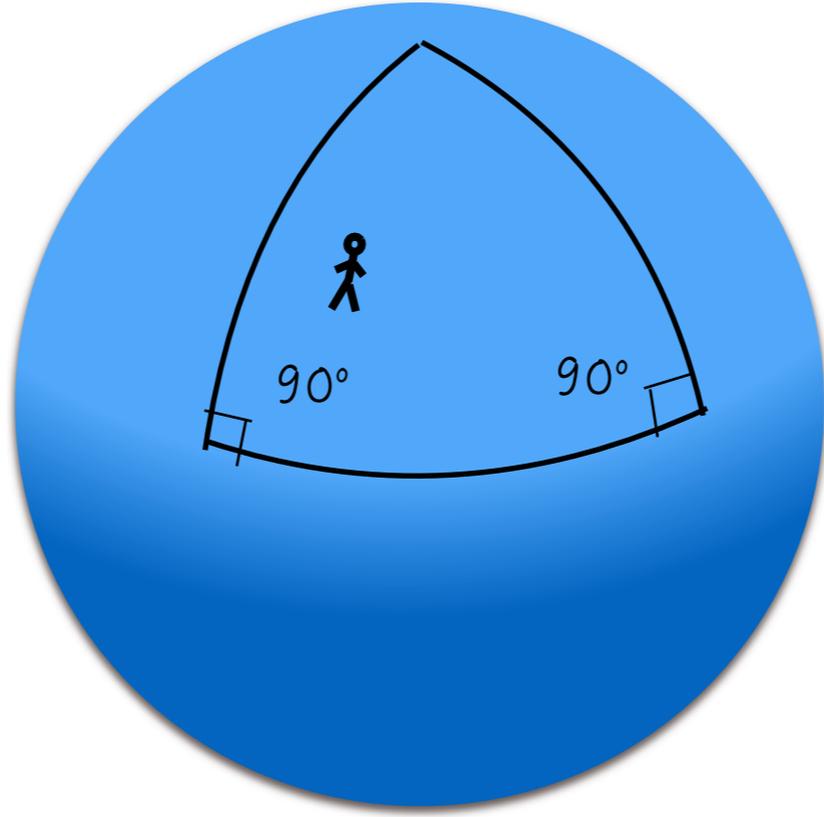
**La GEOMETRÍA
"es" la estructura
del espacio**

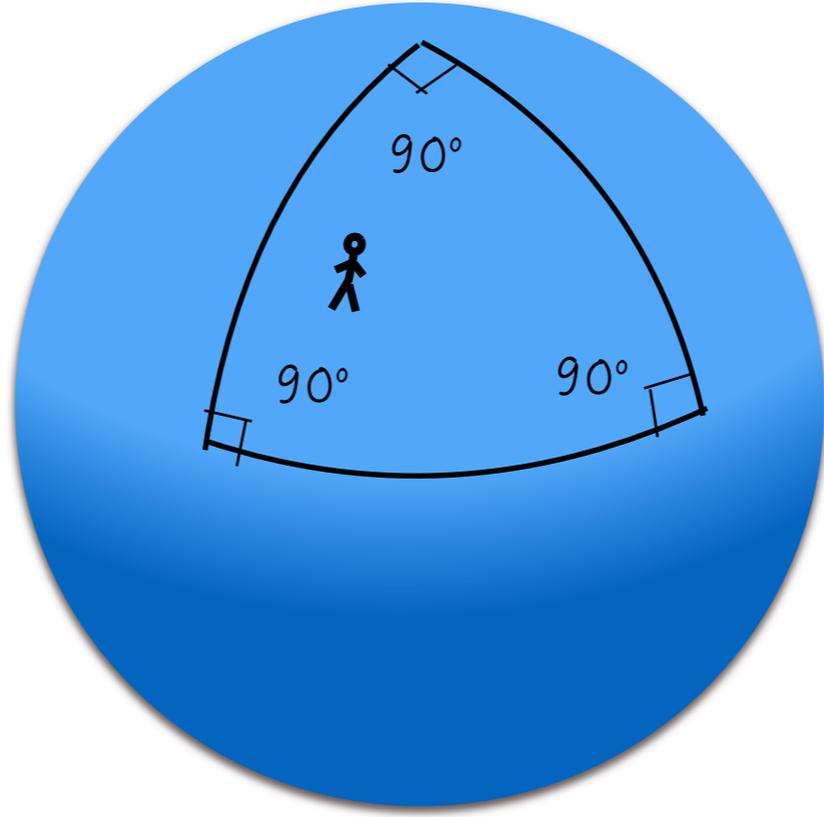


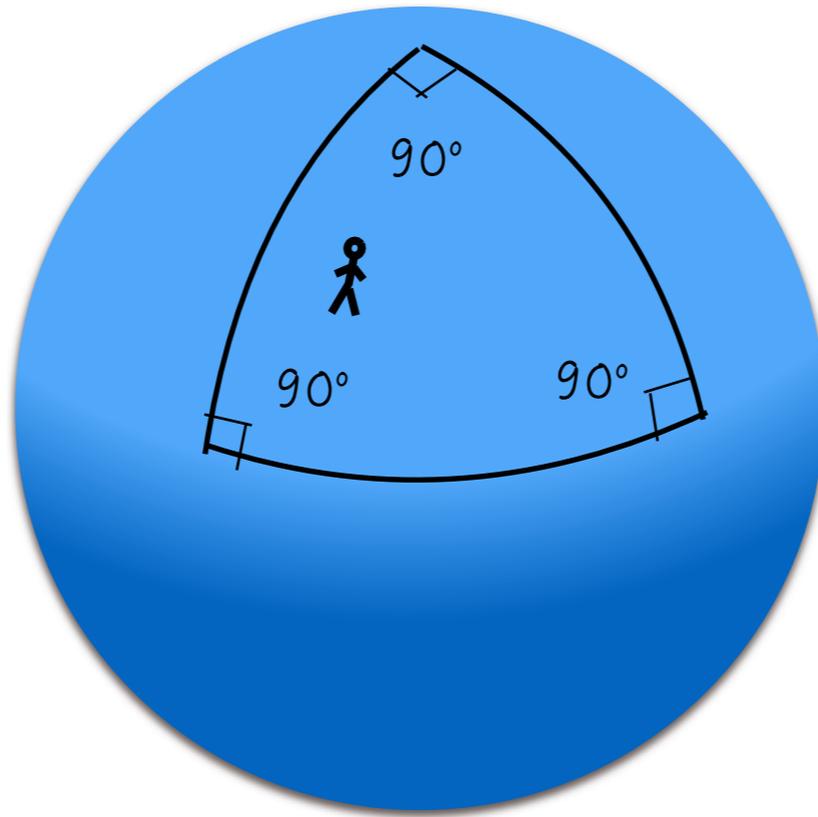




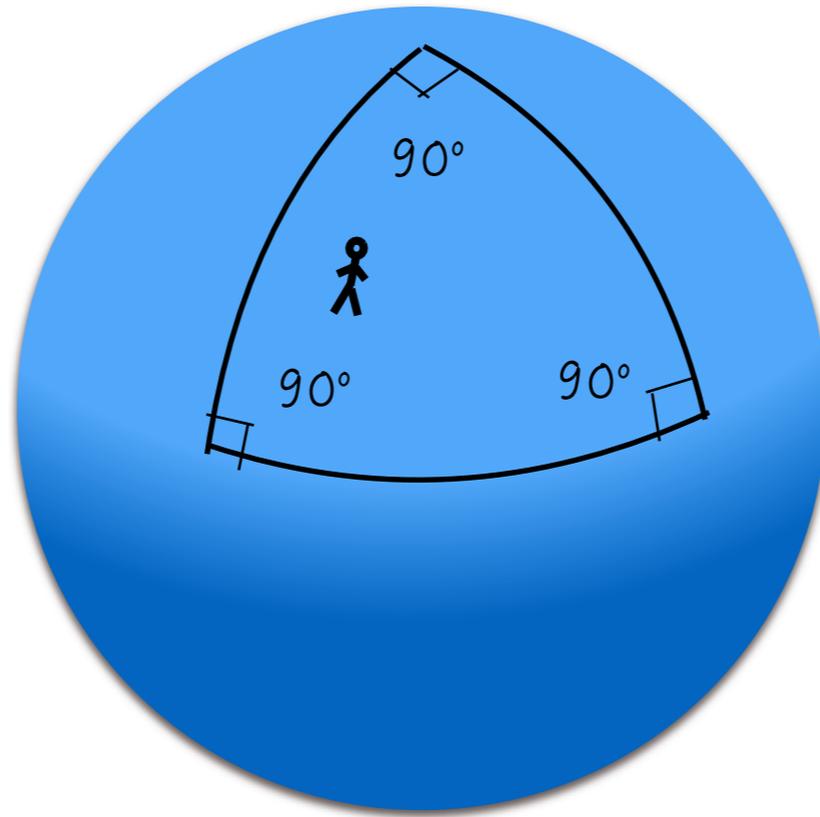








$$\alpha + \beta + \gamma = 270^\circ > 180^\circ$$



$$\alpha + \beta + \gamma = 270^\circ > 180^\circ$$



i Curvatura !



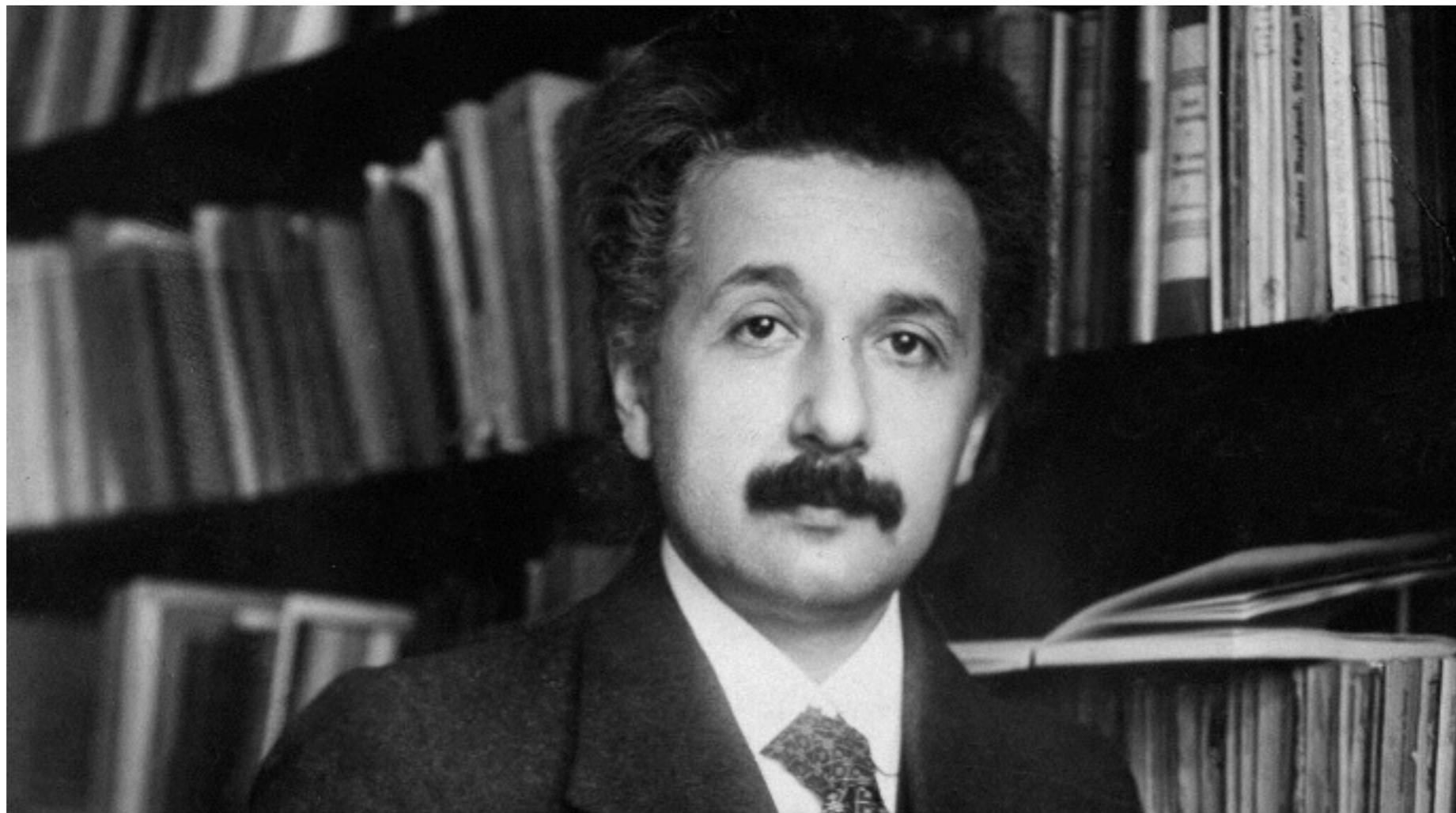


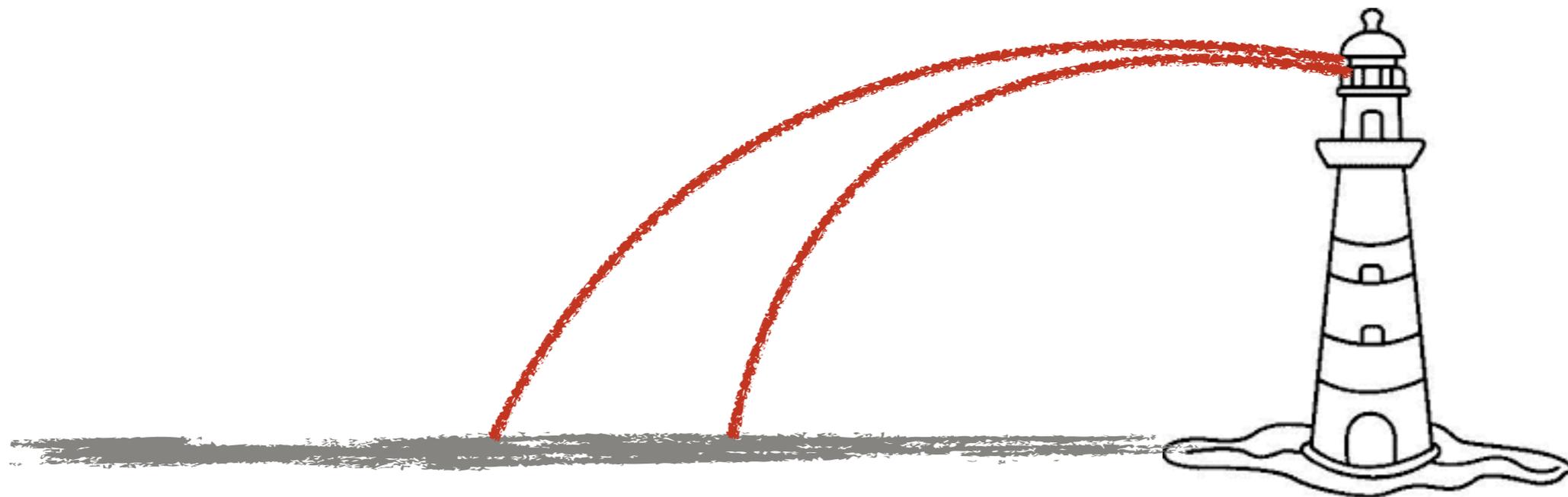


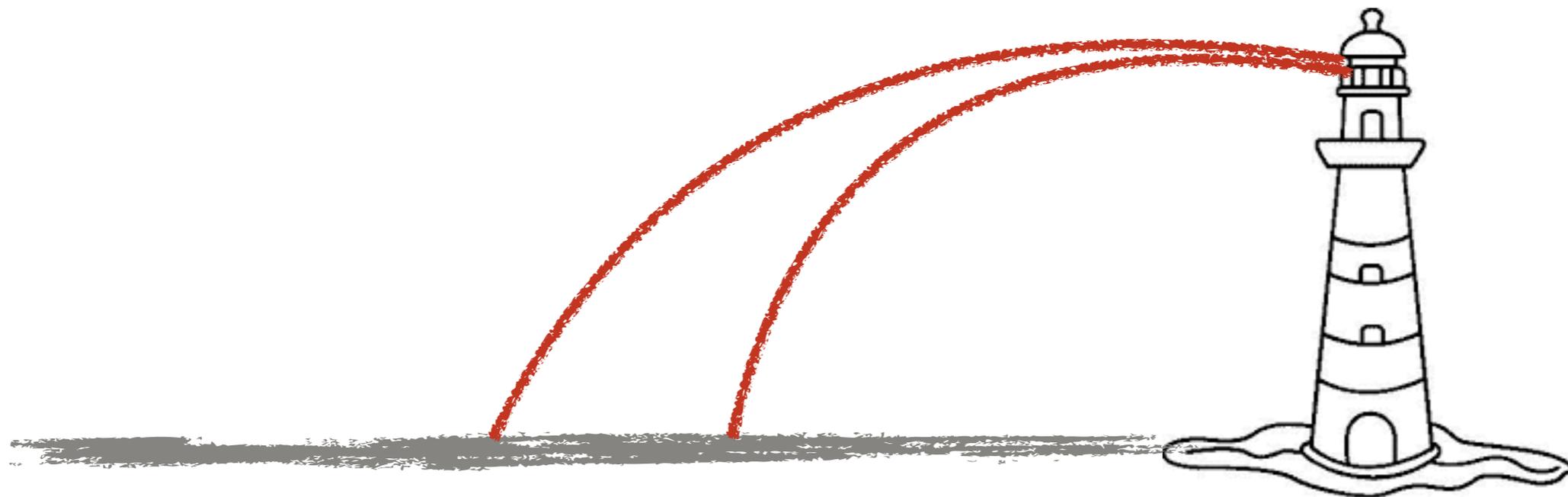
???



