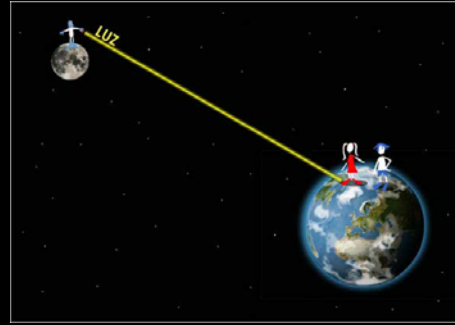


Un paseo por la Relatividad Especial

animación



¿A qué velocidad viaja la luz en el vacío?

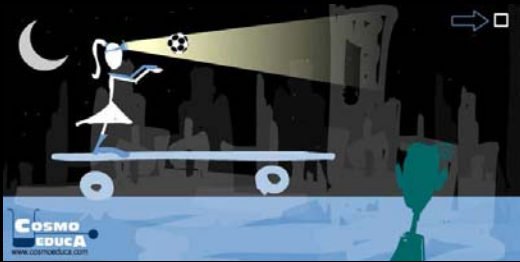


Distancia media de la Tierra-Luna 380.000 km

COSMO EDUCACIÓN

La velocidad de la pelota **depende** del punto de vista

animación



La velocidad de la luz **NO depende** del punto de vista

El fotón: el más independiente

y el más veloz



Según la Teoría de la Relatividad Especial, en nuestro Universo nada puede viajar a mayor velocidad que la luz en el vacío.

COSMO EDUCACIÓN

¿Hay en el Universo un límite de velocidad?



Punto de vista de la viajera

animación



Punto de vista del jefe de estación

animación



¿Qué trayectoria es la real?



¿El jefe de estación está quieto?

¿Qué significa estar quieto?



¿La Tierra está quieta?

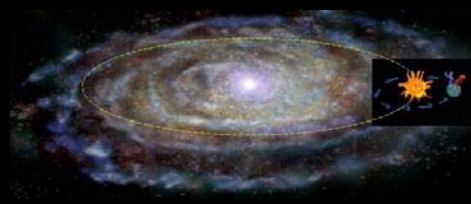
¡Que paren el mundo que yo me bajo!



¿El Sol está quieto?



El Sol da vueltas a la Vía Láctea



¿Hay algo quieto en el Universo?



COSMO
EDUCA

¿Podemos hablar de velocidad sin decir respecto a qué?



COSMO
EDUCA

Volvamos a la estación

animación



Demos un farol al jefe de estación

COSMO
EDUCA

¿Cómo verá la viajera la trayectoria del farol?

animación

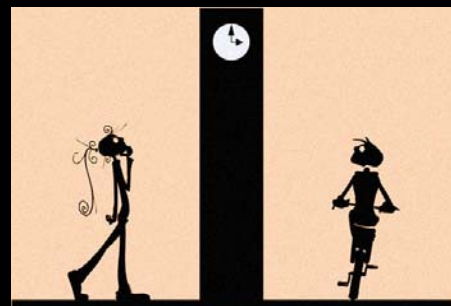


COSMO
EDUCA

Las trayectorias dependen del punto de vista



¿Dependerá el tiempo del punto de vista?



COSMO
EDUCA

El tiempo depende del observador

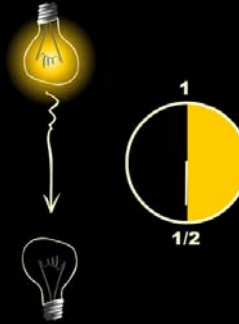


Desde 1905 sabemos que el tiempo no es absoluto.



Un experimento mental

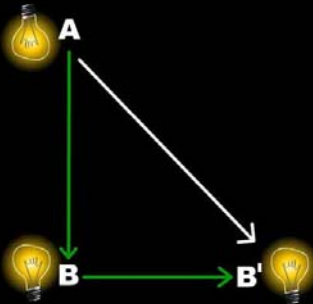
animación



Usaremos dos artilugios idénticos.



Mira y responde



La clave: la velocidad de la luz "c" es siempre la misma.

Lo que ve el jefe de estación

animación



Lo que ve la viajera

animación



El misterio de los relojes



Cuando dos observadores se desplazan uno respecto a otro a **velocidad constante**, ambos observan que el reloj del otro atrasa.



