

Guía de Supervivencia en el Espacio-Tiempo

Javier Rodríguez Laguna

IES Ágora / Dto. Física Teórica I, UCM

Plan

- 2005: AÑO MUNDIAL DE LA FÍSICA

¿Qué es eso? ¿Se come? ¿Para qué sirve?

- OLAS, ONDAS, SONIDO Y LUZ

Vibra, vibra...

- LA CONSPIRACIÓN CÓSMICA

De cómo la Naturaleza nos oculta, con malas artes, algunos de sus secretos...

- LA MASA Y LA ENERGÍA

O por qué brillan las estrellas...

- ALGO DE HISTORIA...

Pero sin pasarse...

2005: Año Mundial de la Física



1905: NACIMIENTO DE LA FÍSICA MODERNA

- Aceptación de la existencia de los *átomos*
- Mecánica *cuántica*
- Teoría de la *Relatividad*

• Cosas Buenas	• Cosas Malas	• Cosas Fascinantes
Ordenadores	Bombas atómicas	El Universo
Cirugía por láser	Televisión	Los átomos
Comunicaciones vía satélite	Más preguntas para exámenes	Las estrellas
		El espacio y el tiempo

Olas, Ondas, Sonido y Luz



● Os presentamos a Paquito, el pescador científico, en alta mar. He aquí lo que va pensando.

«Hummm... Las ondas que van *hacia delante* son más lentas que las que van *hacia atrás*.»

«Por tanto, *debo estar avanzando*.»

«¿Podría llegar a... *adelantar* a las ondas?»

Mach 2.5

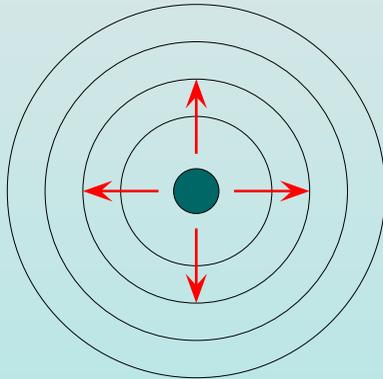
- ¡Sí! Es lo que les pasa a los aviones cuando superan la barrera del sonido.



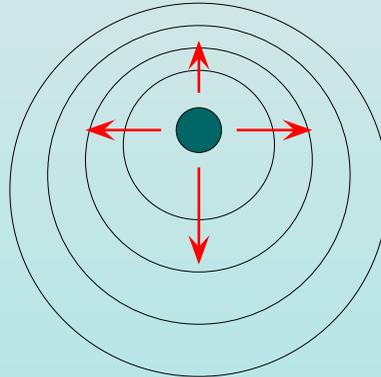
- Mach 2.5 significa que vas a 2.5 veces la velocidad del sonido.

Midiendo mi velocidad

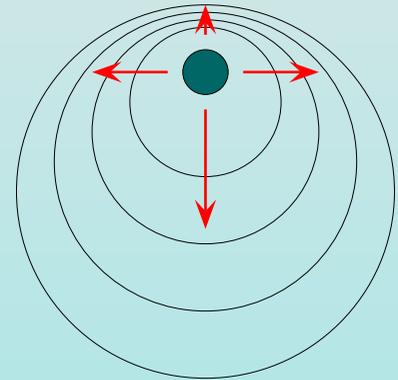
ESTOY PARADO



AVANZO ESPACIO



AVANZO DEPRISA



¿Podría usar la luz para medir la velocidad de la Tierra?

- La Tierra se mueve a 30 km/s respecto al Sol.
- El Sol se mueve a 20 km/s respecto al centro galáctico...

¿Cuál es la velocidad *real absoluta* de la Tierra?