Einstein 1915





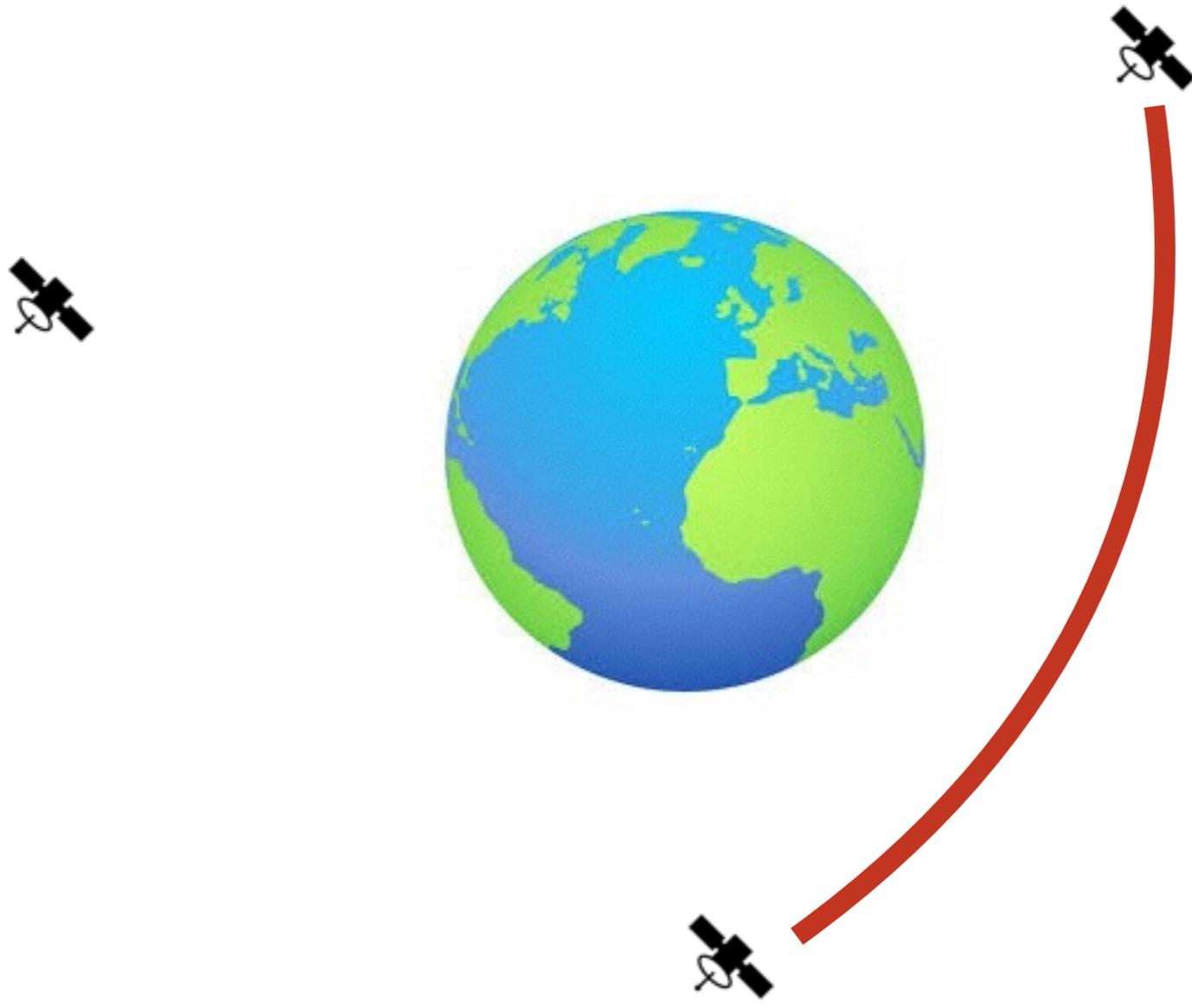


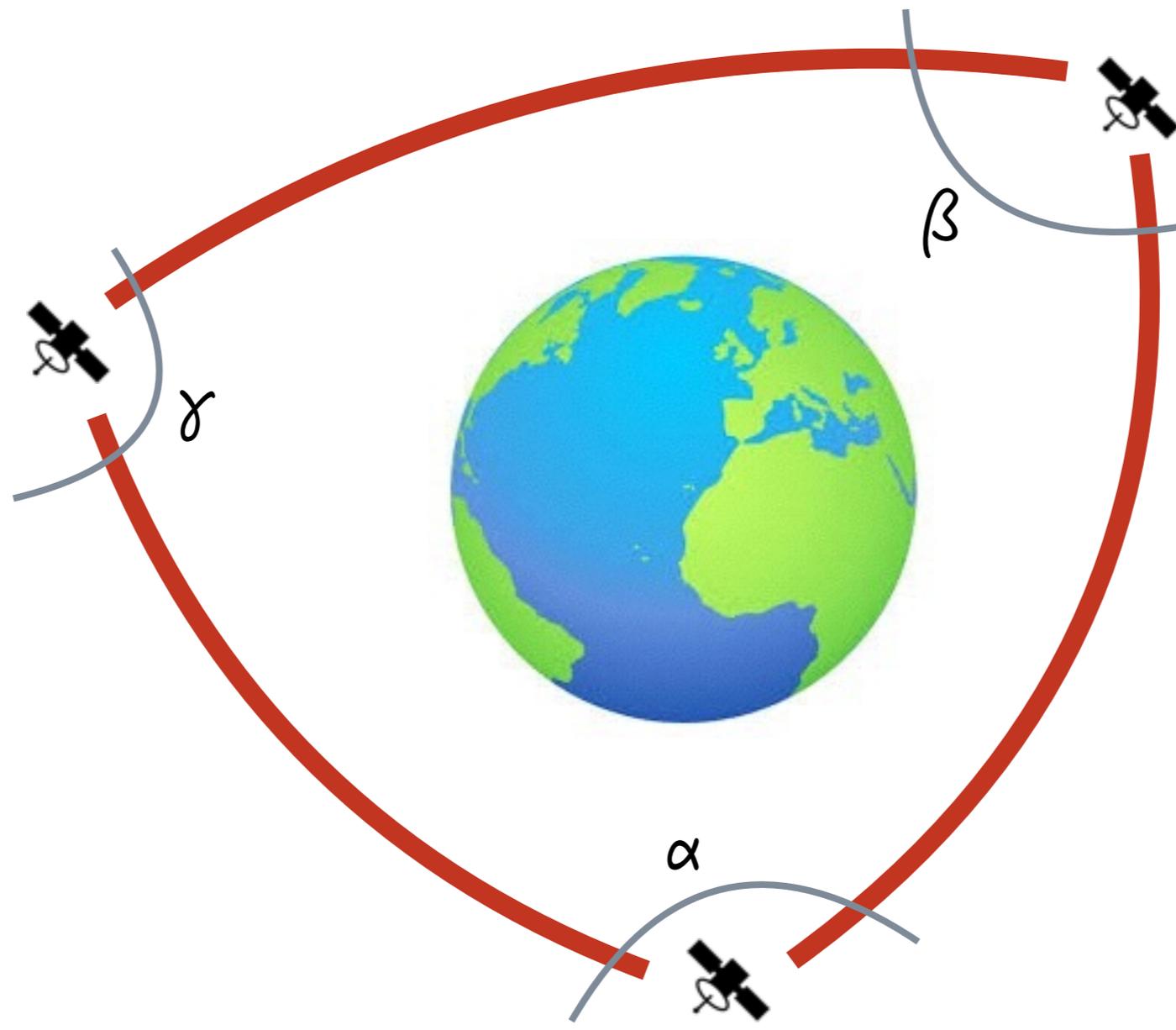
$$i E = m c^2 !$$

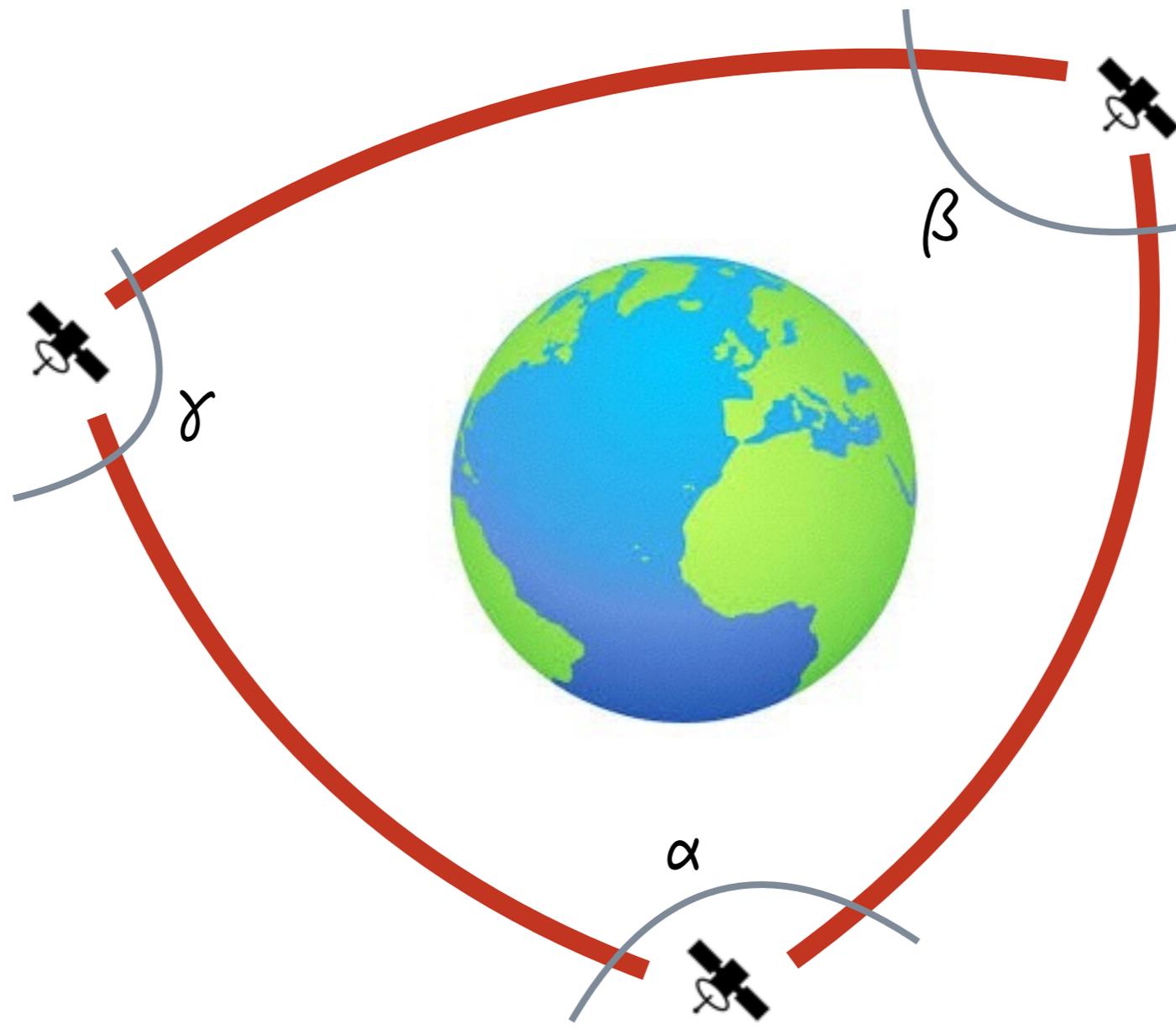
Realmente ...

¡ LA LUZ "CAE" COMO
UNA PIEDRA !

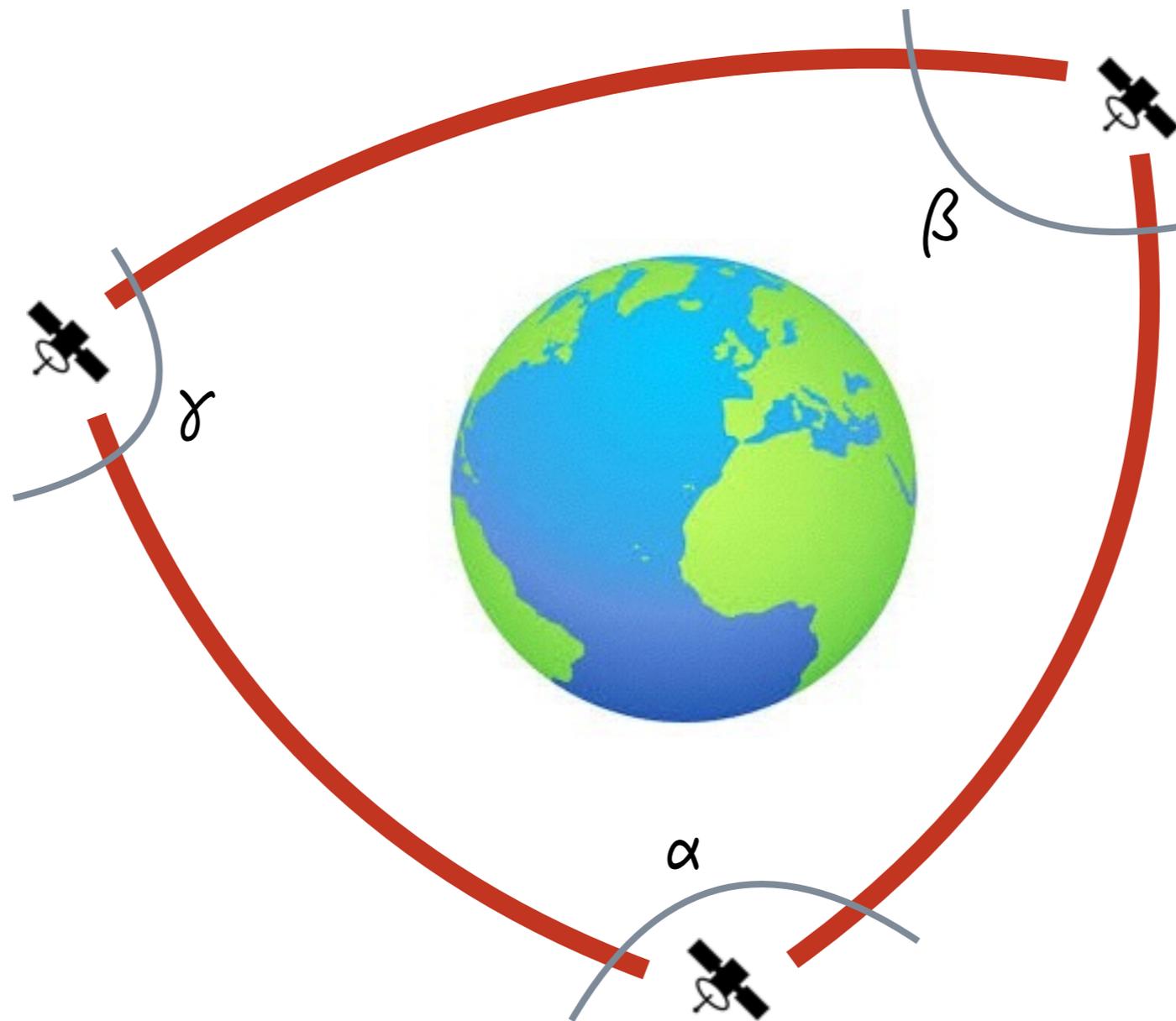






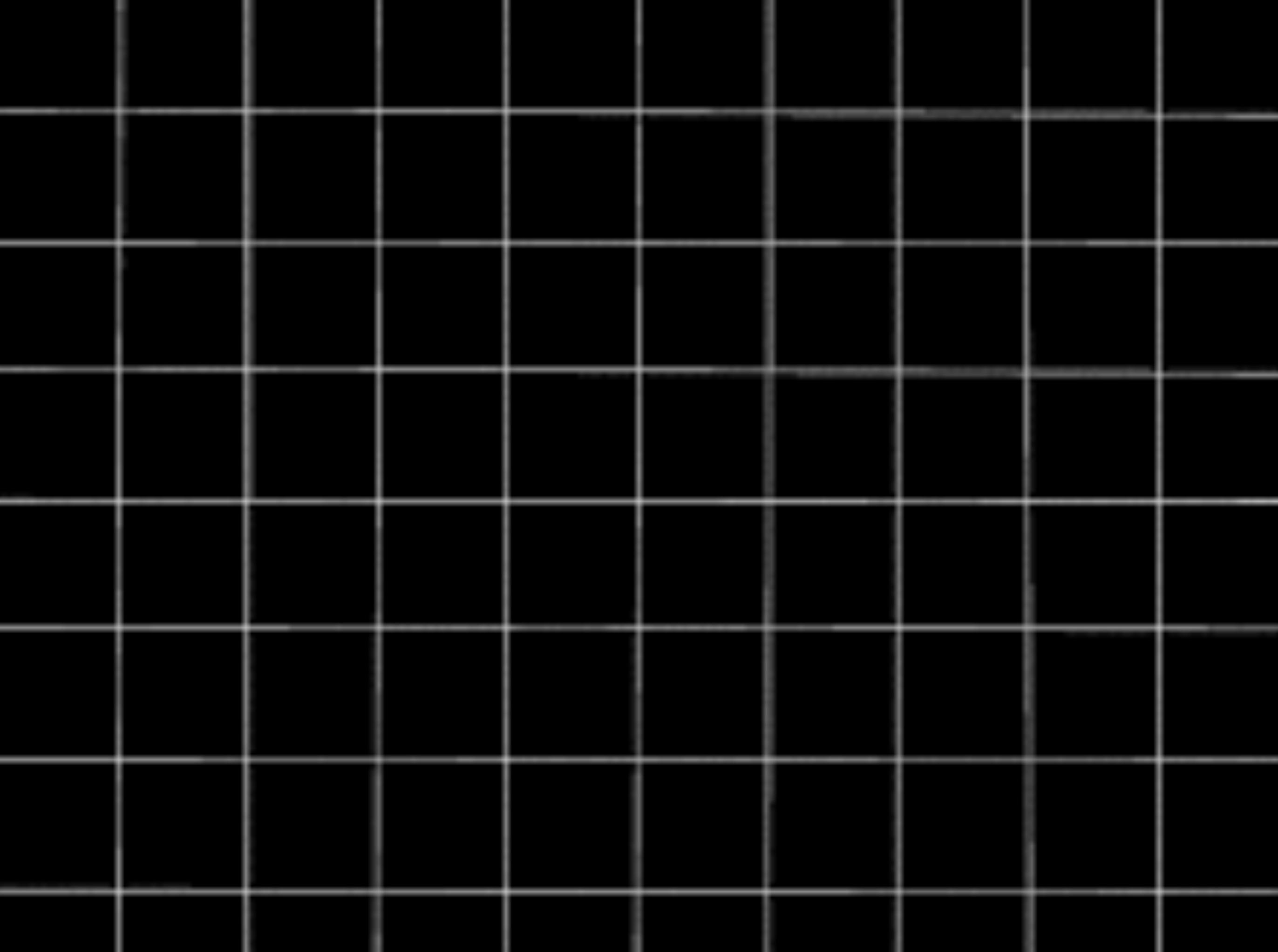


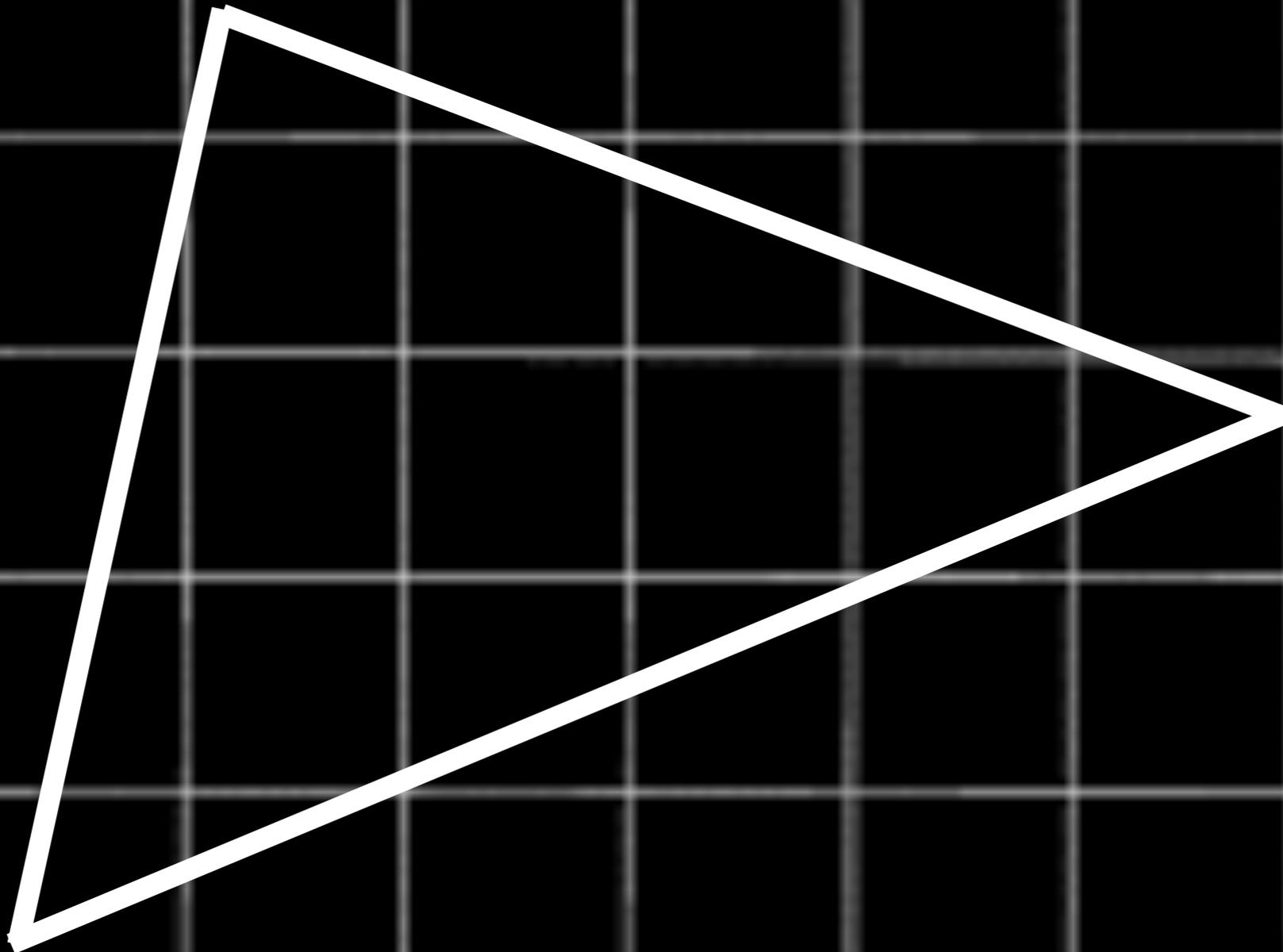
$$\alpha + \beta + \gamma = 180^\circ + 1/10000000000$$

