

# FÍSICA MODERNA

## APLICACIONES Y PREGUNTAS COMO ESTÍMULO

Curso

Dr. Herbert Ruefer

# Contenido del curso

Lección 1: Motivación

Lección 2: El valle de isótopos estables

Lección 3: Procesos estáticos y dinámicos en gases y líquidos

Lección 4: Propagación de ondas en gases y licuefacción de gas

Lección 5: Propagación de ondas en líquidos

Lección 6: Propagación de ondas en sólidos

Lección 7: Los rayos y las ondas de luz

Lección 8: La luz como instrumento de precisión

Lección 9: El magnetismo

Lección 10: Mediciones del campo magnético

Lección 11: La exploración del espacio

Lección 12: El más pequeño común en las leyes de la naturaleza

# Lección 1: Motivación

## Resumen

A pesar de varios cientos de años de investigación científica, muchos problemas siguen sin solución hasta el día de hoy. Sobre la base de ejemplos prácticos se examinan algunos temas y se interpretan los resultados experimentales o las presentaciones de modelos. Una mirada crítica siempre parece necesaria para desarrollar un camino hacia una comprensión más profunda de la naturaleza.

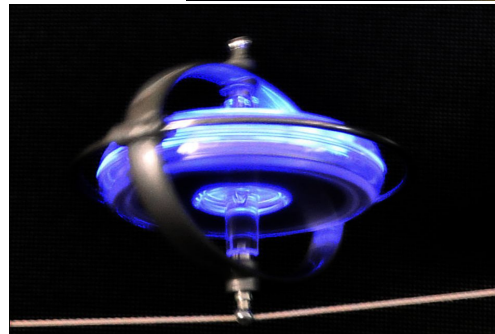
## Tabla de contenidos

- Folio 4: Introducción
- Folio 5: El péndulo de bolas
- Folio 6: El péndulo de Foucault
- Folio 7: La interpretación del experimento
- Folio 8: ¿Existe una interpretación alternativa?
- Folio 9: El principio de Ernst Mach
- Folio 10: La teoría de la gravitación de Isaac Newton
- Folio 11: El concepto de Albert Einstein
- Folio 12: Newton, Mach y Einstein
- Folio 13: Un experimento de pensamiento
- Folio 14 – 15: El Perpetuum Mobile de Hermann Bondi (1-2)
- Folie 16: Pensamientos

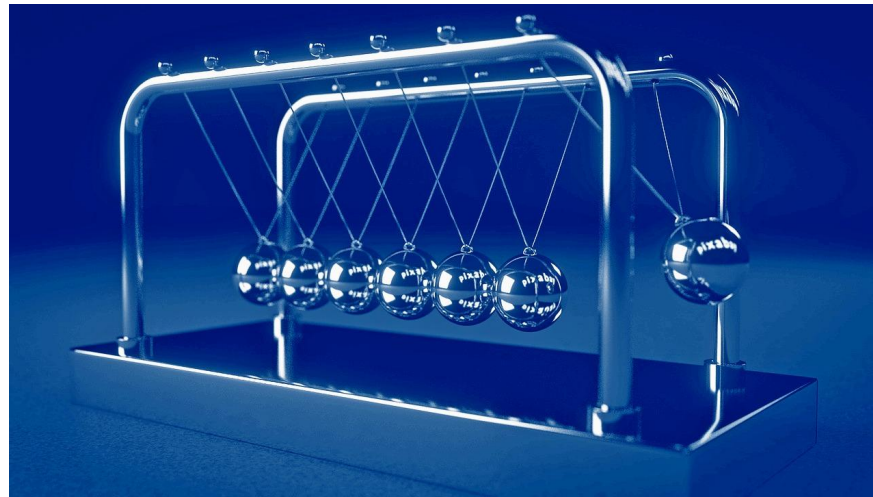
# Introducción

En la física, las ideas e invenciones conducen a numerosas aplicaciones en una amplia paleta de campos. Sin embargo, no todas las ideas o modelos se confirman o pueden ser verificadas experimentalmente. Para comprobar si una función es posible o imposible en principio, se pueden utilizar, por ejemplo, las leyes de conservación:

- energía
- momento
- momento angular



# El péndulo de bolas



En el experimento ilustrado del impacto de las bolas, el mismo número de bolas al lado opuesto siempre se mueven con la misma velocidad.