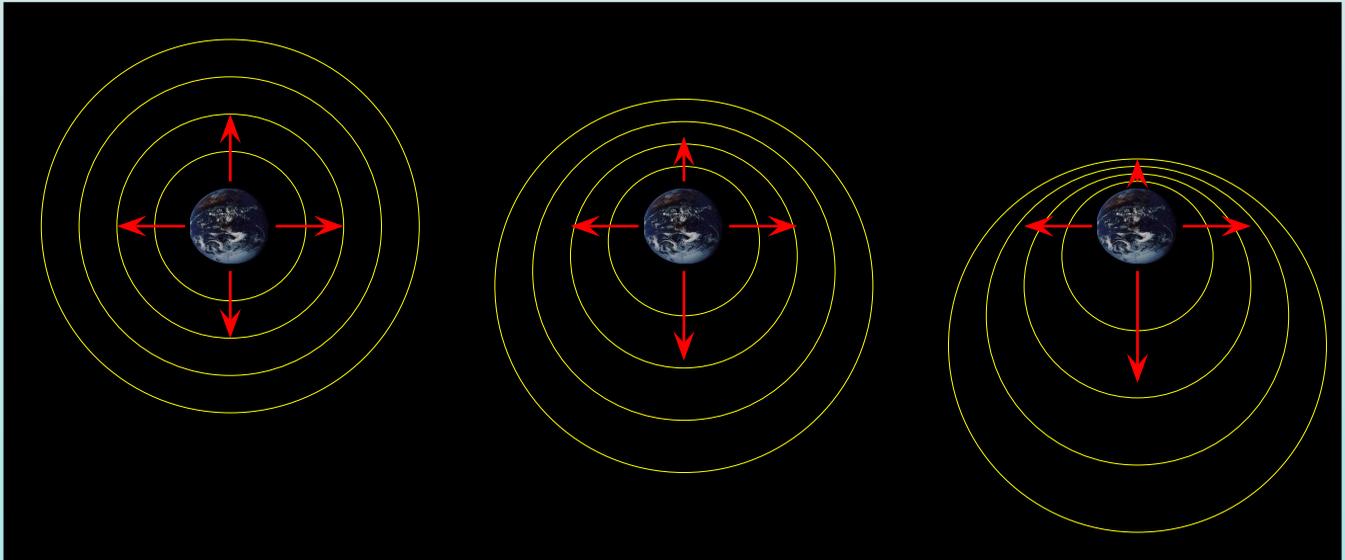
La velocidad de la Tierra

- Experimento de MICHELSON (Chicago, 1887)

ESTOY PARADO

AVANZO DESPACIO

AVANZO DEPRISA



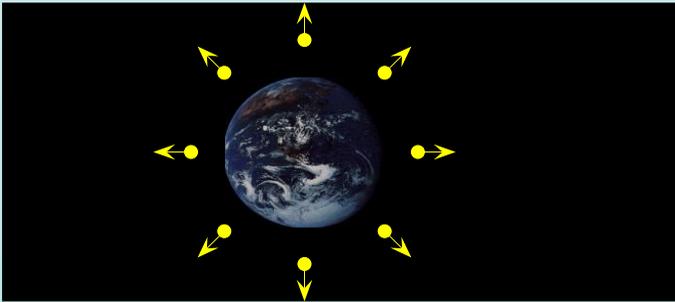
¿Qué resultado diríais que tuvo el experimento de Michelson?

Un Curioso Fracaso

- El experimento de Michelson fue un *rotundo fracaso*...

POSIBLES EXPLICACIONES:

- (1) Estamos quietos respecto al vacío.



- (2) La luz está compuesta por *pelotitas*.

Pero entonces...



Einstein: La Conspiración Cósmica

En 1905 publica Albert Einstein el siguiente artículo:

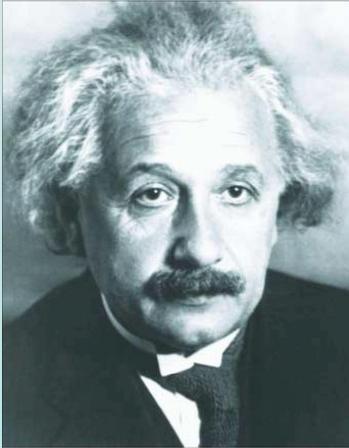
3. *Zur Elektrodynamik bewegter Körper;* *von A. Einstein.*

Daß die Elektrodynamik Maxwells — wie dieselbe gegenwärtig aufgefaßt zu werden pflegt — in ihrer Anwendung auf bewegte Körper zu Asymmetrien führt, welche den Phänomenen nicht anzuhaften scheinen; ist bekannt. Man denke z. B. an die elektrodynamische Wechselwirkung zwischen einem Magneten und einem Leiter. Das beobachtbare Phänomen hängt hier nur ab von der Relativbewegung von Leiter und Magnet, während nach der üblichen Auffassung die beiden Fälle, daß der eine oder der andere dieser Körper der bewegte sei, streng voneinander zu trennen sind. Bewegt sich nämlich der Magnet

Lógico, ¿no?