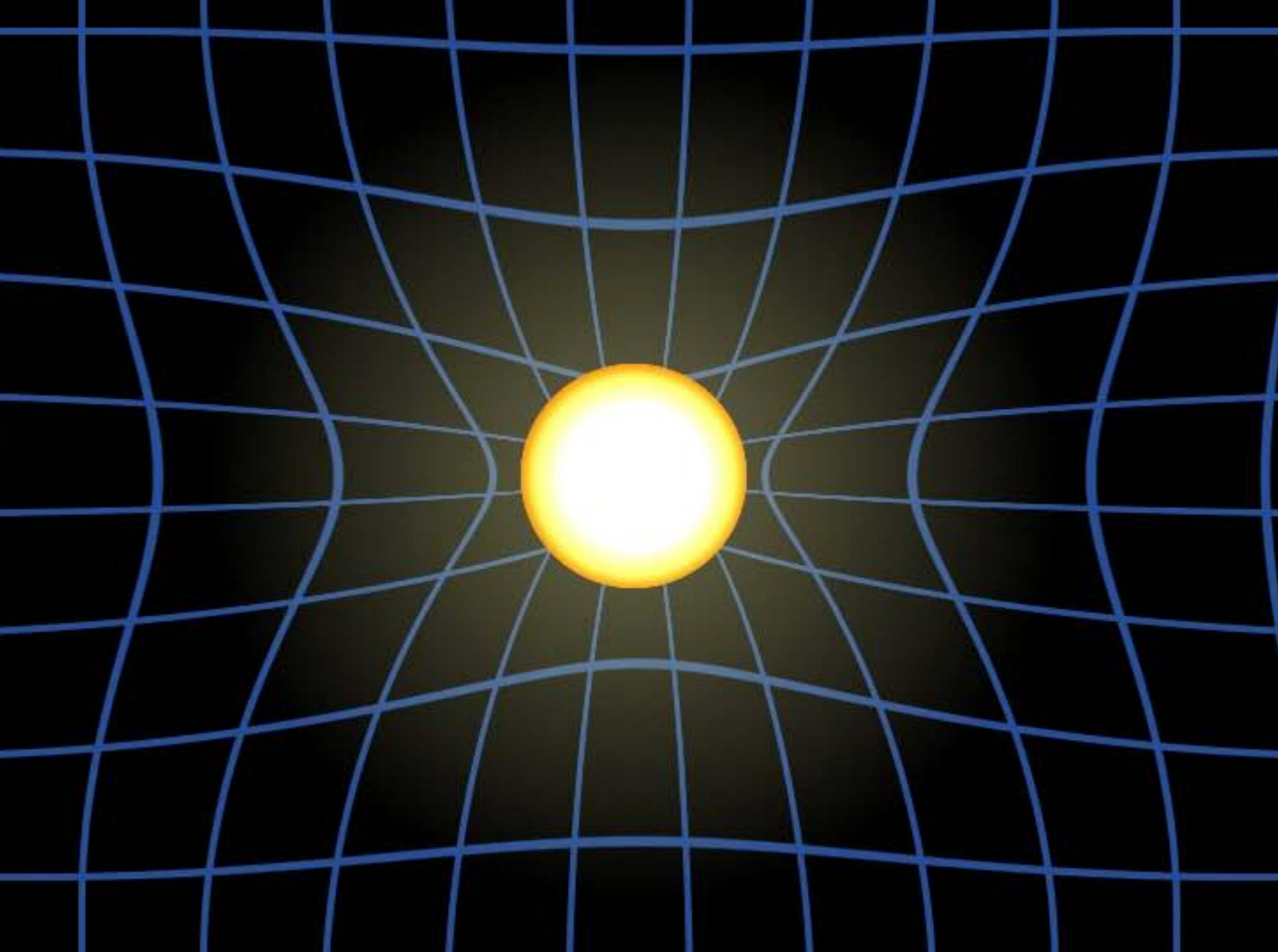


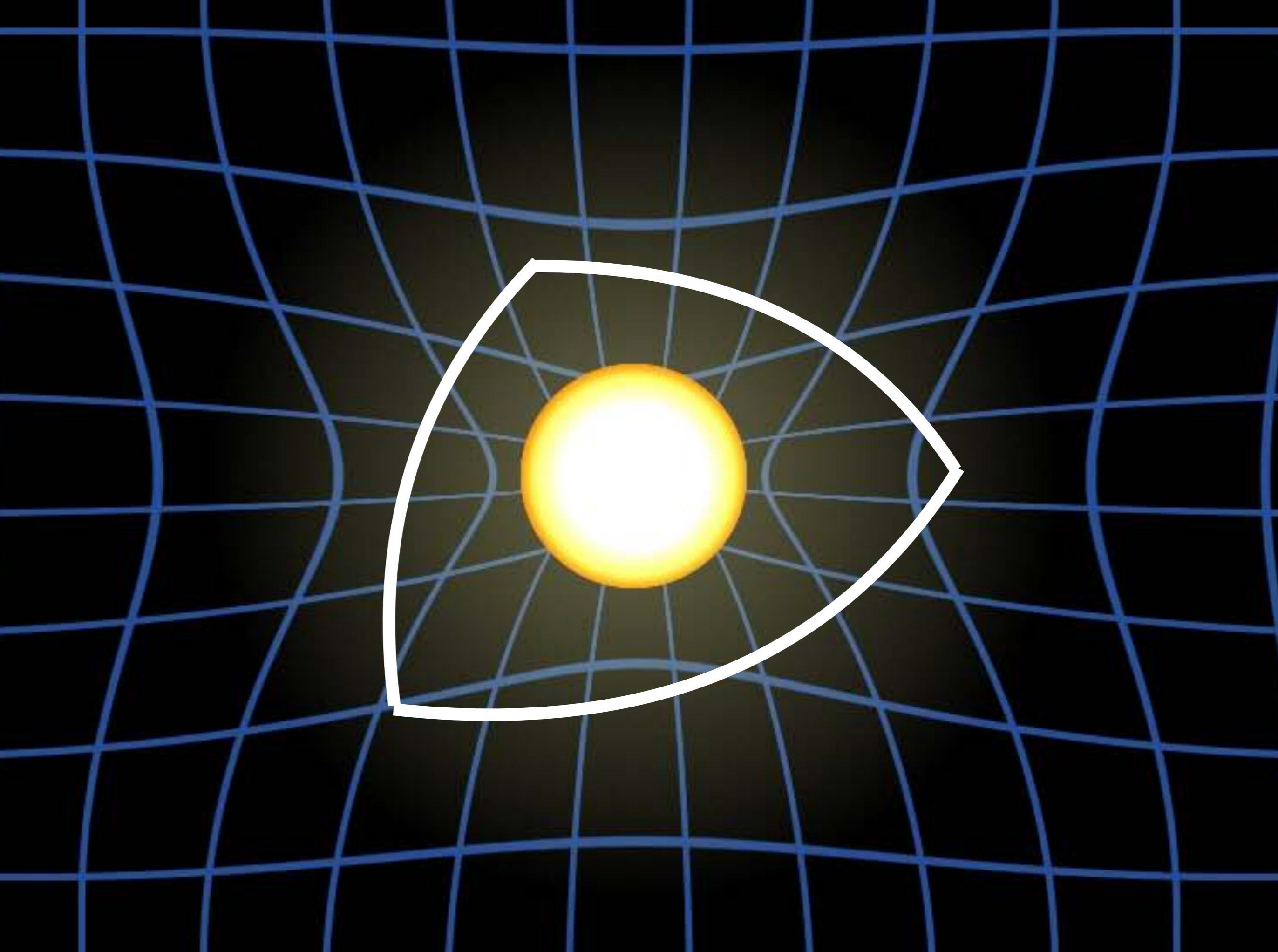
$$\alpha + \beta + \gamma = 180^\circ + 1/10000000000$$

i GPS !



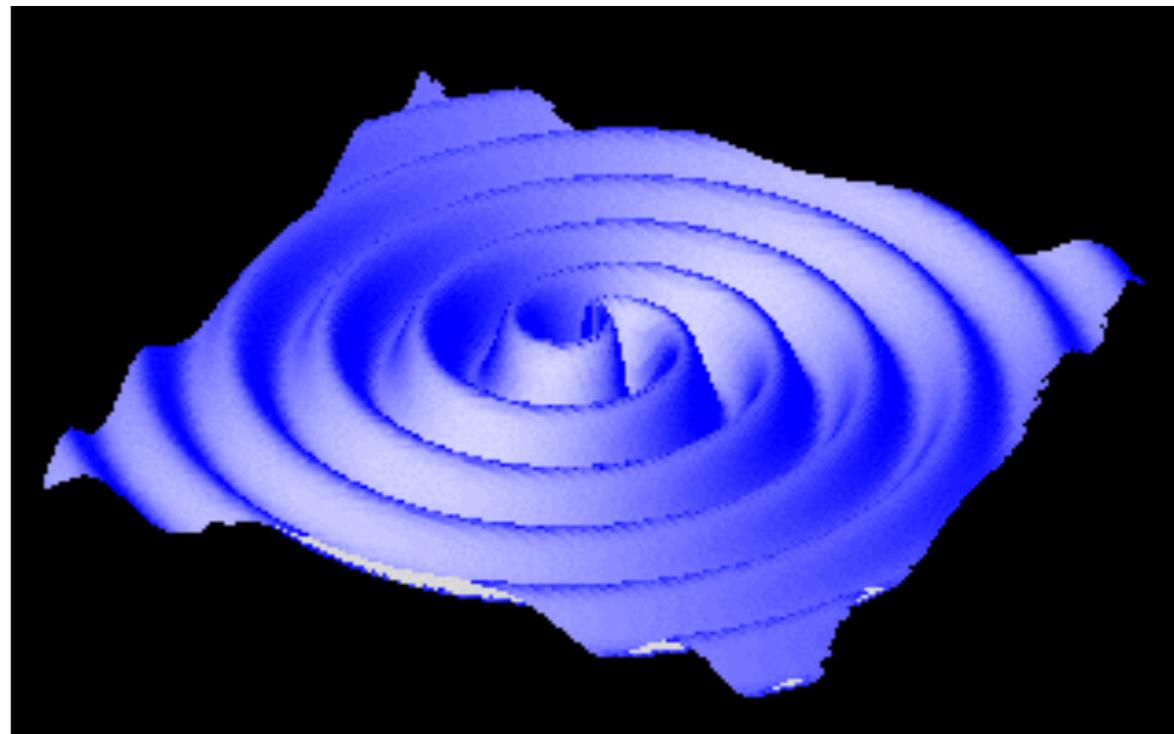






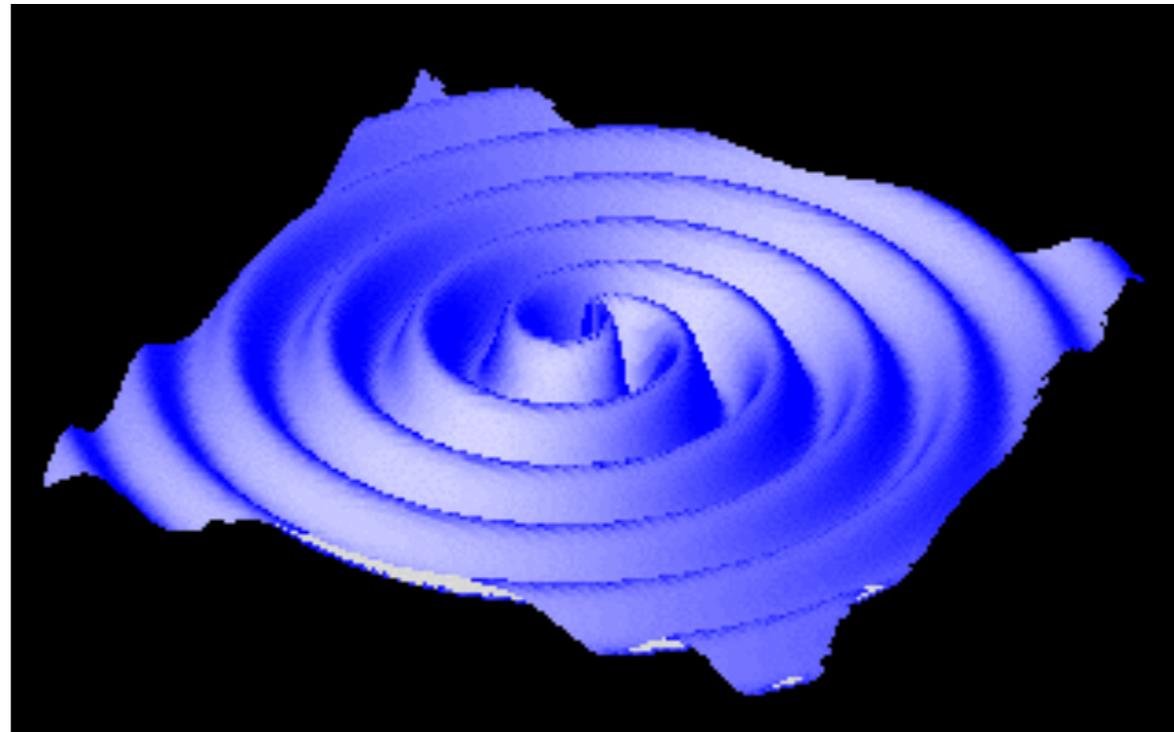
Eslogan

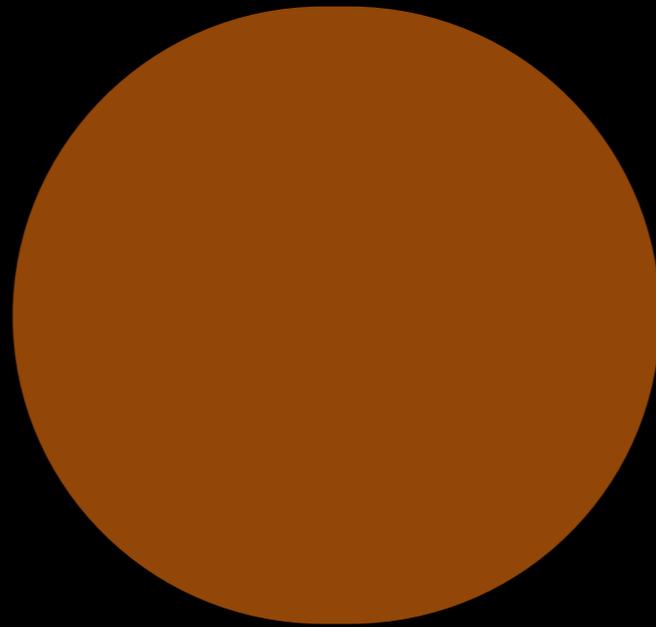
¡ EL ESPACIO SE COMPORTA
COMO UN MEDIO ELÁSTICO !



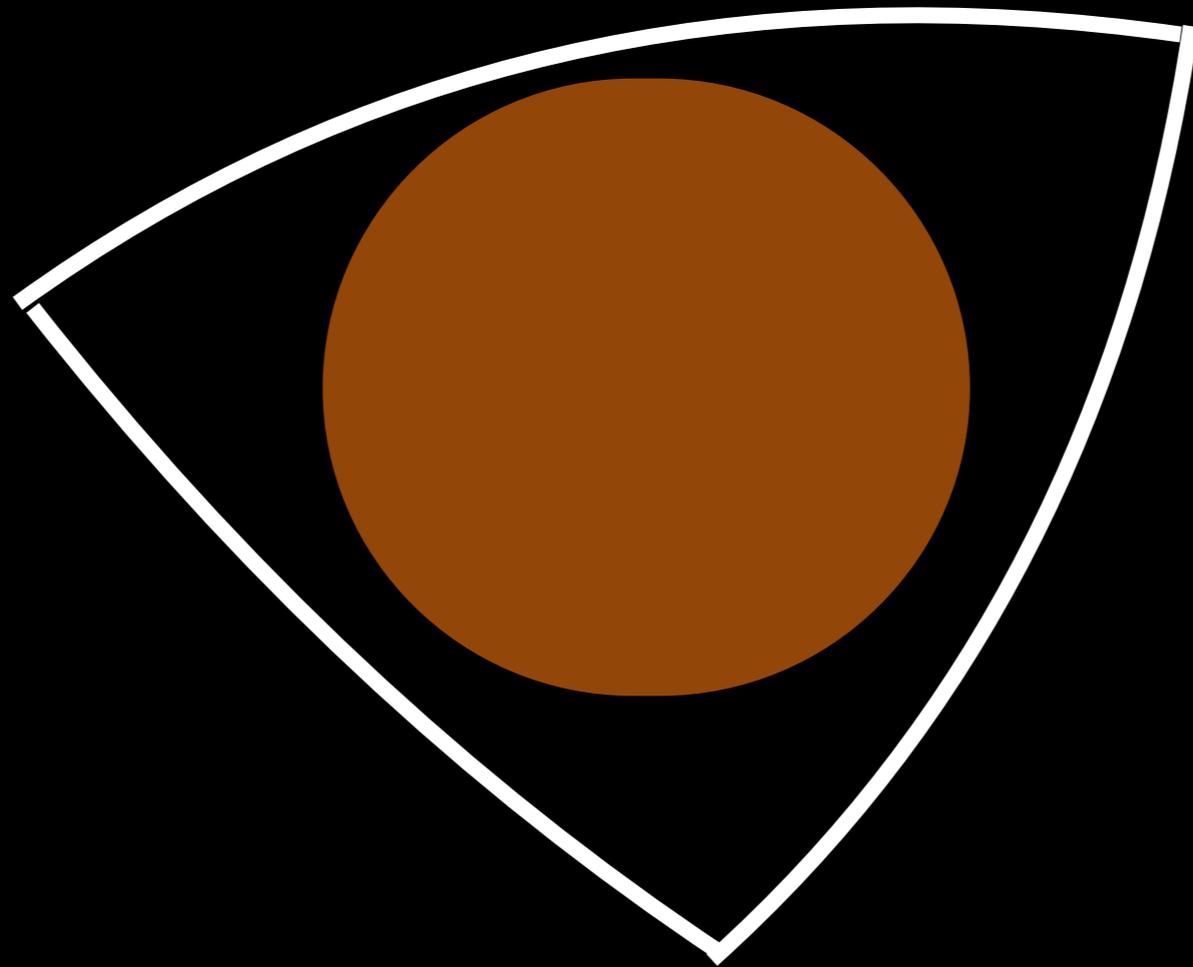
Pregunta

¿ Y SE PUEDE ROMPER ?