Si 2 bolas golpean las bolas estacionarias, 2 bolas saldrán volando por el otro lado y no 1 bola con doble velocidad.

Con un poco de razonamiento se llega a la conclusión de que la única explicación para este comportamiento debe ser la conservación simultánea de la energía y el momento. A veces, sin embargo, esto no es fácil de imaginar ni de entender.

# El péndulo de Foucault

El físico Léon Foucault realizó un experimento en el que un largo péndulo oscila sobre el suelo. Marcó con precisión su trayectoria y observó que el plano de oscilación del péndulo giraba lentamente. La gravedad, que sólo actúa verticalmente, no podía causar esta rotación, y ninguna otra fuerza externa actuaba sobre el péndulo. Su conclusión fue, por lo tanto, que la dirección de la oscilación del péndulo no cambió, sino que el suelo se desplazó de bajo del péndulo.

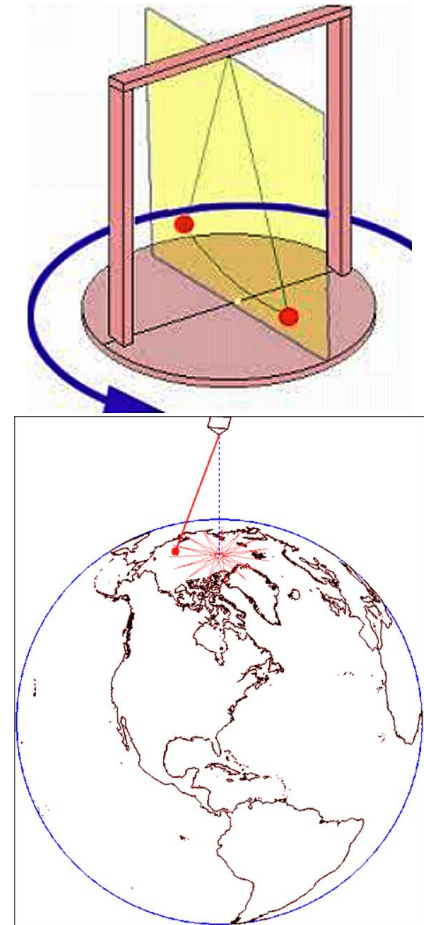




# La interpretación del experimento

La explicación acostumbrada del comportamiento del péndulo es que el movimiento tiene lugar en un sistema rotativo, es decir, en la superficie de la Tierra. Por esta razón, la masa del péndulo siente una fuerza de inercia que actúa además de la gravedad. Esta es la fuerza de Coriolis, que actúa siempre perpendicular a la dirección del movimiento de la masa del péndulo y la desvía hacia la derecha en el hemisferio norte y hacia la izquierda en el hemisferio sur. Como resultado, el plano de oscilación gira alrededor de la vertical a través del punto de suspensión. La velocidad angular de este giro es constante, aunque depende de la latitud geográfica  $\varphi$ :

$$\omega_{\text{péndulo}} = \omega_{\text{Tierra}} \cdot \sin \varphi$$



# ¿ Existe una interpretación alternativa ?

En cierto sentido, los movimientos del péndulo trazan las direcciones de un sistema de coordenadas estacionario o en reposo, que no puede ser influenciado por la Tierra, ni por el sol, ni por la galaxia.

Así surge la pregunta: ¿cómo sabe el péndulo lo que es un sistema en reposo? Ya George Berkeley y más tarde Ernst Mach desarrollaron la idea de que las estrellas fijas, es decir, toda la masa del universo circundante actúa como un sistema de coordenadas de referencia.

Por lo tanto, no es posible distinguir si el péndulo se mueve porque la Tierra gira o si la masa distribuida en el universo gira alrededor de la Tierra en estado de reposo.





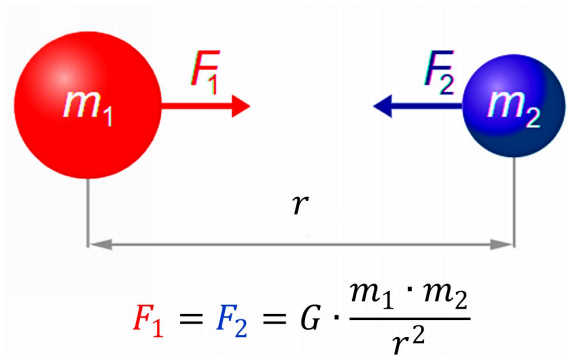
# El principio de Ernst Mach

Según Ernst Mach, no se puede atribuir ninguna propiedad física a un espacio completamente vacío. Su conclusión es que sólo la presencia, es decir, la existencia, de toda la masa cósmica forma una estructura métrica del espacio. Así se establece la propiedad de inercia de una masa. El comportamiento de una masa como una secuencia observable de movimientos, como la trayectoria de un péndulo, causada por un sistema en rotación, la Tierra, o causada por un universo en rotación, no puede, por tanto, distinguirse fundamentalmente.