Bueno... quizá requiera un poco de explicación...

Einstein: La Conspiración Cósmica



Hay una *conspiración cósmica*
que nos impide medir nuestra velocidad absoluta

- Como parte de esa conspiración, la Naturaleza nos *engaña* para hacernos creer que la velocidad de la luz es **SIEMPRE LA MISMA**.

¿CÓMO NARICES LO HACE?

(Ahora viene...)

Las Gemelas Viajeras

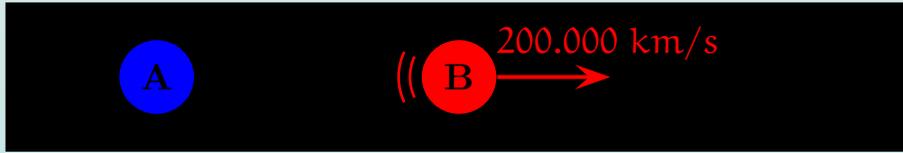
- **ALICIA** es una muchacha sedentaria, mientras que a **BÁRBARA** le gusta viajar...



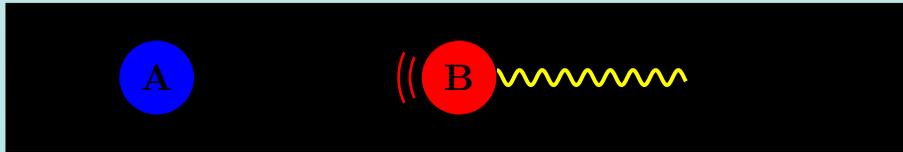
- ¡Pero viajar rápido! **BÁRBARA** viaja a ¡unos 200.000 km/s !

Las Gemelas Viajeras

Veamos la situación de manera diagramática (como nos gusta a l@s físic@s):



BÁRBARA emite, desde su nave, un rayo de luz hacia delante.



En el esquema antiguo, si $\left\{ \begin{array}{l} \text{ALICIA lo ve a } 300.000 \text{ km/s} \\ \text{BÁRBARA debería verlo a } 100.000 \text{ km/s} \end{array} \right.$

¿No?

Engañando a Bárbara (Parte I)

¡No! La Naturaleza se las apaña para engañar a **BÁRBARA** para que también vea el rayo de luz ir a 300.000 km/s .

¿CÓMO LO PODRÍA HACER?

- Primera Posibilidad: **Contracción de Longitudes**

«Si **BÁRBARA** midiera “*mal*” las distancias de manera que parecieran más cortas...
la velocidad de la luz le parecería *mayor*»

Un ejemplo, las dos hermanas observan cómo una pelota recorre un espacio en 1 s.



Mr. Tompkins en Einstópolis

- En Einstópolis la velocidad de la luz es sólo de 30 km/s.
- Para el pobre Mr. Tompkins, los efectos relativistas son importantes... ¡hasta cuando va en bici!

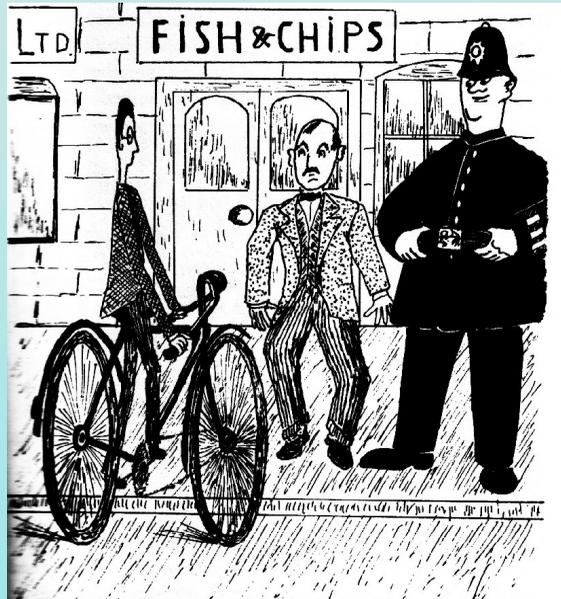


Mr. Tompkins en Einstópolis

- Pero... ¡No hay ciencia más democrática que la Física!