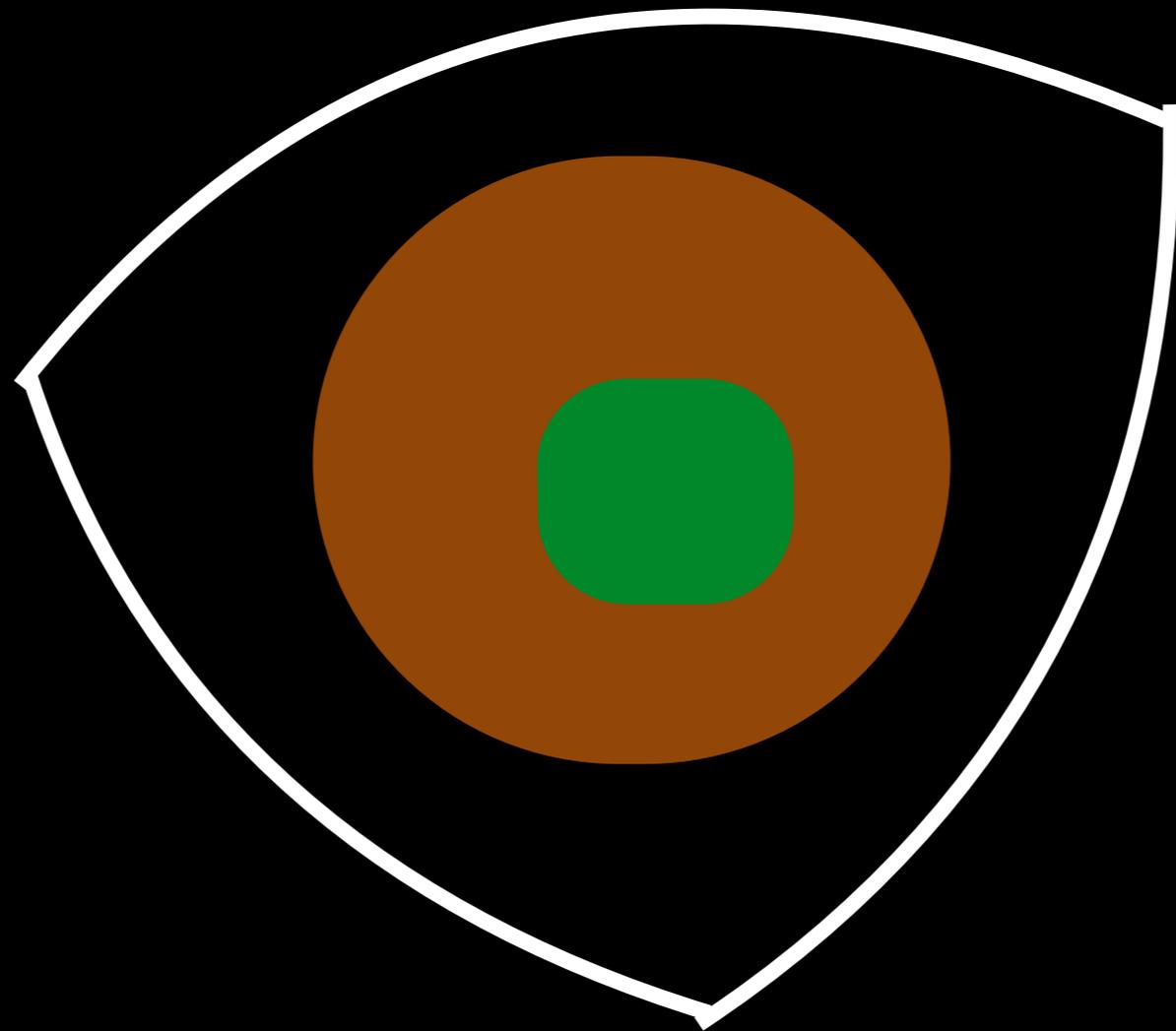




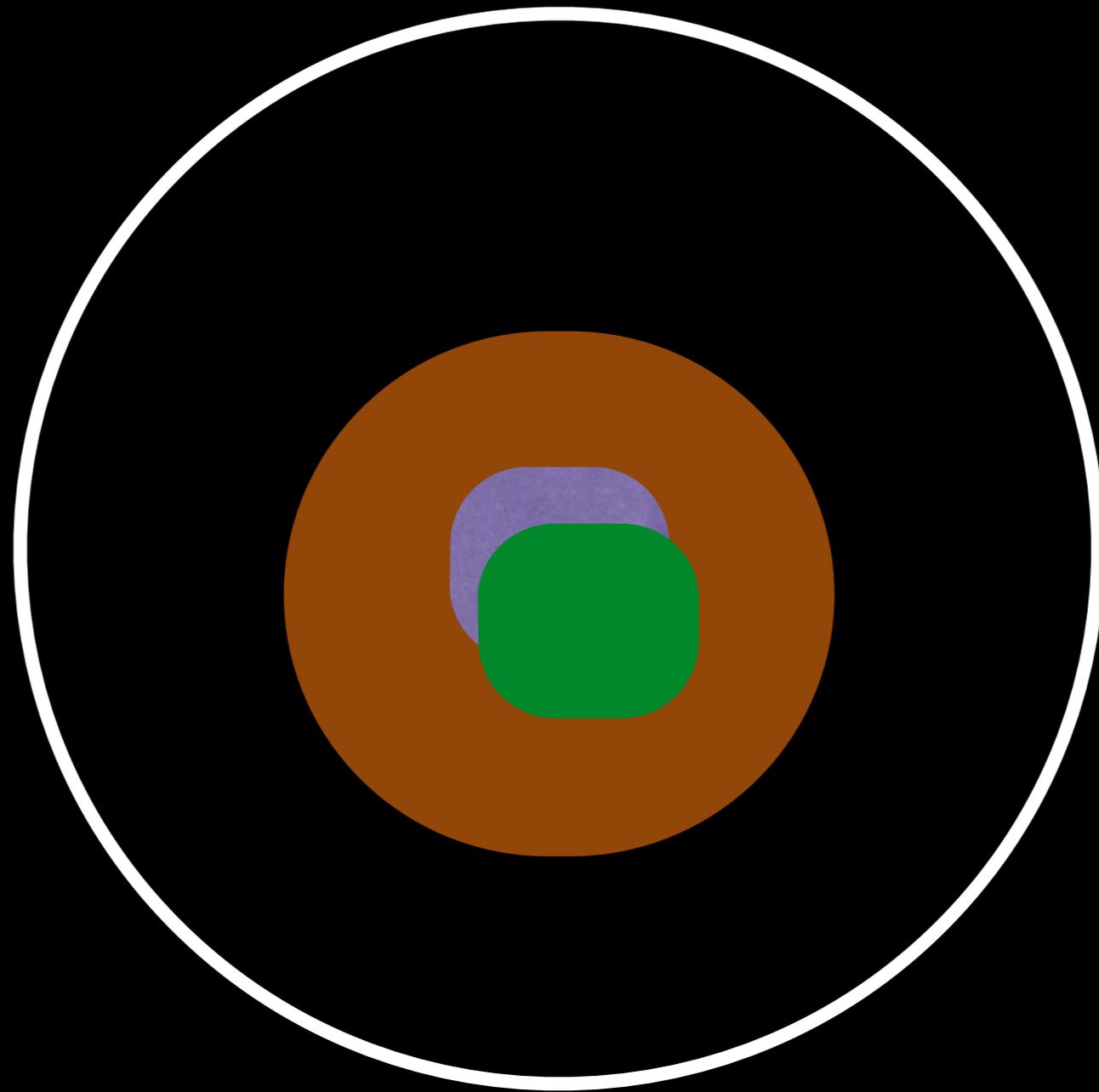
¿ Cuánta curvatura puede soportar
el espacio ?



¿ Cuánta curvatura puede soportar
el espacio ?



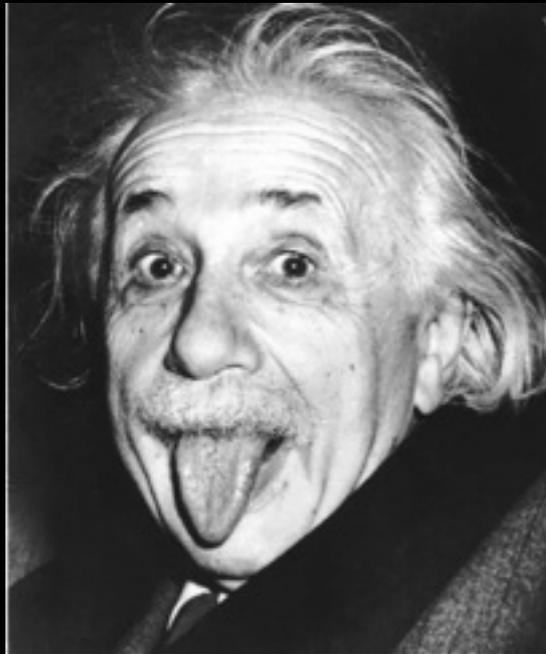
¿ Cuánta curvatura puede soportar
el espacio ?



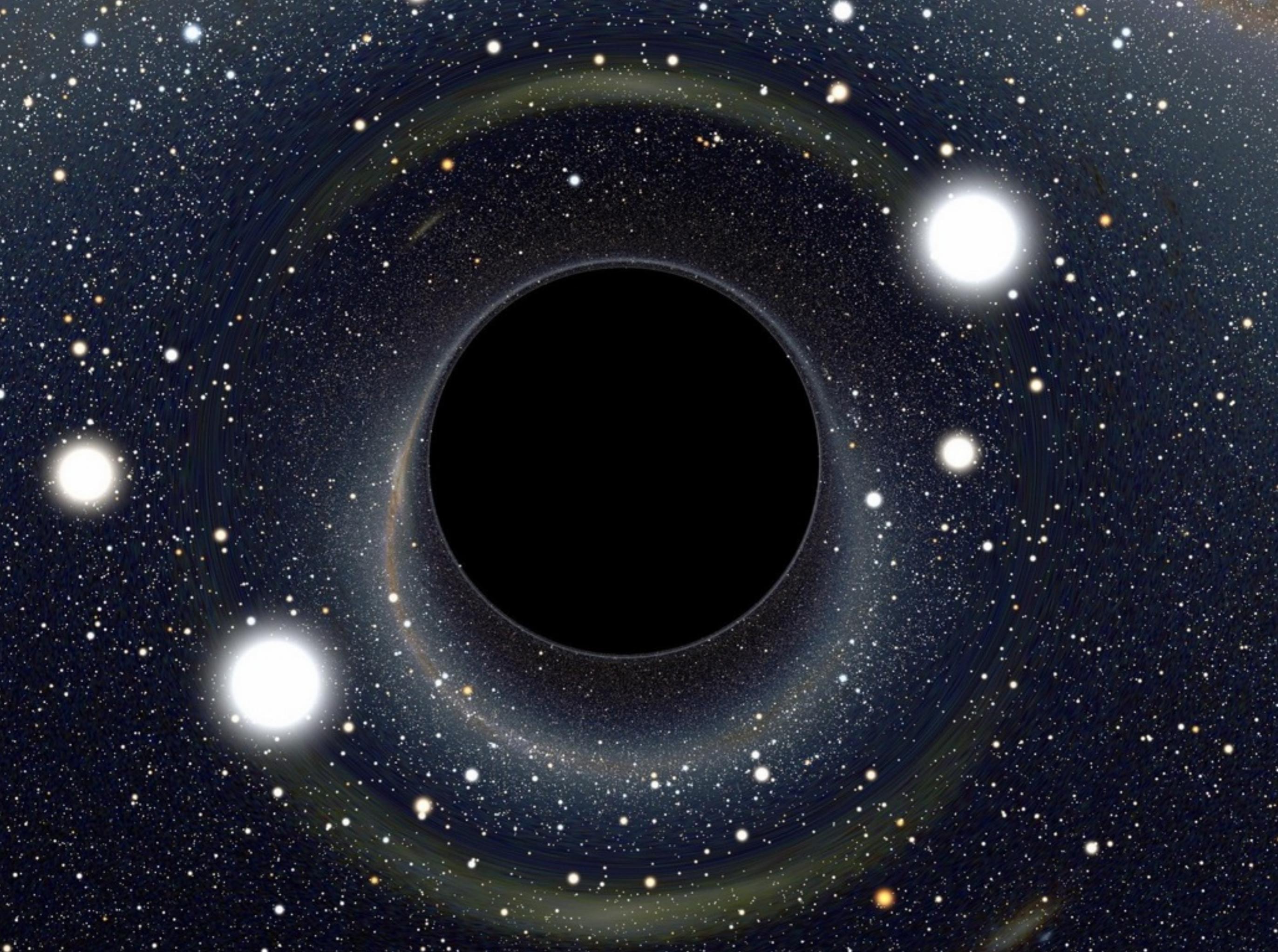
¿ Cuánta curvatura puede soportar
el espacio ?



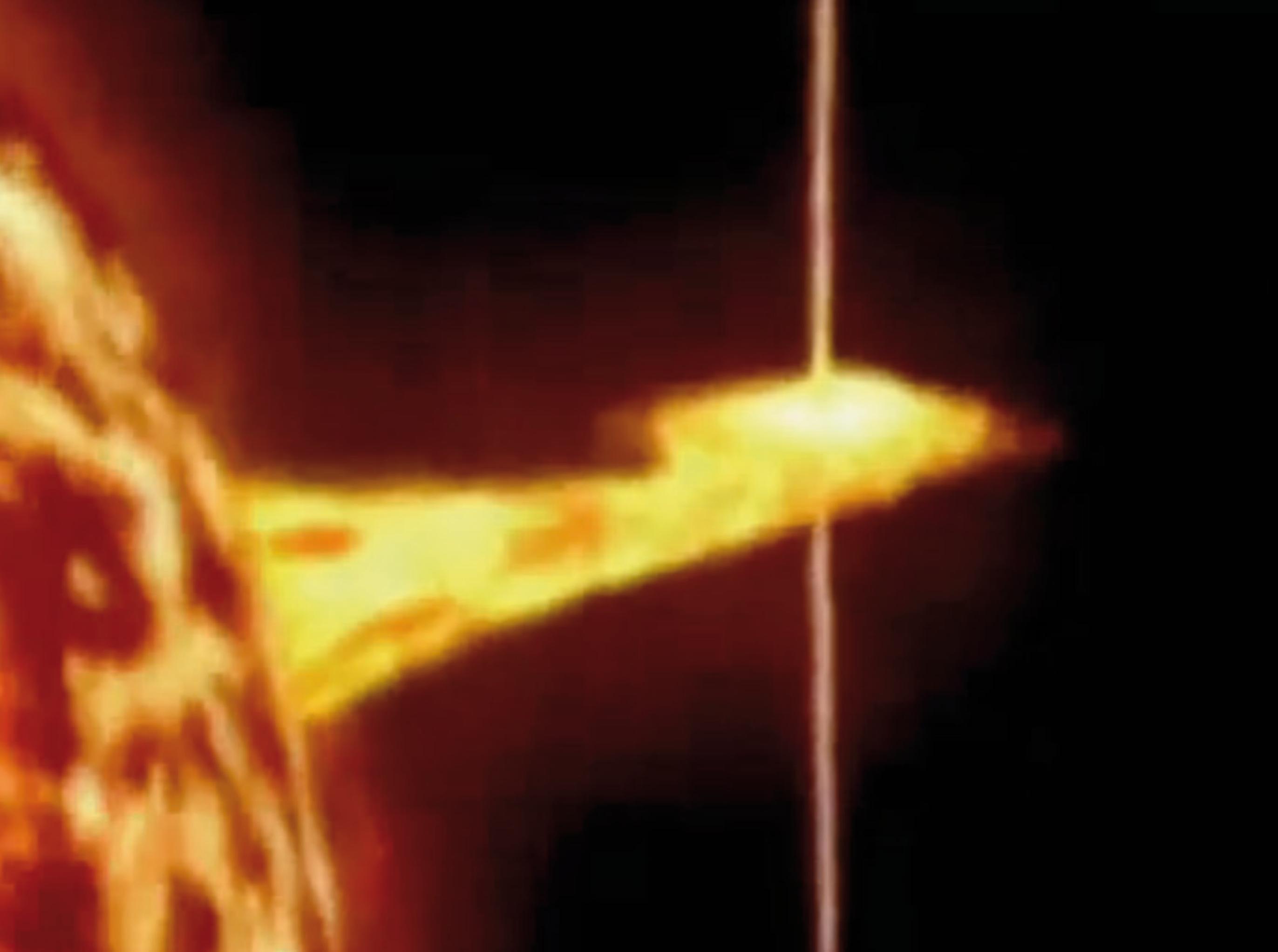
¡ AGUJERO NEGRO !