# La teoría de la gravitación de Isaac Newton

Isaac Newton formuló la ley de la gravitación; con ella no sólo se podían explicar los movimientos de los planetas sino de todos los cuerpos celestes y calcular sus órbitas.



$F$ : fuerza

$G$ : constante gravitacional

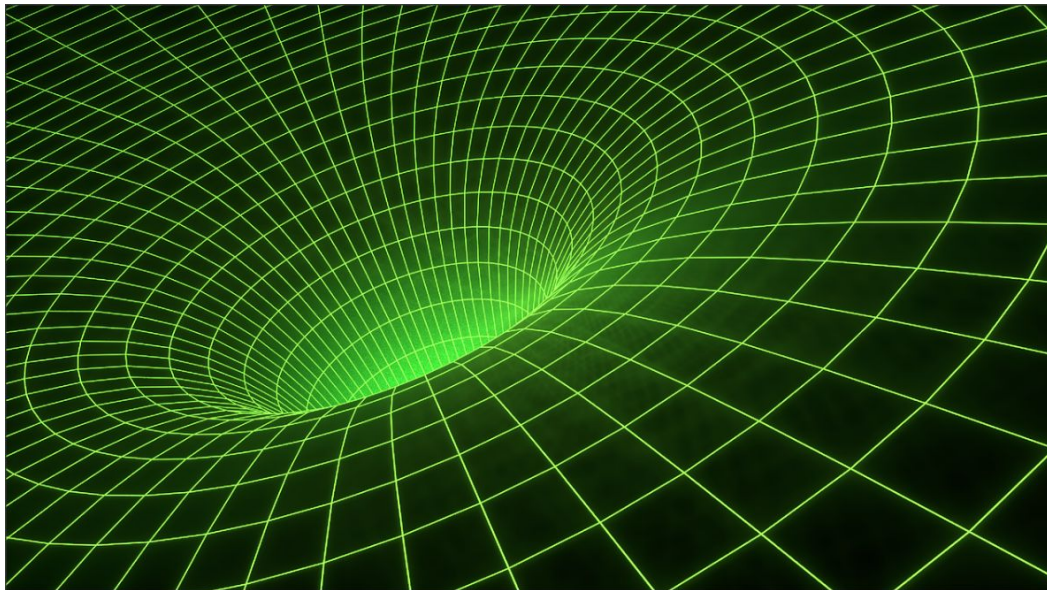
$m$ : masa pesada

$r$ : distancia

Una masa siente una aceleración dentro de un campo gravitatorio (por otra masa). En consecuencia, el patrón de movimiento resultante se atribuye a la llamada masa pesada. Como se expresa en la fórmula, la magnitud de la fuerza que experimenta un cuerpo es proporcional a su propia masa. Para Newton, el espacio y el tiempo son variables completamente independientes.

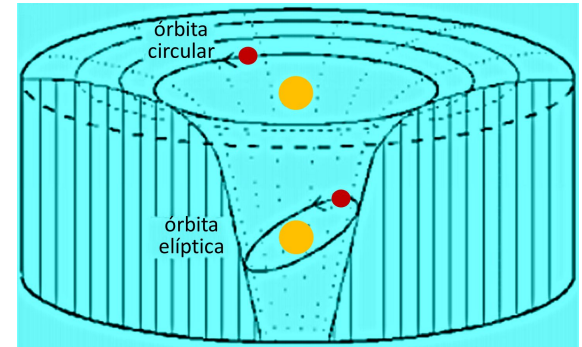
# El concepto de Albert Einstein

La teoría de Einstein no surgió de un fracaso de la teoría de Newton, sino de la cuestión del uso de los sistemas de referencia en la física. Según Einstein, el espacio y la gravedad no son cosas diferentes, sino una misma entidad. Como consecuencia, sin embargo, el tiempo siempre debe tenerse en cuenta junto con el espacio.