TODOS LOS PUNTOS DE VISTA SON EQUIVALENTES

(Por tanto, si Mr. Tompkins se para y pasa otro ciclista...)



Engañando a Bárbara (parte II)

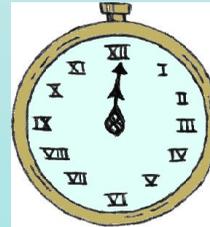
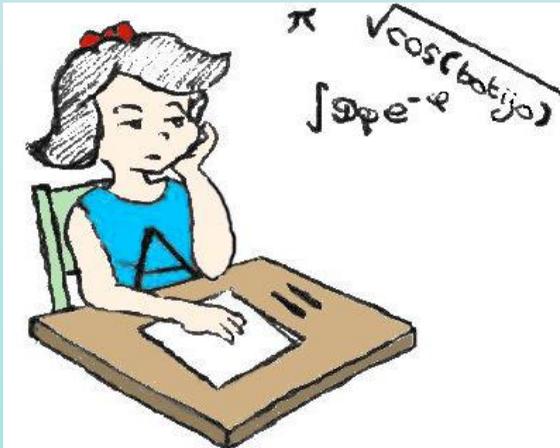
- Segunda Posibilidad: **Dilatación de Tiempos**

Si los segundos de **BÁRBARA** fueran más largos...

entonces, ella mediría tiempos menores.

(Y, por tanto, velocidades mayores)

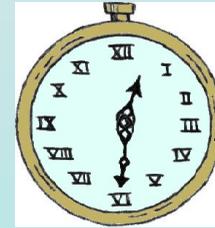
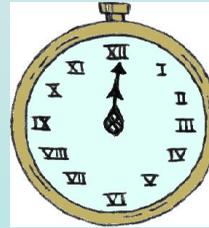
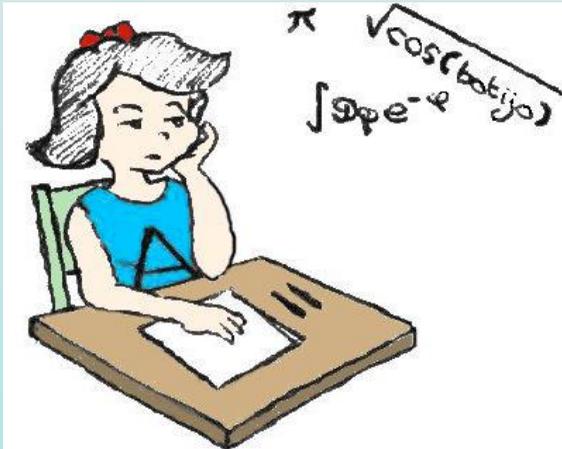
Un ejemplo, **ALICIA** pasa una hora en clase de matemáticas, de 12:00 a 13:00.



Reloj de **ALICIA**, 12:00 a 13:00.

Engañando a Bárbara (parte II)

Para el reloj de **BÁRBARA**, en cambio... ¡sólo pasa media hora!



Reloj de **BÁRBARA**, 12:00 a 12:30.

BÁRBARA ve a **ALICIA** *acelerada*...

Cuando se vuelvan a encontrar, **BÁRBARA** será *algo más joven*.

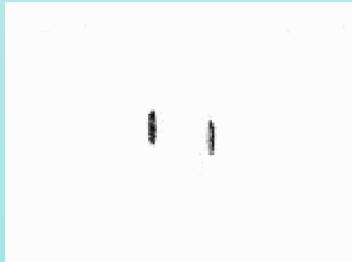
Engañando a Bárbara (parte II)

¿Cuál de las dos posibilidades prefiere la Naturaleza? ¡LAS DOS!