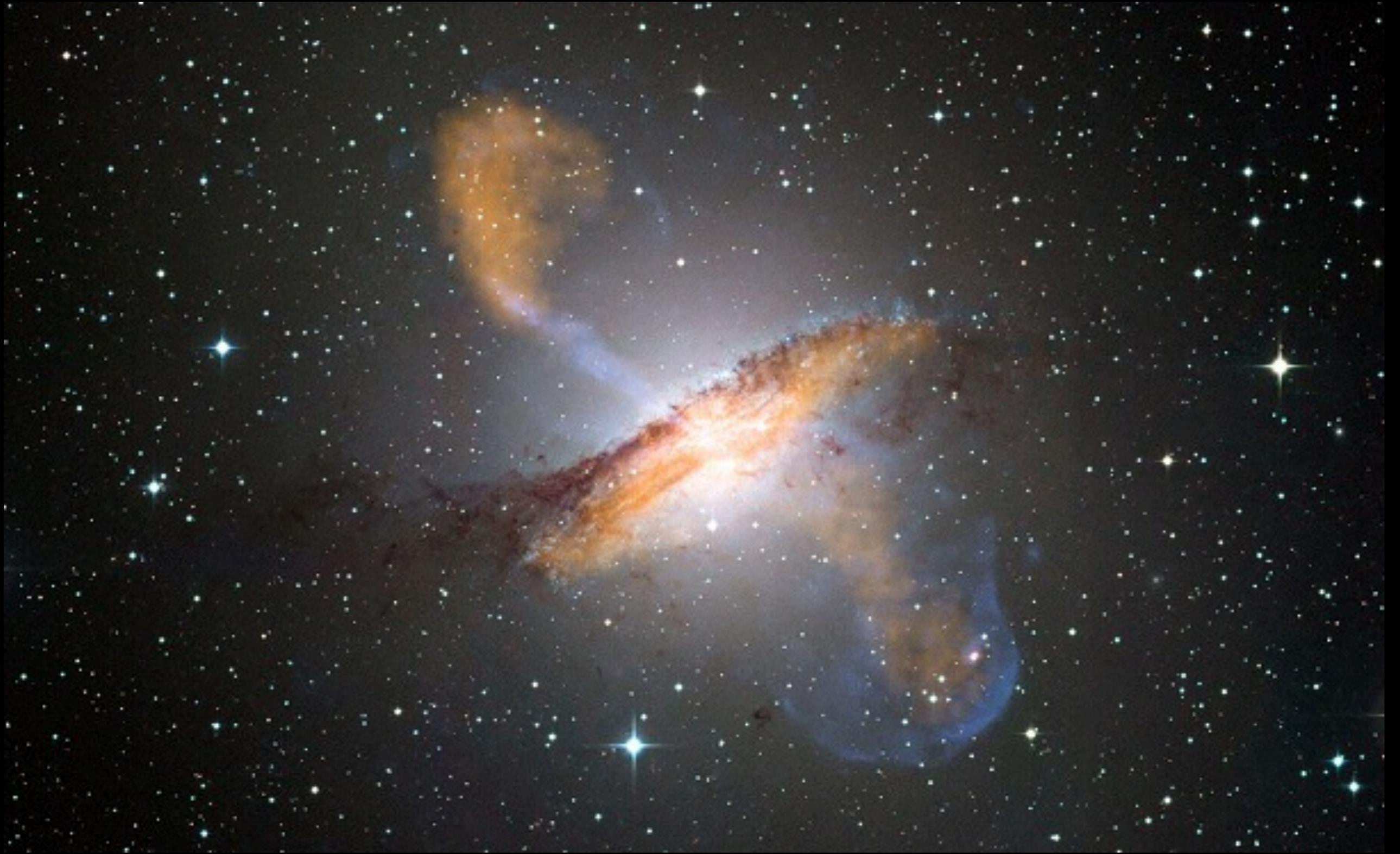


¡ AGUJERO NEGRO !





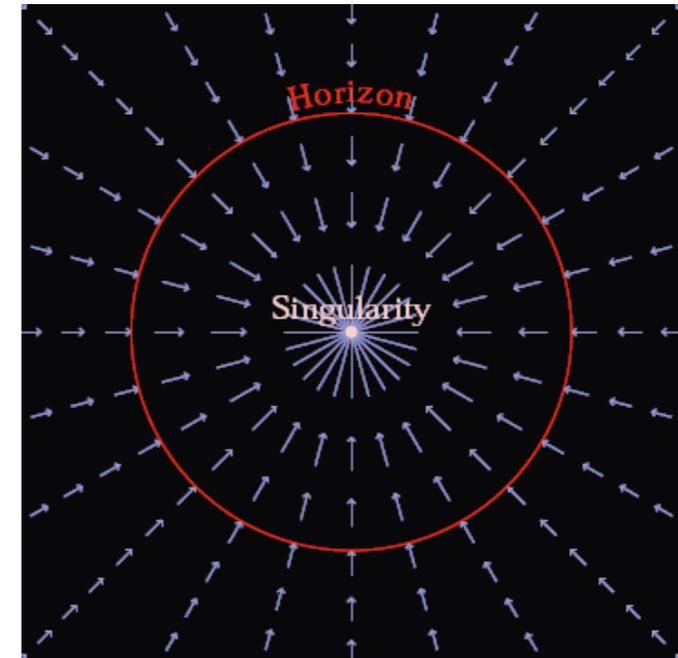




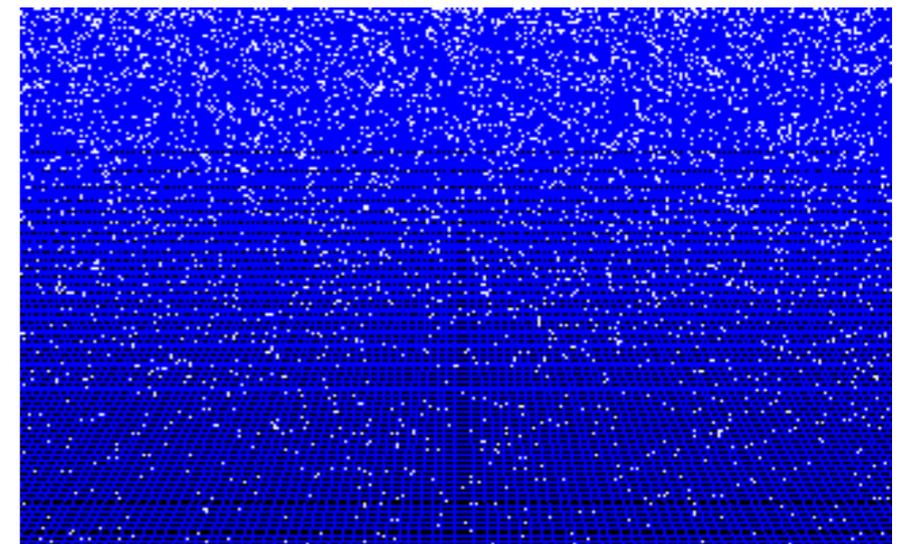
La ecuación de Einstein

... o la ley de la elasticidad del vacío

La energía "material" localizada
tiende a contraer el espacio



La energía de "vacío" deslocalizada
tiende a estirar el espacio



El fin del espacio-tiempo

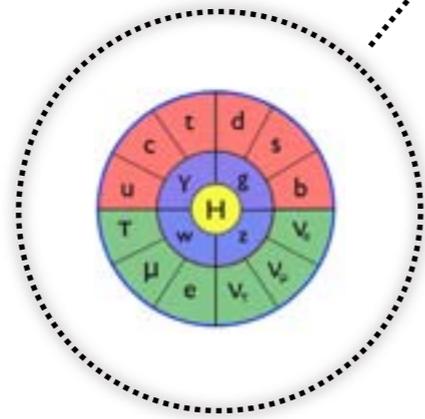
... OCURRE DENTRO DE UN
AGUJERO NEGRO

... EL LÍMITE
DE RESISTENCIA ESTRUCTURAL DEL
ESPACIO-TIEMPO DE EINSTEIN

La fascinación del vacío...





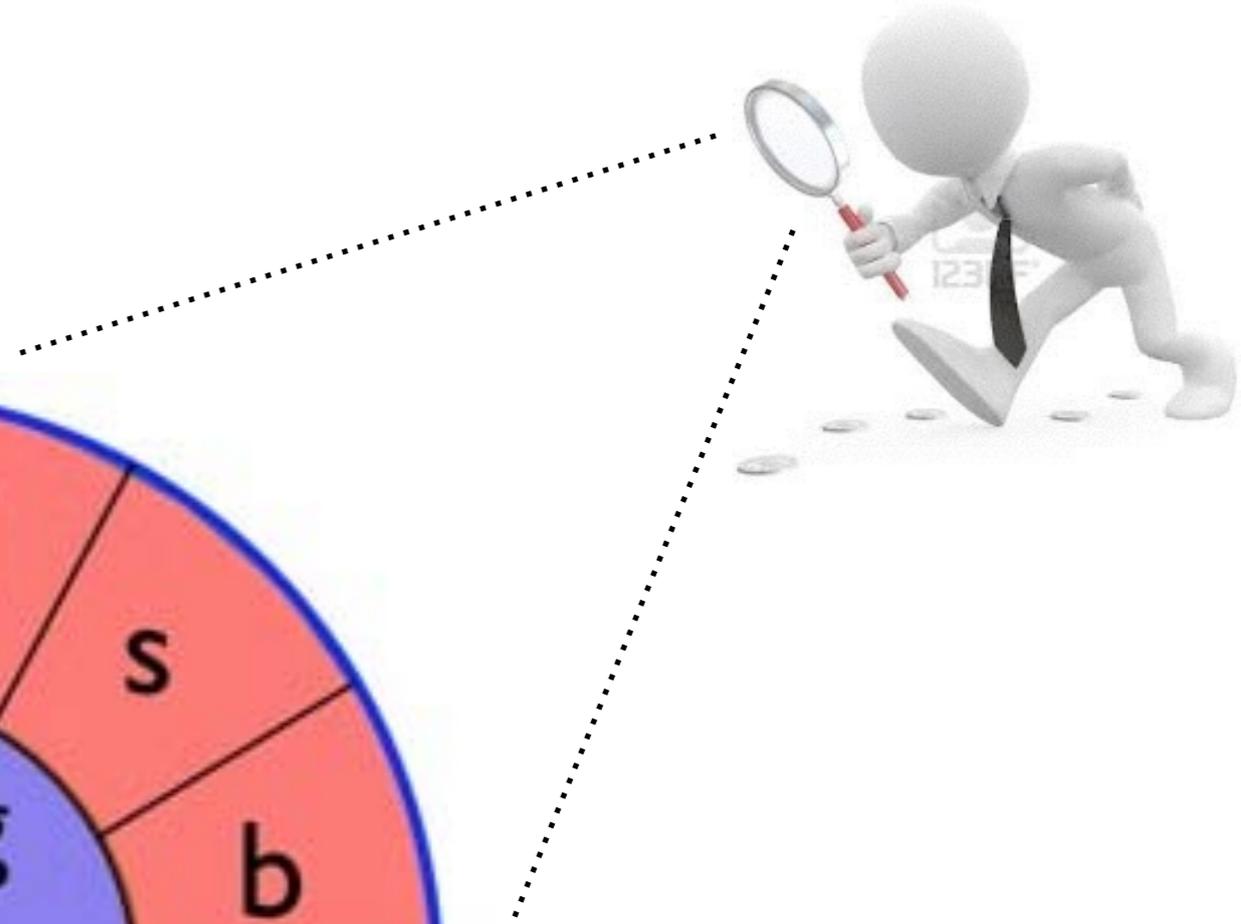
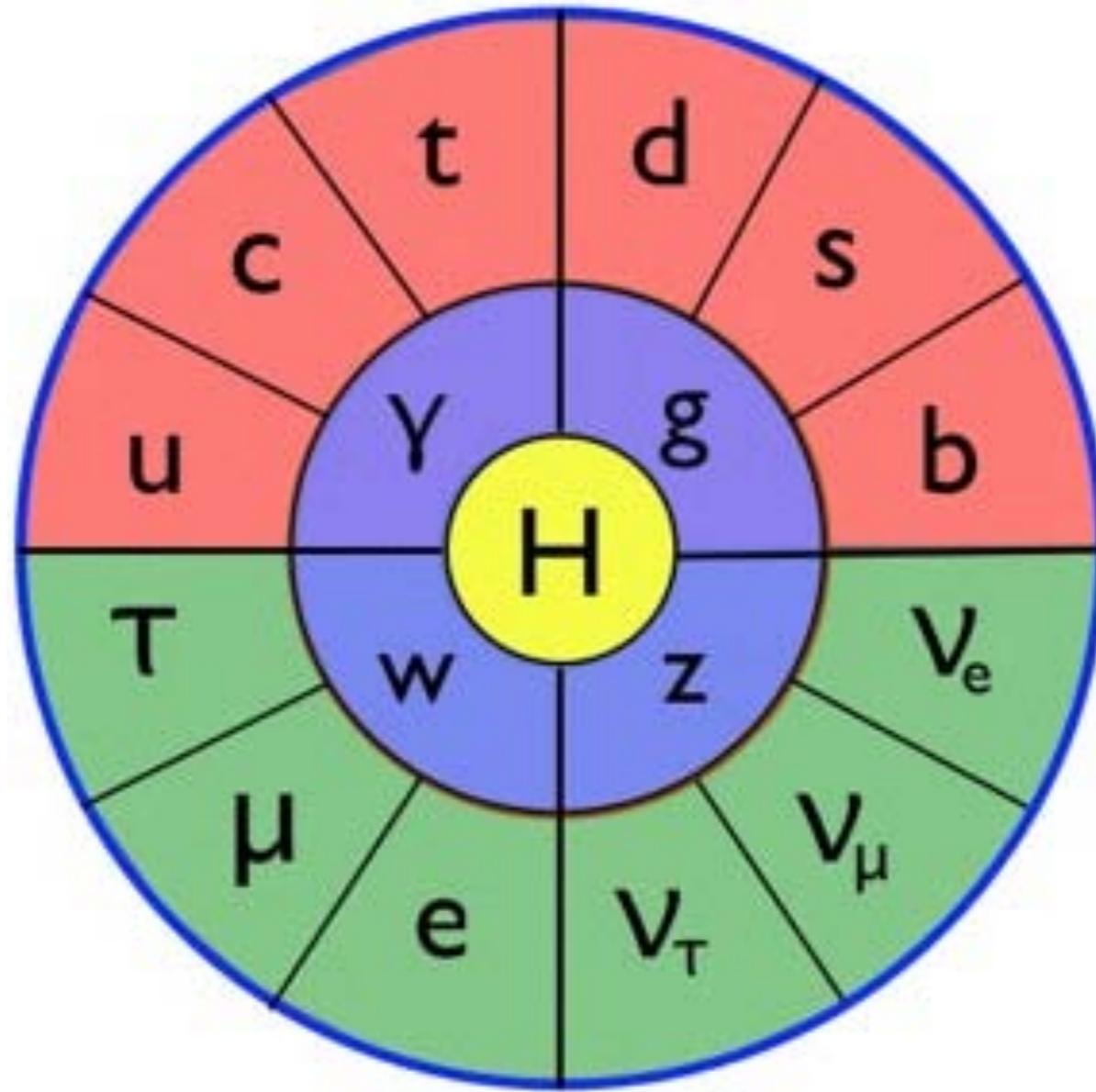




$$E = mc^2$$



$$\Delta E \Delta t \sim h$$





$$E = m c^2$$



$$\Delta E \Delta t \sim h$$



EL VACÍO ESTÁ LLENO
DE PARTÍCULAS "BAILANDO"
UNA SUTIL COREOGRAFÍA
CUÁNTICA





$$E = m c^2$$



$$\Delta E \Delta t \sim h$$

Particula estable masiva



EL VACÍO ESTÁ LLENO
DE PARTÍCULAS "BAILANDO"
UNA SUTIL COREOGRAFÍA
CUÁNTICA

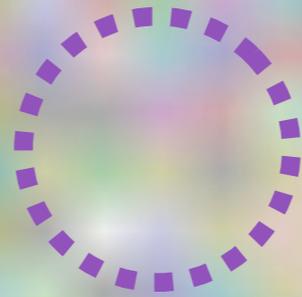




$$E = m c^2$$



$$\Delta E \Delta t \sim h$$

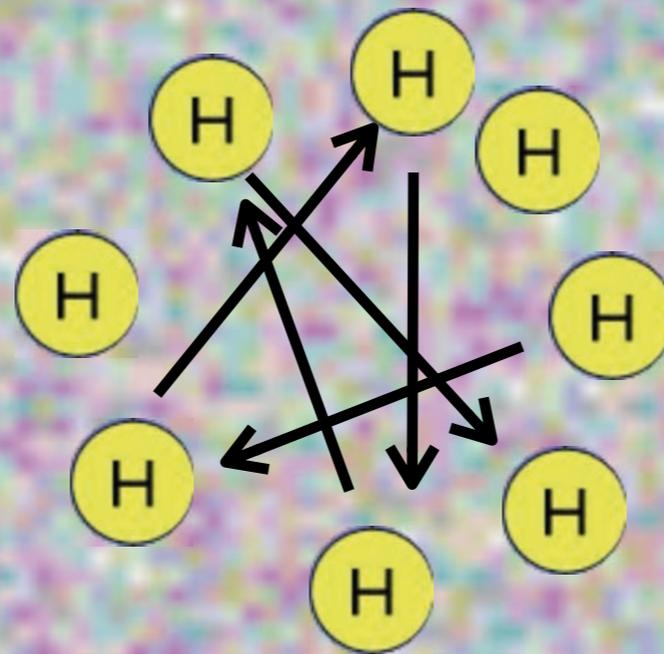


Zona de interacción $\sim 1/\text{masa}$

$$\text{Masa} = \text{Energía} / c^2$$



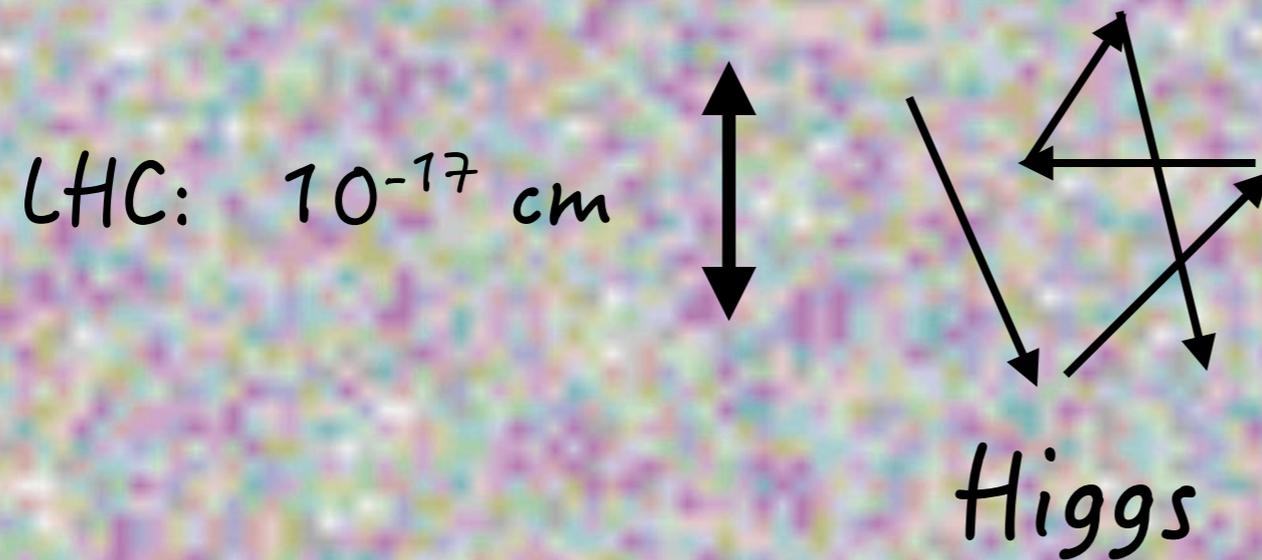
Higgs da la contribución principal



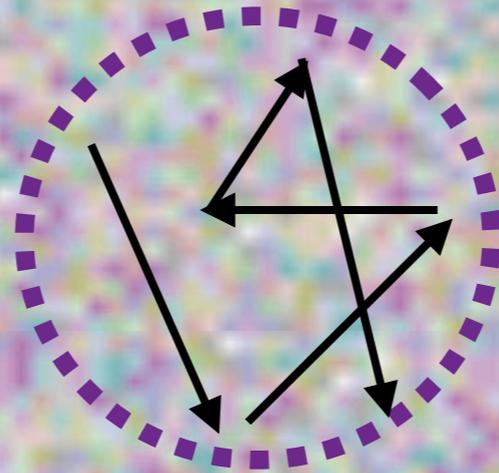
tamaño cuántico de la partícula masiva

¿CUÁL ES EL MÍNIMO TAMAÑO CUÁNTICO MEDIDO?