Paradoja de los gemelos

animación



COSMO
EDUCA
www.cosmoeduca.com

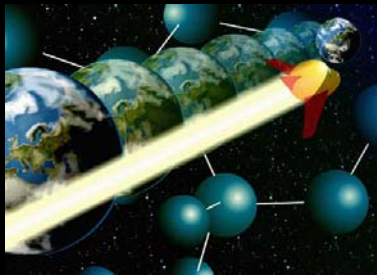
Viajar al futuro



Viajar al futuro es fácil...sólo hay que espera
a que llegue...

COSMO
EDUCA

Un viaje al futuro de la Tierra



...pero nuestras naves no son tan rápidas

COSMO
EDUCA

2005

Se celebra centenario de la Teoría Especial de la Relatividad



COSMO
EDUCA

Créditos



Esta charla forma parte del proyecto Cosmoeduca que se desarrolla en el Instituto de Astrofísica de Canarias.

Adaptación para la FECYT:
M^a Concepción Anguita y Evencio Mediavilla
Revisión científica: Evencio Mediavilla
Revisión de estilo: Carmen del Puerto

La información completa de este proyecto se encuentra en:
www.iac.es/cosmoeduca

Créditos de las imágenes y animaciones →

COSMO
EDUCA

Créditos

Imágenes y animaciones (numeradas por diapositiva)

1. Animación artística: Puntos de vistas
Inés Bonet (IAC)
2. Imagen: Luz de la Luna a la Tierra:
Composición artística de Inés Bonet (IAC)
Imágenes originales de la Tierra y la Luna (NASA)
3. Animación: Composición de velocidades
Inés Bonet (IAC)
4. Imagen: Carrera de partículas
Inés Bonet (IAC)
5. Imagen: Límite de velocidad
Composición artística Inés Bonet (IAC)
(a partir de originales de Laura Ventura (IAC) y de la NASA)
6. Animación: Trayectoria del farol-viajera desde el tren
Inés Bonet (IAC)
7. Animación: Trayectoria del farol-viajera desde la estación
Inés Bonet (IAC)
8. Imágenes: Trayectorias
Inés Bonet (IAC)

COSMO
EDUCA

Créditos

Imágenes y animaciones (numeradas por diapositiva)

- Imagen: Tierra:
Fuente (NASA)
- Imagen: que paren el mundo
María C. Anguita (IAC)
- Imagen: Sistema Solar
Composición artística de Laura Ventura (IAC)
Imágenes originales (NASA)
- Imágenes originales:
Que paren el mundo: María C. Anguita (IAC)
Simulación de la Vía Láctea: Laura Ventura (IAC)
- Hubble Deep Field R. Williams, The HDF Team (STScI),
NASA
- Imagen: Velocidades respecto a algo
Inés Bonet (IAC)
- Animación: Trayectoria farol- jefe estación desde la estación.
Inés Bonet (IAC)
- Animación: Trayectoria farol- jefe estación desde el tren
Inés Bonet (IAC)



Créditos

Imágenes y animaciones (numeradas por diapositiva)

- Imagen: Galileo
Composición artística, Laura Ventura (IAC)
Imágenes originales (NASA)
- Imagen: Reloj y puntos de vista
Inés Bonet (IAC)
- "La persistencia de la memoria", Dalí, 1931
Museo de Arte Moderno, Nueva York
- Animación: Artificio reloj-fotón
Inés Bonet (IAC)
- Imagen: Triángulo bombillas
Inés Bonet (IAC)
- Animación: Tiempo en tren y estación según jefe de estación
Inés Bonet (IAC)
- Animación: Tiempo en tren y estación según la viajera
Inés Bonet (IAC)
- Imágenes: Tiempo y puntos de vista
Inés Bonet (IAC)
- Animación: Paradoja de los gemelos
Inés Bonet (IAC)



Créditos

Imágenes y animaciones (numeradas por diapositiva)

- Imagen: Siesta al futuro
Inés Bonet (IAC)
- Imagen: Viaje al futuro
Inés Bonet (IAC)
- Imagen: Reloj 2005
Tomás Mediavilla

A continuación:

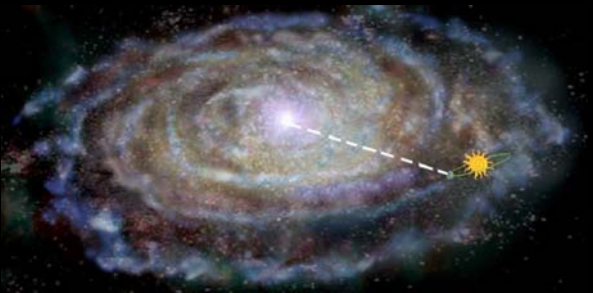
Viajes espaciales y máquinas del tiempo →



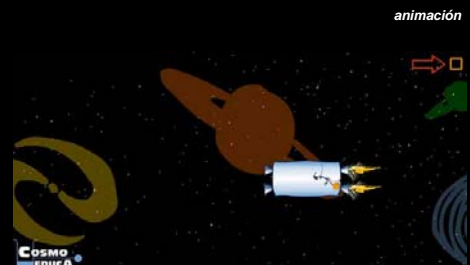
Viajes espaciales, máquinas del tiempo...



Viaje al centro de nuestra galaxia



Gravedad artificial



Viaje al centro de nuestra galaxia y al futuro



El centro de la galaxia está a 30.000 años luz de nuestro sistema solar.



Un viaje de 60.000 años

¿no es demasiado para una vida humana?



60.000 años ¿para quién?

$$t_{Nave} = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} t_{Tierra}$$

Tardarían más de 60.000 años terrestres en ir y volver...pero a ellos les parecería mucho menos....



Comunicación con la Tierra

animación



Viaje de ida



| | Tiempo en la Tierra | Tiempo en la nave | Velocidad | Aceleración |
|----------------------|---------------------|-------------------|-----------|-------------|
| Salida de la Tierra | 0 | 0 | 0 | g |
| Salida del S.S. | 16 días | 16 días | 0,02 c | g |
| Última comunicación | 1 año | 8 meses | c | g |
| Estrella más cercana | 4 años | calcular | c | g |
| Inversión de motores | 15000 años | 10 años | c | -g |
| Centro de la galaxia | 30000 años | 20 años | 0 | -g |



Contracción del espacio



Para nuestros navegantes a una velocidad cercana a la de la luz, la distancia que desde la Tierra es de 30.000 años luz años se ha contraído hasta 20 años luz

$$d = v t = c 20 \text{ años} = 20 \text{ años luz}$$



Velocidad de la nave, Efecto Doppler y aberración de la luz

animación



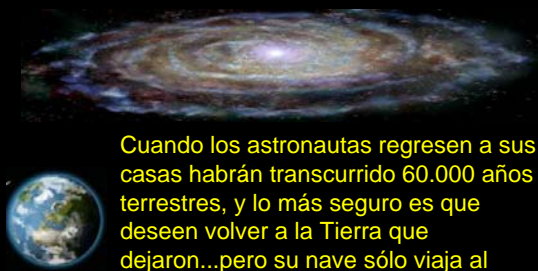
Viaje de vuelta



| | Tiempo en la Tierra | Tiempo en la nave | Velocidad | Aceleración |
|------------------------------|---------------------|-------------------|-----------|-------------|
| Salida del centro de la gal. | 30000 años | 20 años | 0 | -g |
| Inversión de motores | 45000 años | 30 años | -c | g |
| Comunicación con la Tierra | 59999 años | 39 años | | |
| Llegada a la Tierra | 60000 años | 40 años | 0 | 0 |

COSMO EDUCACIÓN

Naves espaciales máquinas de tiempo (al futuro)



Quando los astronautas regresen a sus casas habrán transcurrido 60.000 años terrestres, y lo más seguro es que deseen volver a la Tierra que dejaron...pero su nave sólo viaja al futuro...