- Ejemplo de dilatación de tiempos, el **neutrón**:



- Ejemplo de contracción de longitudes, colisión entre núcleos:



Viajar Engorda

- Einstein descubrió un **tercer efecto** de la constancia de c : *Viajar Engorda*.
 - La masa m crece con la velocidad, si $v \approx c$.
 - Por tanto, cuando $v \rightarrow c$, cada vez cuesta *más* acelerar a una partícula.
 - La masa m se hace ∞ si $v \rightarrow c$
 - ¡Es *imposible* hacer que una partícula viaje a la velocidad de la luz!

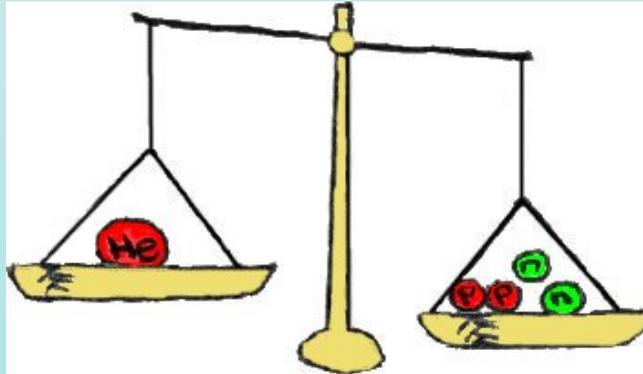


La Fórmula de los Tebeos

Una única fórmula en toda la charla...

$$E = mc^2$$

¡La **masa** se puede convertir en energía!

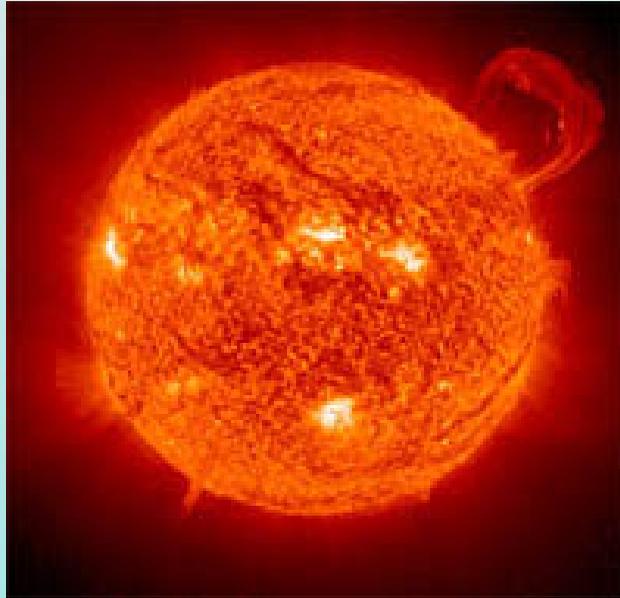
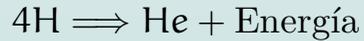


Un núcleo de Helio pesa menos que la masa de sus constituyentes.

¿Dónde va la masa faltante?

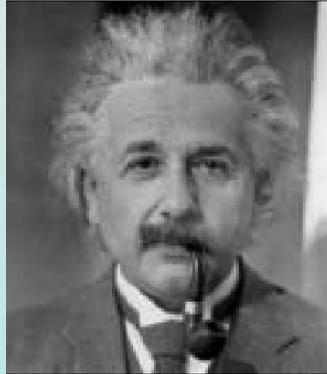
Yo sé por qué lucen las estrellas...

FUSIÓN NUCLEAR:



El Sol convierte hidrógeno en helio,
y la masa sobrante nos la envía en forma de luz...

Algo de Historia...



ALBERT EINSTEIN: Ulm (Alemania) 1879, Princeton (EEUU) 1955.

Excéntrico, Pacifista, Judío, Socialista, Músico, Filósofo, Idealista...

¿Tuvo su primera esposa, **Mileva Marič**, relación con la Teoría de la Relatividad?

Nagasaki

FISIÓN NUCLEAR:



Final

«Todos estos empeños están basados en la creencia de que la existencia debería tener una estructura completamente armoniosa. Hoy tenemos menos motivo que nunca para dejarnos apartar de este maravilloso pensamiento»

ALBERT EINSTEIN

¡GRACIAS POR VUESTRA ATENCIÓN!