Zona de interacción \sim $1/MASA$



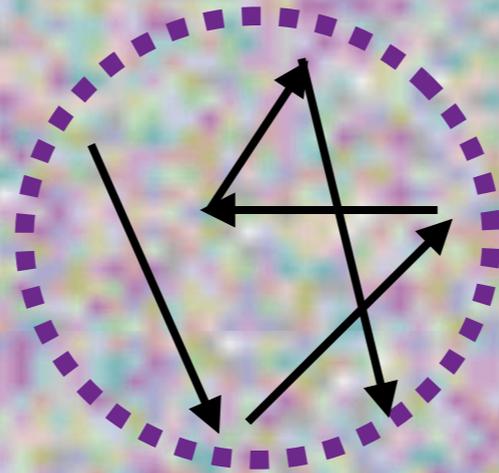
Zona de interacción \sim $1/MASA$



¿CUÁL ES EL MÍNIMO TAMAÑO CUÁNTICO POSIBLE?

Zona de interacción

$$\sim 1/MASA$$

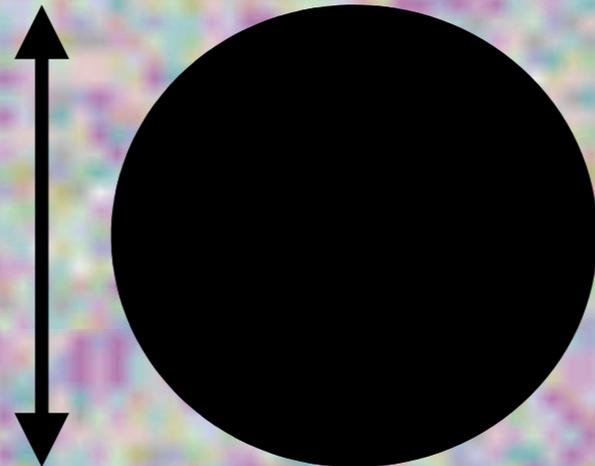


¿CUÁL ES EL MÍNIMO TAMAÑO CUÁNTICO POSIBLE?

Zona de interacción

$$\sim 1/MASA$$

10^{-33} cm

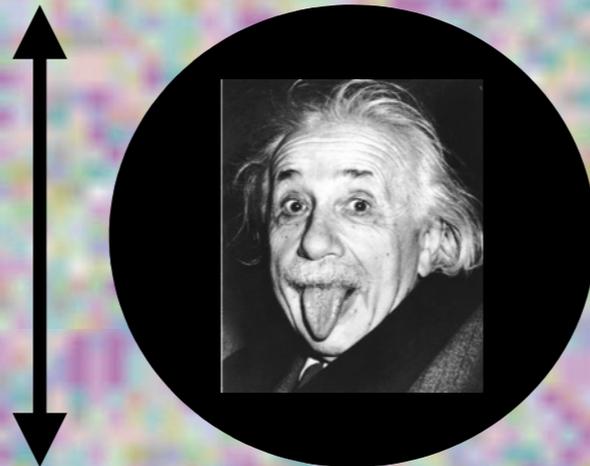


¿CUÁL ES EL MÍNIMO TAMAÑO CUÁNTICO POSIBLE?

Zona de interacción

$$\sim 1/MASA$$

10^{-33} cm



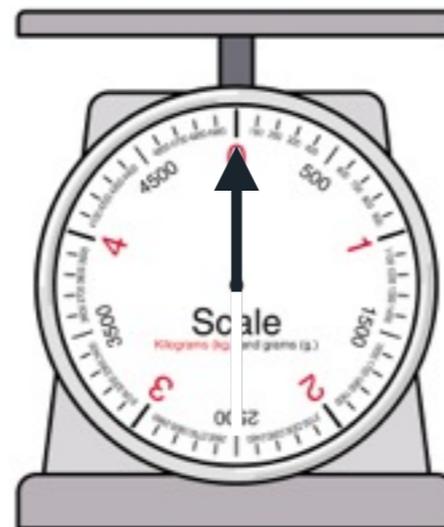
¿CUÁL ES EL MÍNIMO TAMAÑO CUÁNTICO POSIBLE?

¡Planck!

LA LONGITUD DE PLANCK
MARCA EL LÍMITE TEÓRICO
DE "GRANO FINO" DEL
ESPACIO-TIEMPO DE EINSTEIN

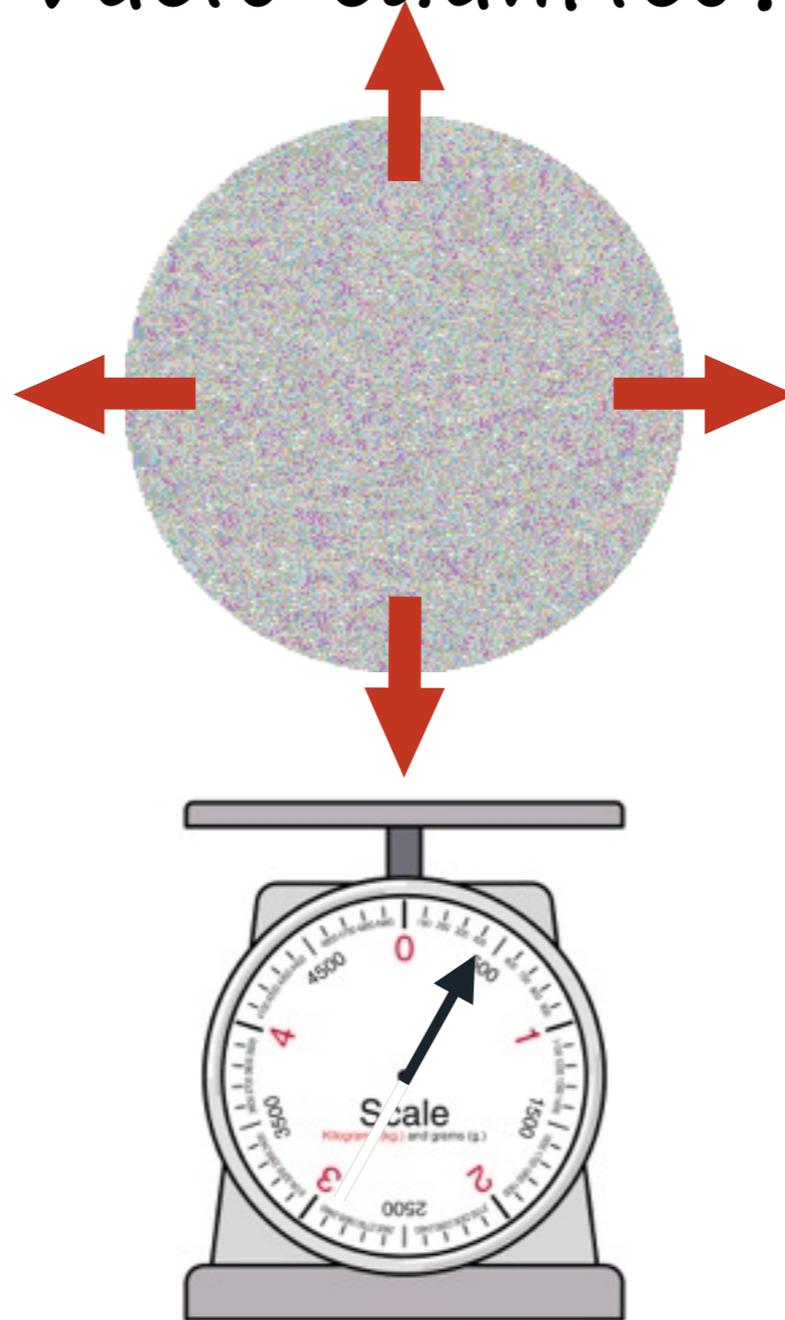
misterios...

¿Cuánta energía hay encerrada en el vacío cuántico?



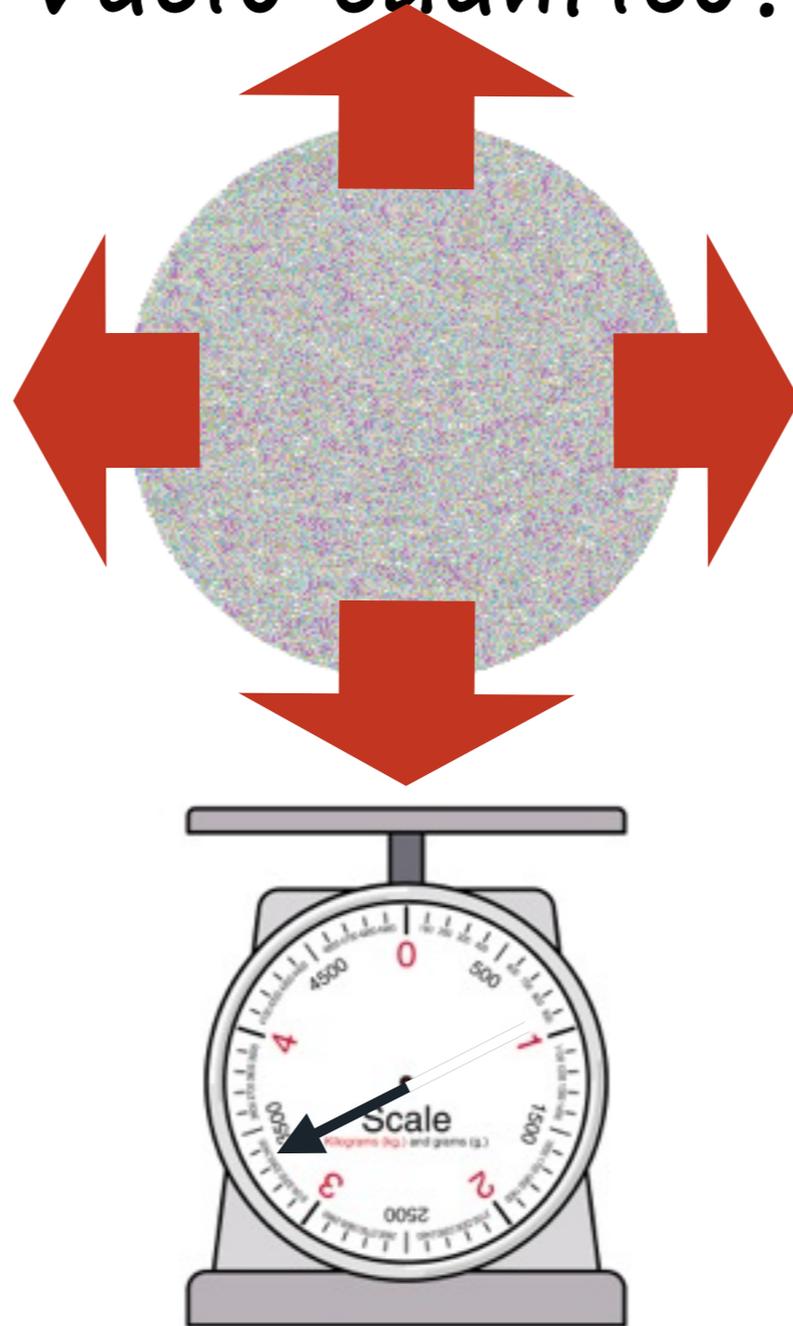
misterios...

¿Cuánta energía hay encerrada en el vacío cuántico?



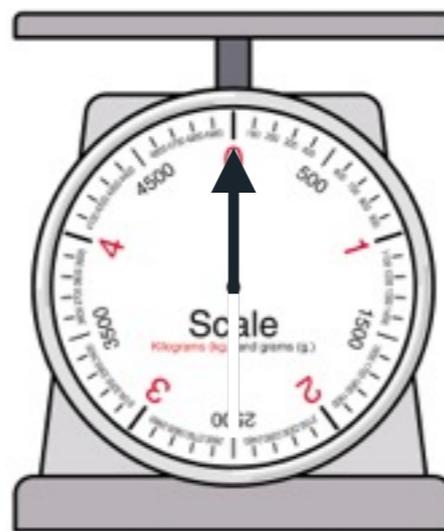
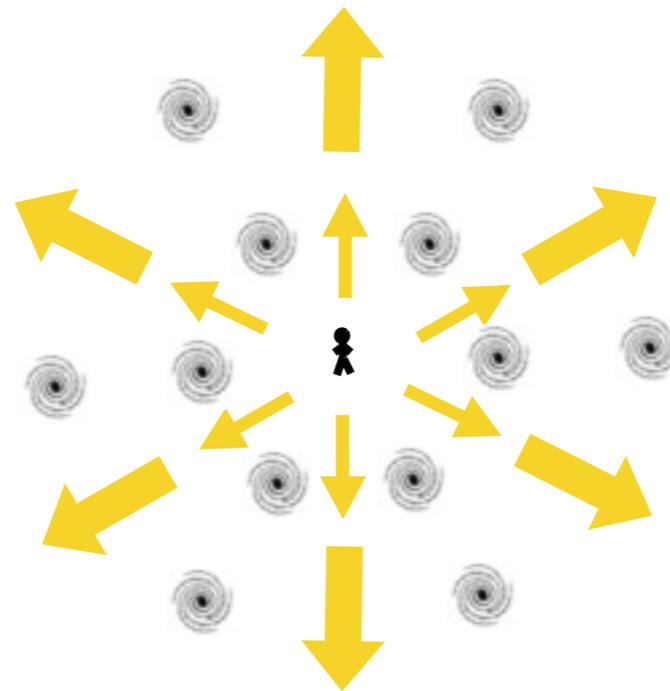
misterios...

¿Cuánta energía hay encerrada en el vacío cuántico?



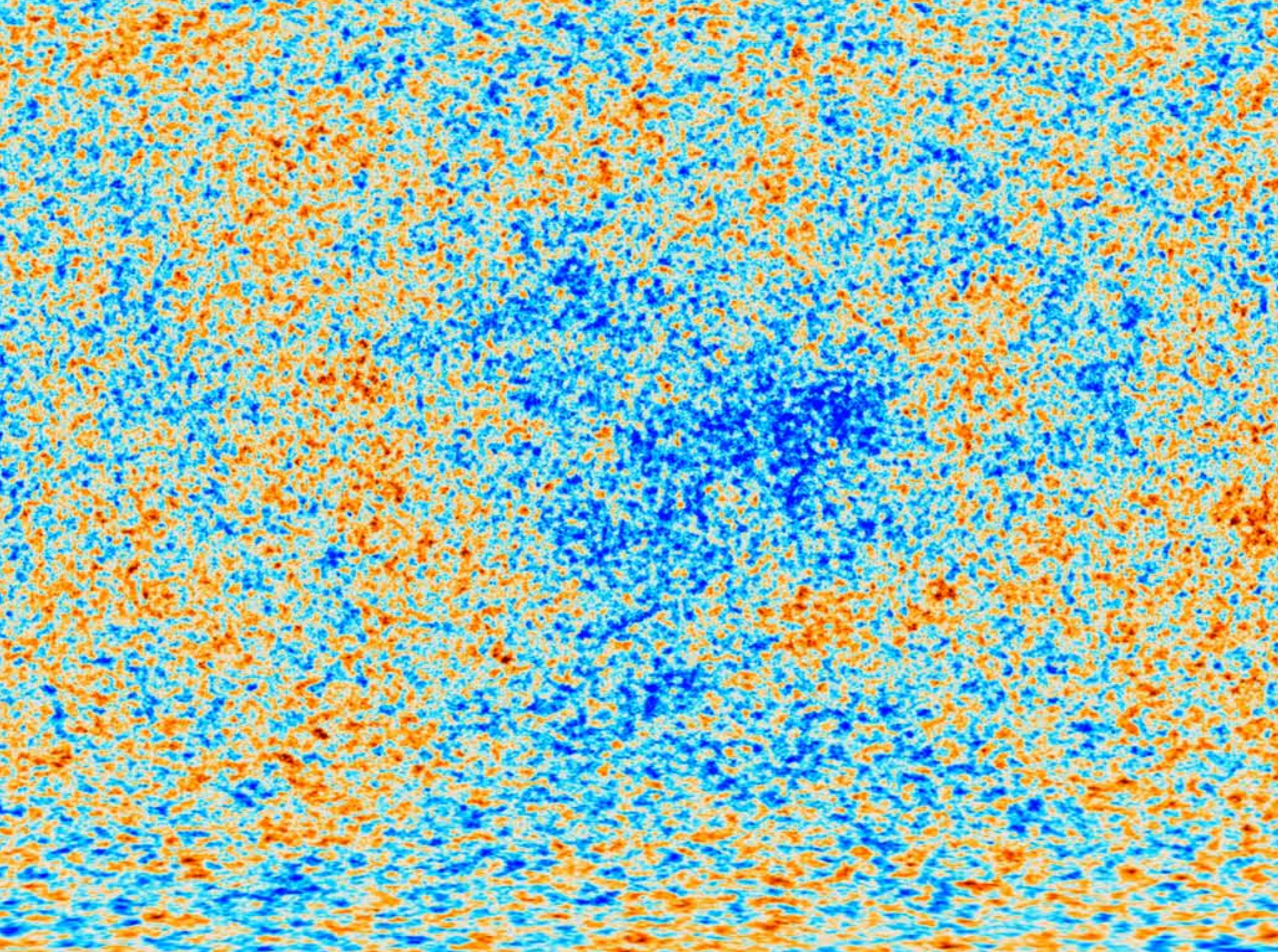
misterios...

¿Cuánta energía hay encerrada en el vacío cuántico?