COSMO EDUCACIÓN

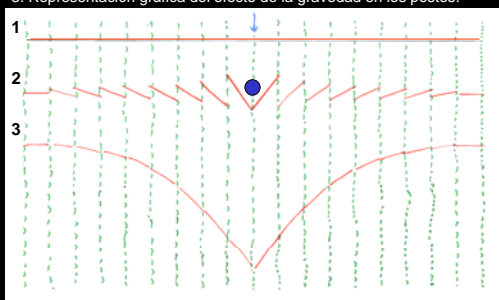
Observadores en presencia de gravedad



COSMO EDUCACIÓN

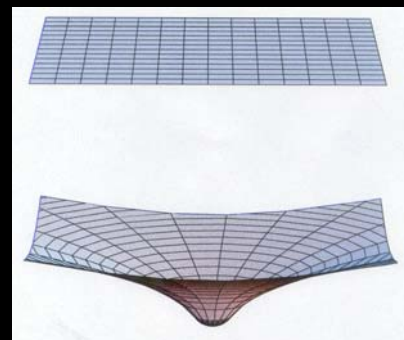
Efectos de la gravedad

1. Postes tumbados, las líneas verdes marcan los límites entre los postes.
2. La posición de los postes se ve afectada por una masa (bola azul).
3. Representación gráfica del efecto de la gravedad en los postes.



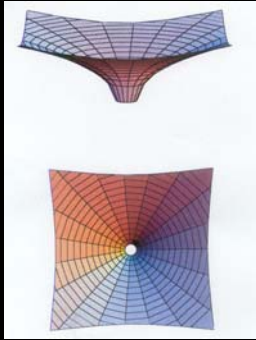
COSMO EDUCACIÓN

Curvatura del espacio



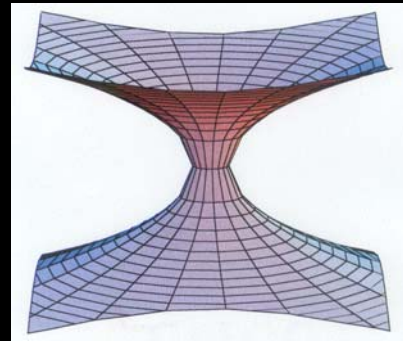
COSMO EDUCACIÓN

Agujero negro



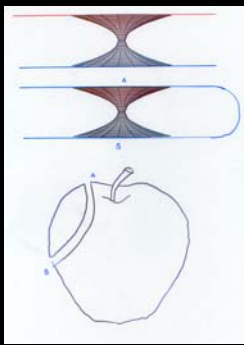
COSMO EDUCACIÓN

Agujeros negros de dos en dos



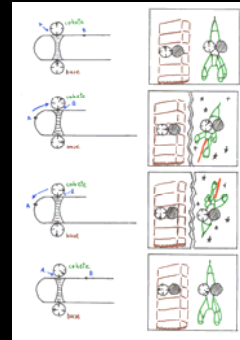
COSMO EDUCACIÓN

Agujero de gusano



COSMO EDUCACIÓN

La Máquina del Tiempo



COSMO EDUCACIÓN

Causalidad



COSMO EDUCACIÓN

Causalidad



COSMO EDUCACIÓN

¡Cuidado con las manzanas!



COSMO
EDUCA

Créditos



Esta charla forma parte del proyecto Cosmoeduca que se desarrolla en el Instituto de Astrofísica de Canarias.

Adaptación para la FECYT: Evencio Mediavilla
Revisión científica: Evencio Mediavilla
Revisión de estilo: Carmen del Puerto

La información completa de este proyecto se encuentra en:
www.iac.es/cosmoeduca

Créditos de las imágenes y animaciones →

COSMO
EDUCA

Créditos

Imágenes y animaciones (numeradas por diapositiva)

1. Imagen: Naves espaciales
Inés Bonet (IAC)
2. Imagen: Viaje al centro de nuestra galaxia:
Composición de Inés Bonet (IAC)
(imagen artística original: Laura Ventura (IAC))
3. Animación: Gravedad artificial
Inés Bonet (IAC)
5. Imagen: Las tres edades de la vida, 1905
Autor: Gustav Klimt
Museo: Galleria Nazionale d'Arte Moderna di Roma)
7. Animación: Comunicación Tierra-nave
Inés Bonet (IAC)
10. Animación: Efecto doppler y aberración de la luz
Inés Bonet (IAC)
13. Imagen: Gravedad
Inés Bonet (IAC)
- 14 a 19 y 21. Evencio Mediavilla

COSMO
EDUCA

Créditos

Imágenes y animaciones (numeradas por diapositiva)

20. Imagen: Causalidad
Inés Bonet (IAC)
22. Imagen: Manzana
María Mediavilla

COSMO
EDUCA