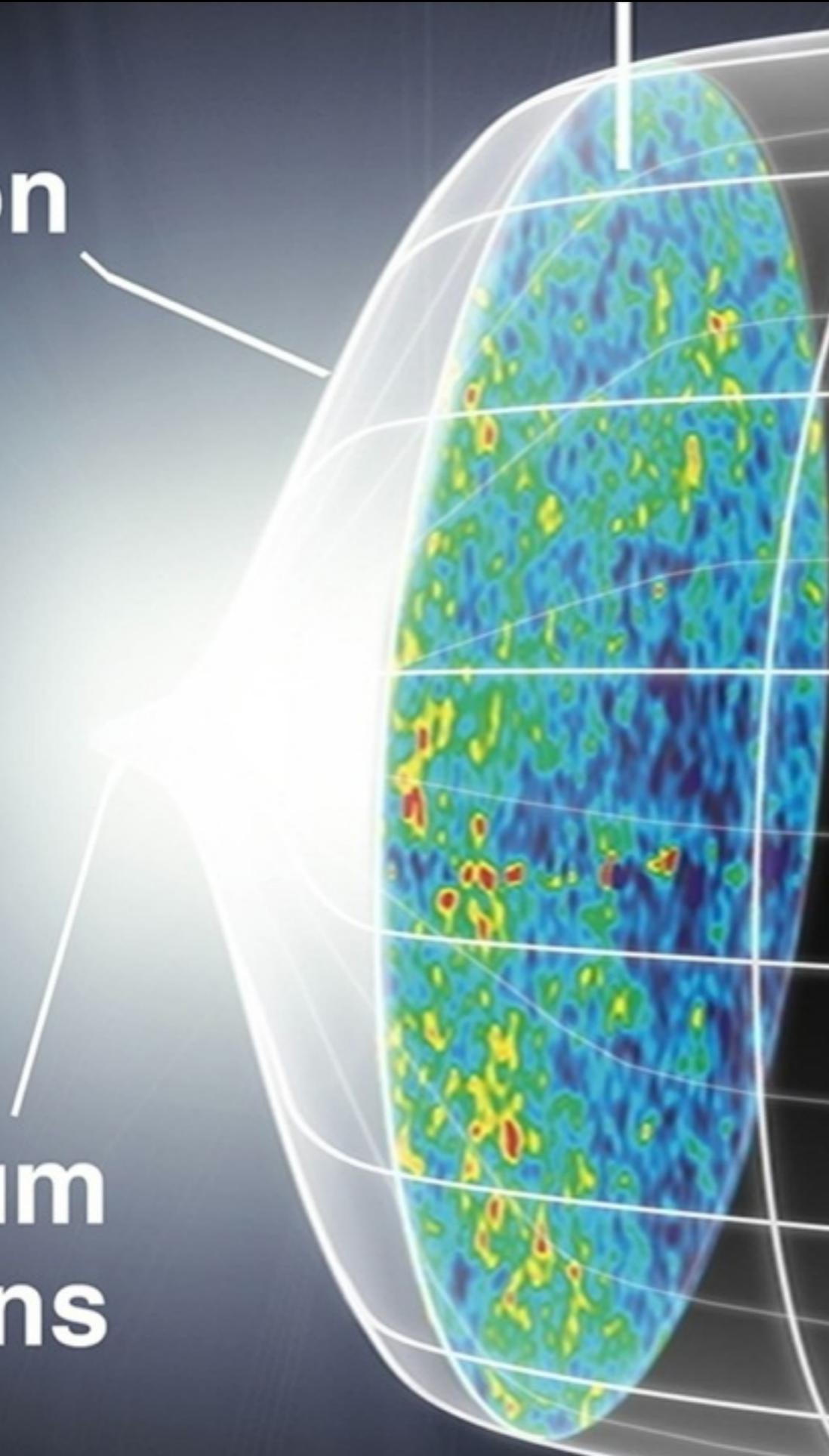
1 protón / m³

¿QUÉ PASARÍA SI EL VACÍO CUÁNTICO TUVIERA
UNA ENERGÍA ENORME?

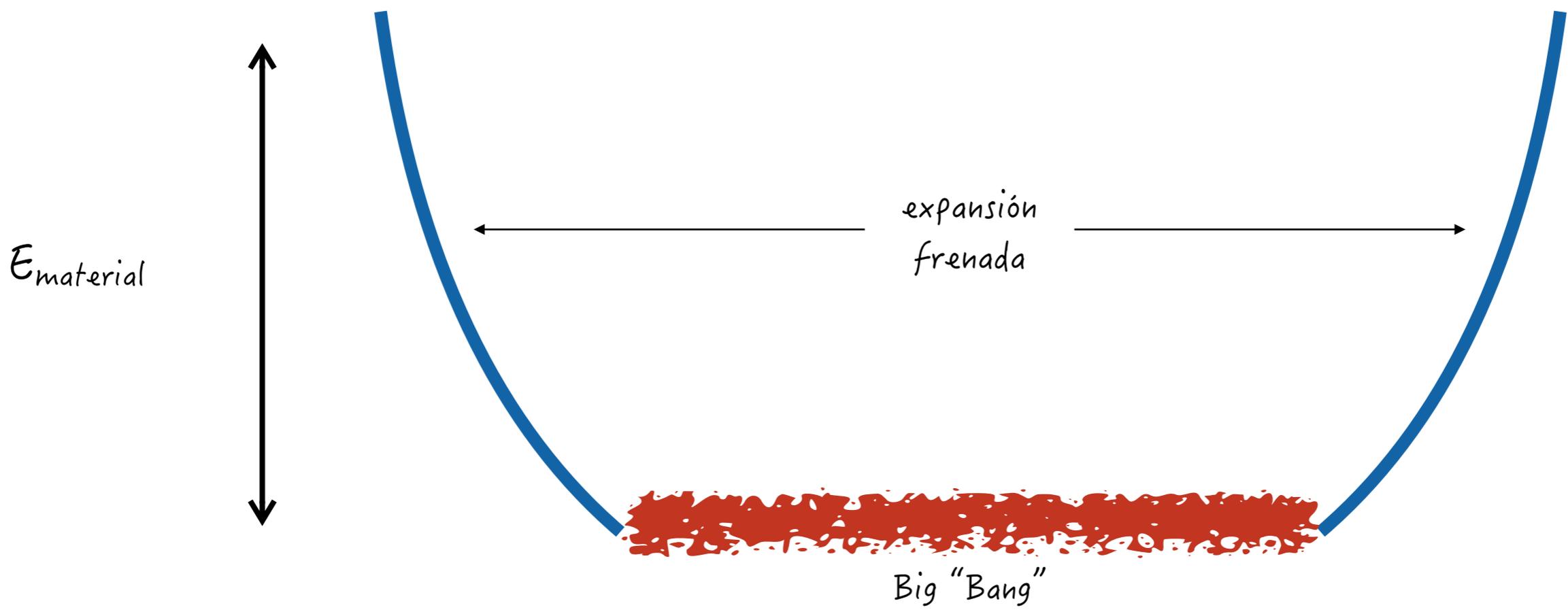


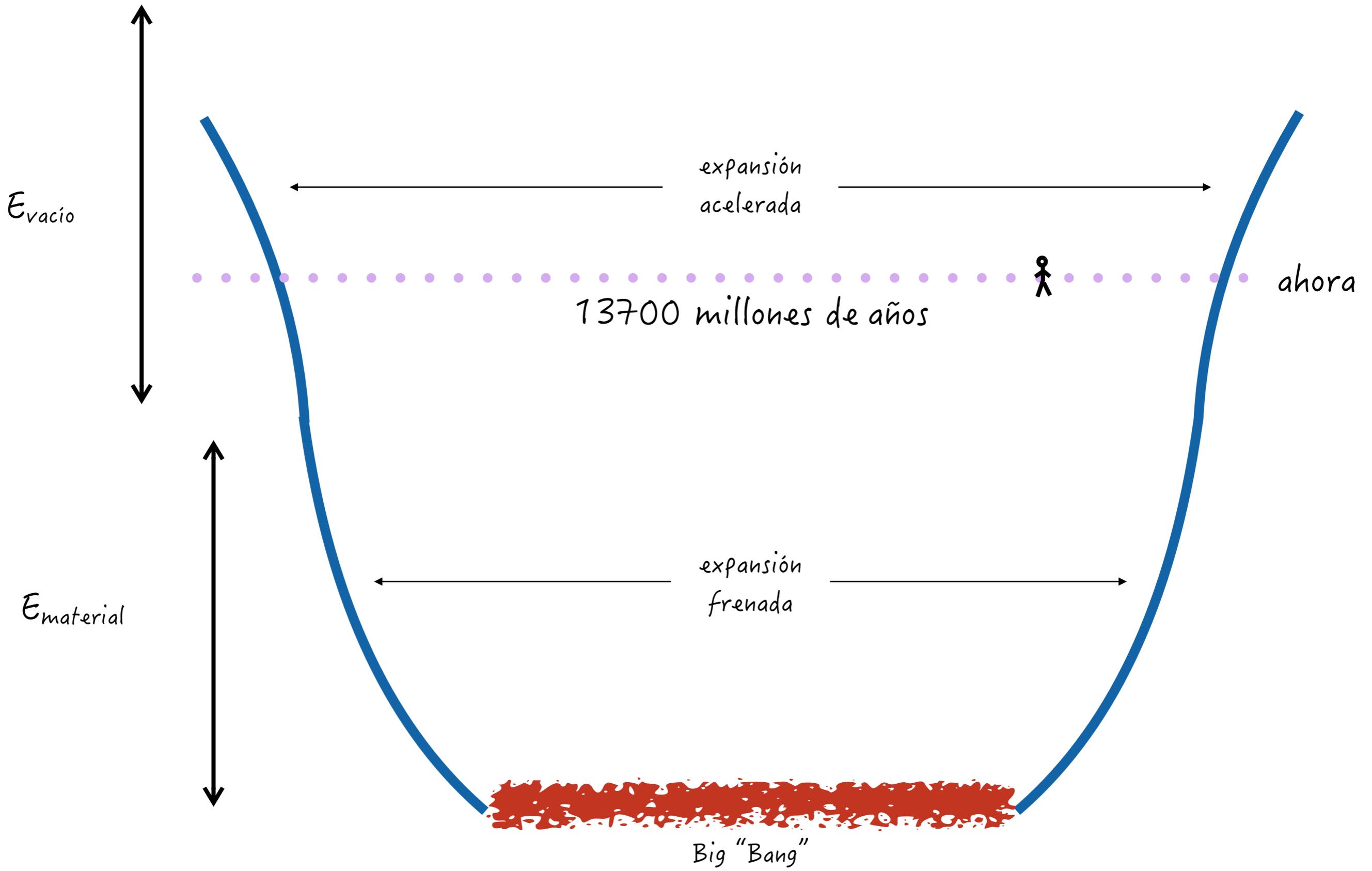
Inflation

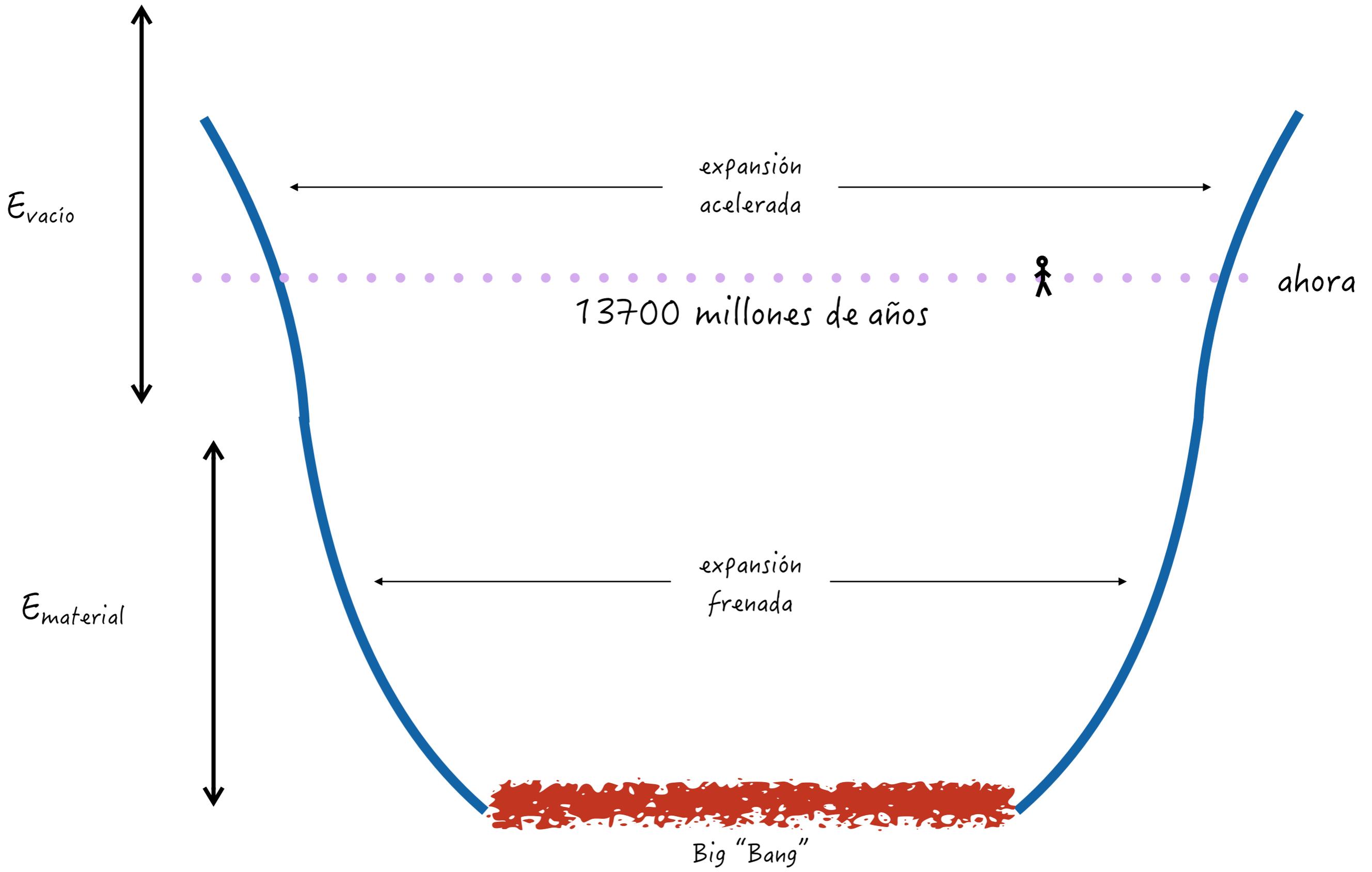
**Quantum
Fluctuations**

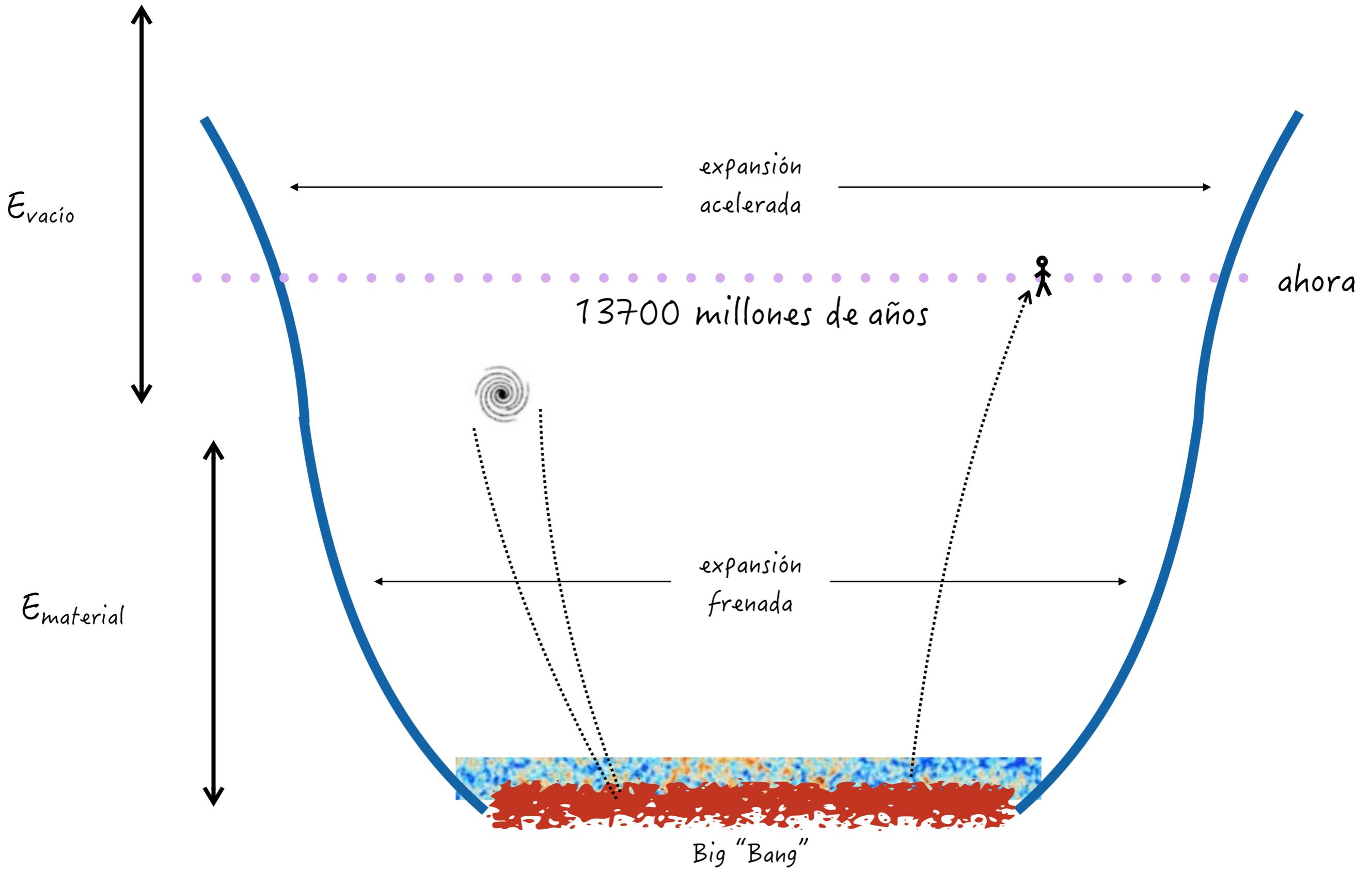


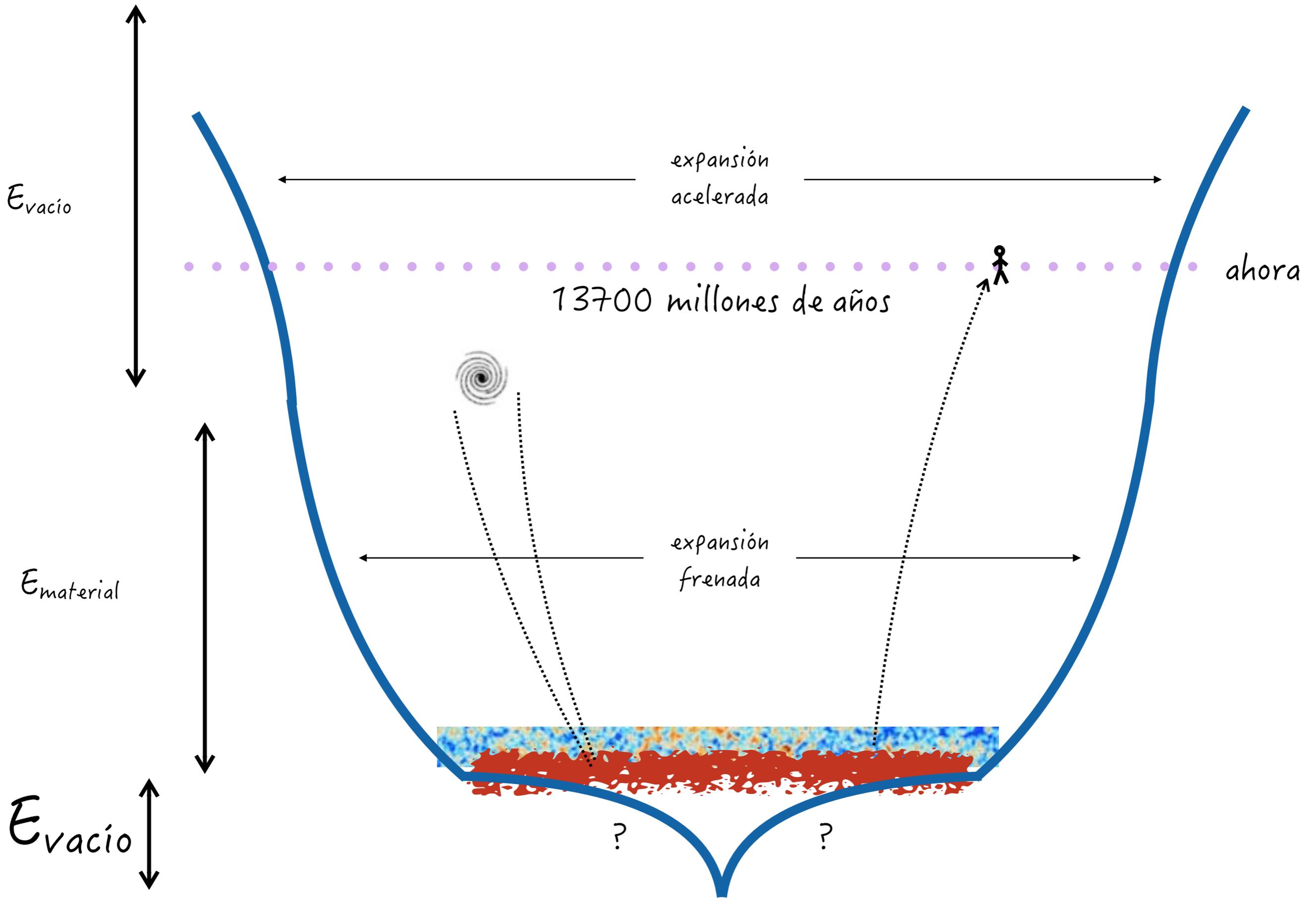


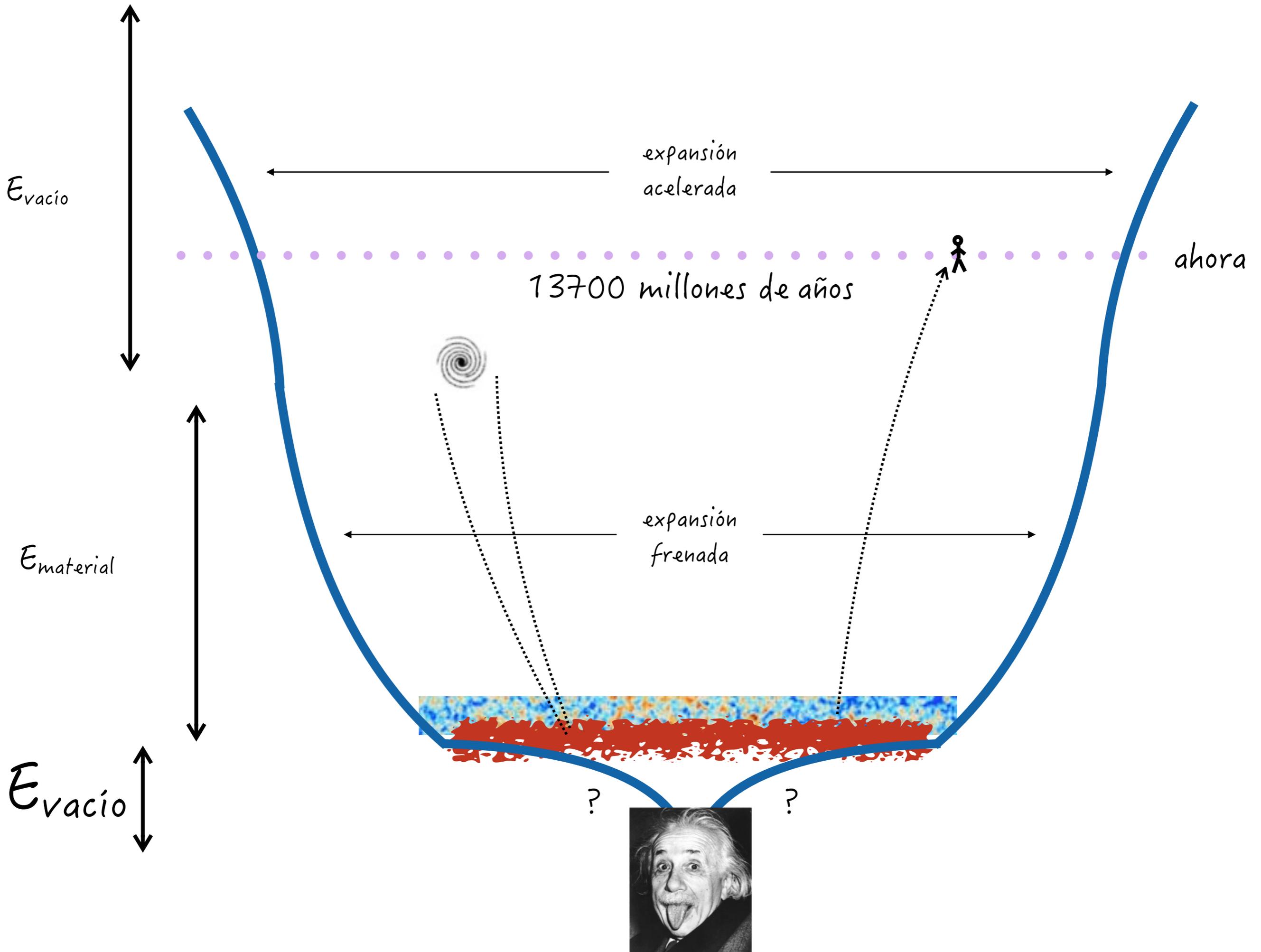












Deidad oscura ...

LA ENERGÍA DEL VACÍO
CONTROLA EL FUTURO
DEL UNIVERSO ...

... Y PROBABLEMENTE
DETERMINÓ SU ORIGEN

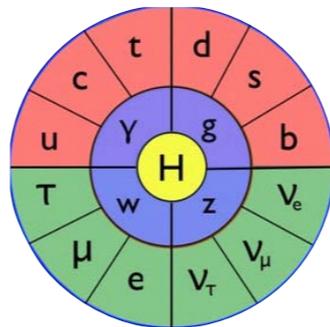
Problema nº 1 de la física fundamental

¿Podríamos CALCULAR la energía del
vacío cuántico?

Problema nº 1 de la física fundamental

¿Podríamos CALCULAR la energía del vacío cuántico?

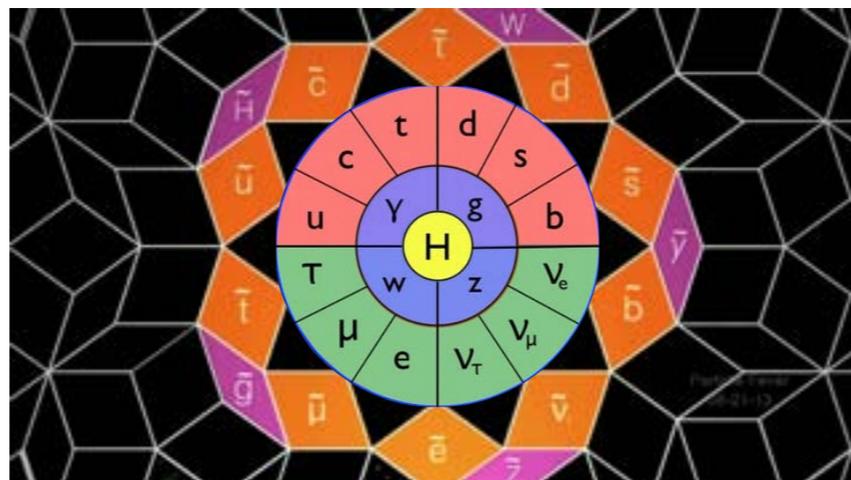
Si ... siempre que conozcamos la lista completa de partículas que contribuyen:



Problema nº 1 de la física fundamental

¿Podríamos CALCULAR la energía del vacío cuántico?

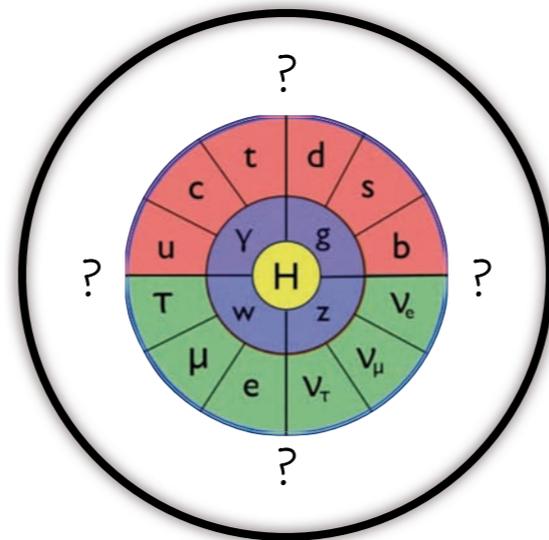
Si ... siempre que conozcamos la lista completa de partículas que contribuyen:



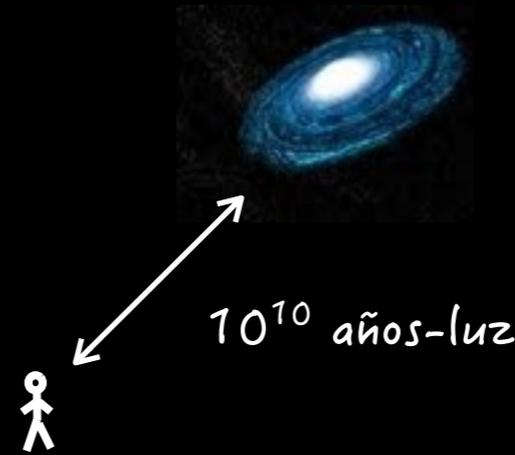
Problema nº 1 de la física fundamental

¿Podríamos CALCULAR la energía del vacío cuántico?

Si ... siempre que conozcamos la lista completa de partículas que contribuyen:

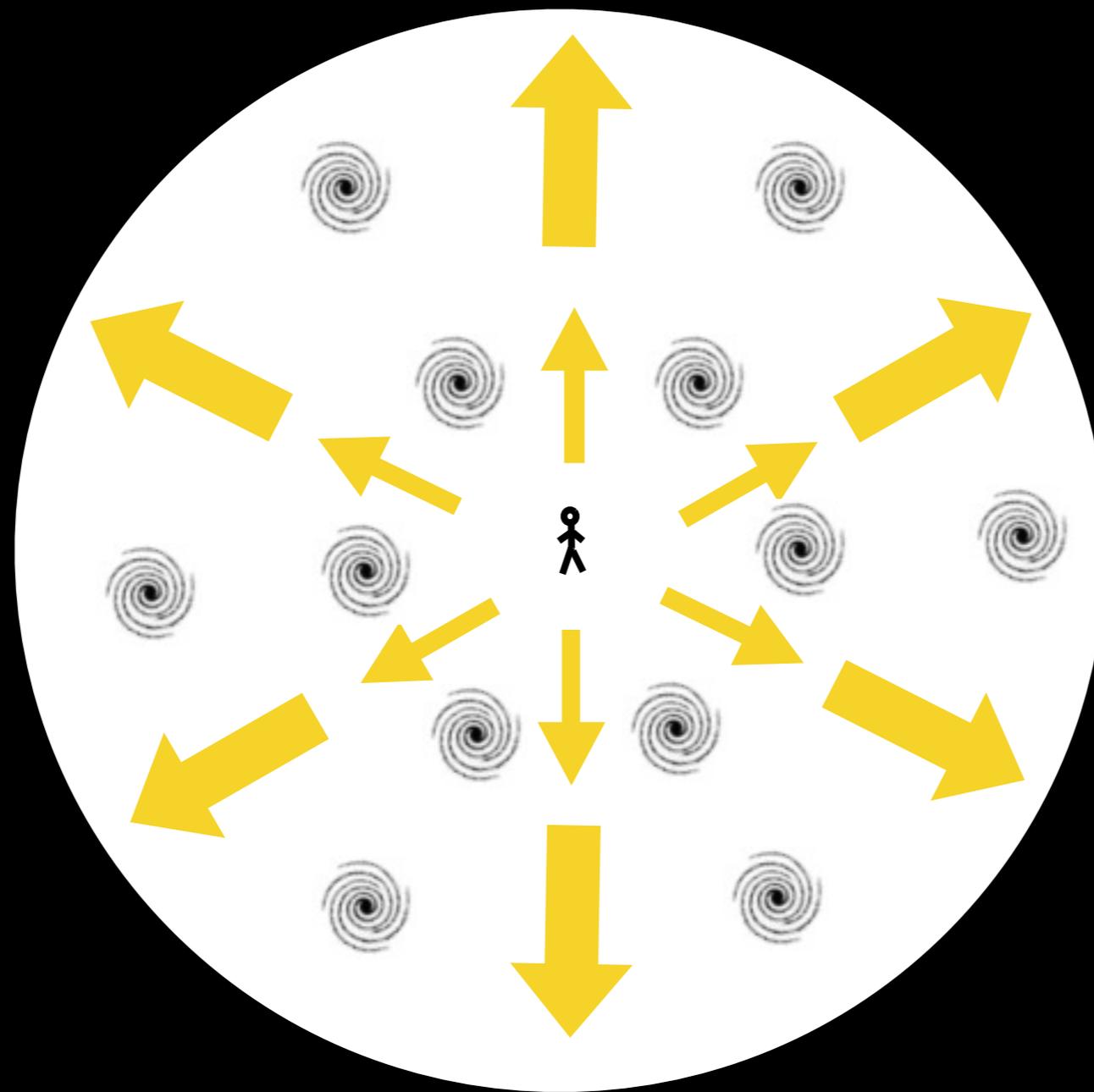


Si la "cantidad de espacio" se dobla cada 10^{10} años ...



Si la "cantidad de espacio" se dobla cada 10^{10} años ...





10^{28} cm

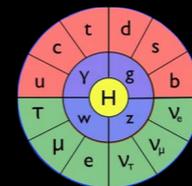
Tamaño del universo observable

¿ POR QUÉ EL UNIVERSO ES TAN GRANDE ?

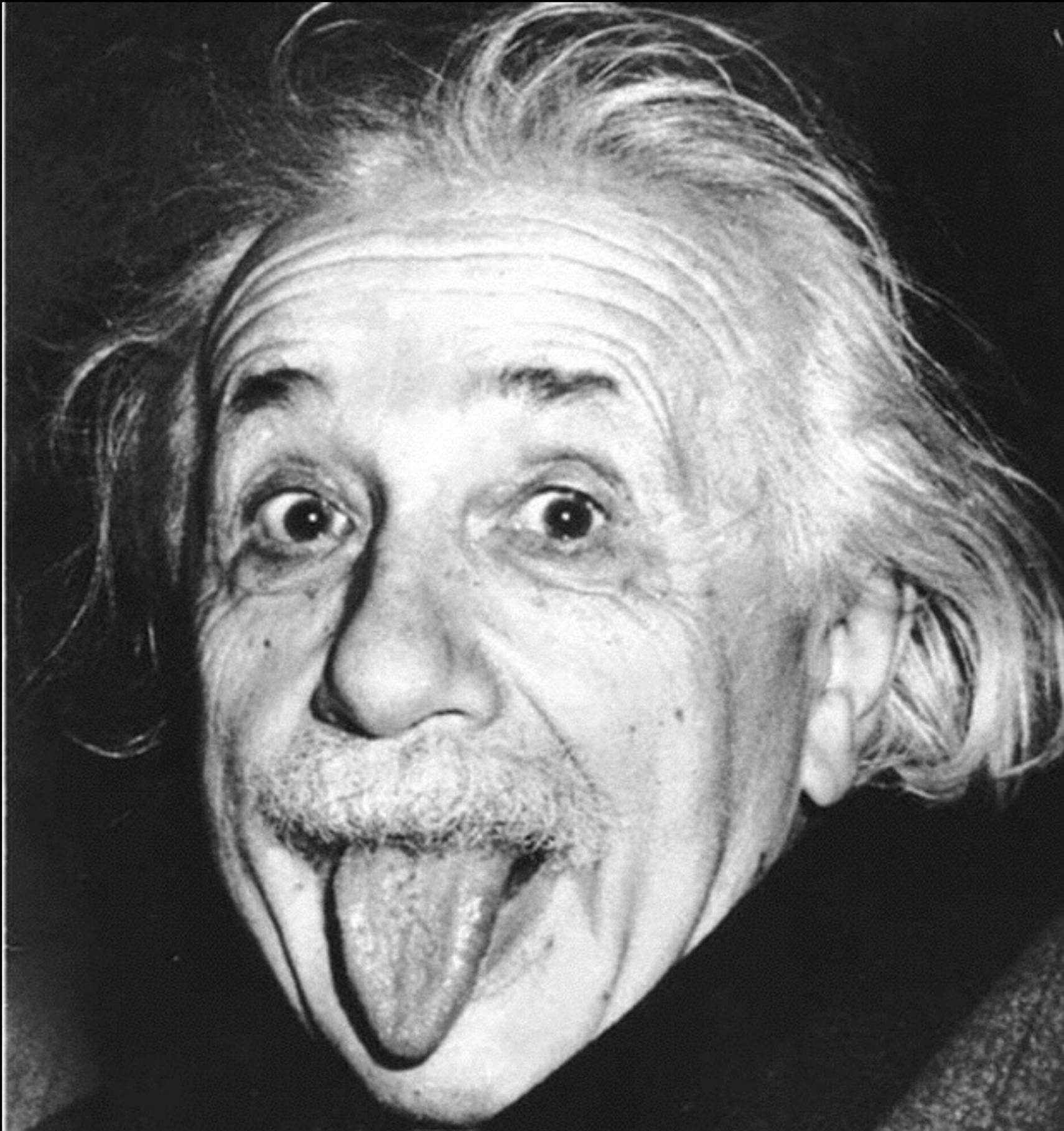


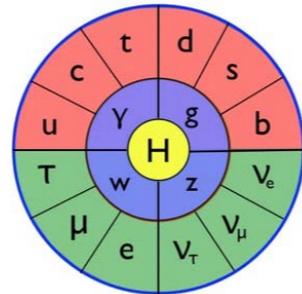
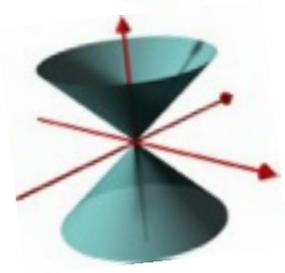
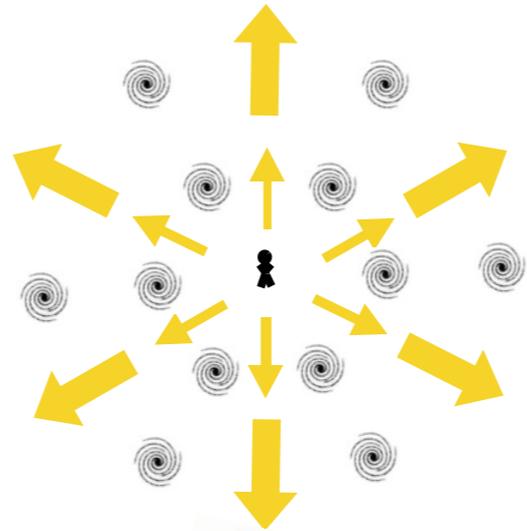
10 cm

Estimación "teórica" basada en



¿ POR QUÉ EL UNIVERSO ES TAN GRANDE ?











**PREGUNTAS
PREGUNTAS
RESPUESTAS
RESPUESTAS**