# Newton, Mach y Einstein

Las observaciones y mediciones experimentales indican valores idénticos para el comportamiento de una masa inerte o pesada, es decir, su indistinción, aunque los términos son lógicamente completamente independientes. Einstein retomó el pensamiento de Mach y postuló una unidad de la métrica del espacio y la gravitación. La teoría general de la relatividad enseña que la métrica del espacio es el resultado de su interacción con las masas cósmicas. Sin embargo, tal igualdad sólo puede alcanzar al precio de un inimaginable mundo de cuatro dimensiones. Excepto por pequeños efectos, la mecánica celestial de Newton ha demostrado su valor hasta el día de hoy. Todas las pequeñas desviaciones de los resultados de unas observaciones son idénticas a las predicciones teóricas de la relatividad especial y general. Aunque las fórmulas matemáticas parezcan perfectas, la pregunta: ¿por qué es así? sigue sin respuesta. El tema no está ya superado y se necesitan nuevas ideas, teniendo en cuenta el principio de Mach, para desarrollar una mejor interpretación de la naturaleza.



# Un experimento de pensamiento

El principio de Mach no puede ser probado experimentalmente, ya que no se pueden poner en marcha masas casi infinitamente grandes. A veces los experimentos de pensamiento ayudan a confirmar o rechazar los modelos.

La idea de que la luz puede ser interpretada como una corriente de fotones y que existe una relación energía-masa se origina de Albert Einstein.

( $E$ : energía,  $h$ : la constante de Planck,  $\nu$ : frecuencia,  $m$ : masa,  $c$ : velocidad de la luz)

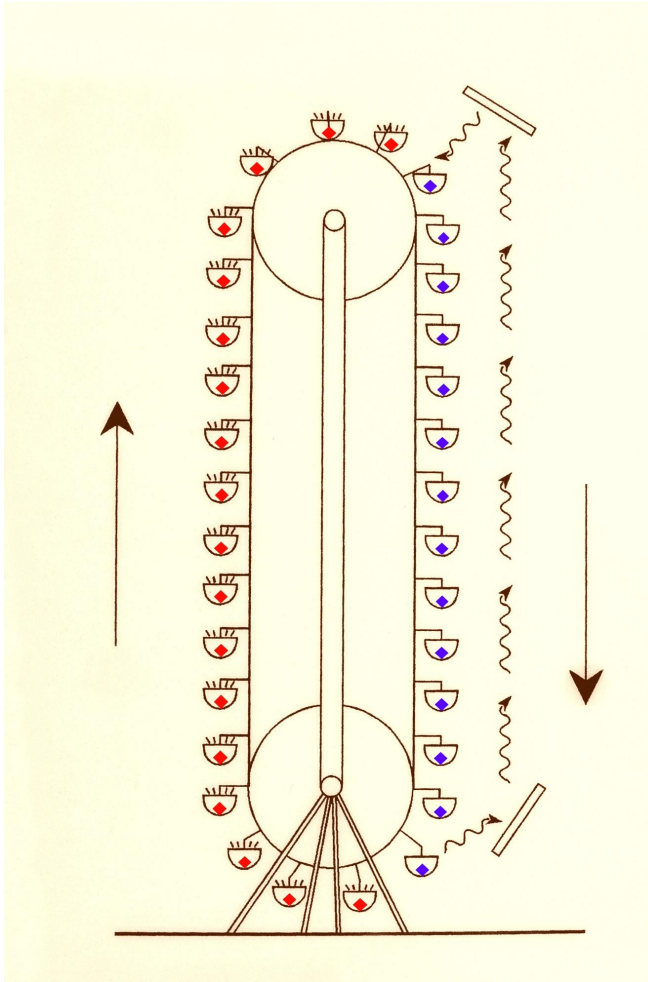
$$E = h \cdot \nu$$
$$E = m \cdot c^2$$



Estas fórmulas llevaron a Hermann Bondi a diseñar una hipotética máquina de movimiento perpetuo (= perpetuum mobile).



# El Perpetuum Mobile de Hermann Bondi (1)



De la mecánica se conocen las máquinas que realizan un movimiento de rotación. Por ejemplo, cuando se llena de agua los vasos del lado derecho.

Aquí, los vasos no están llenos de agua, sino con el mismo número de átomos. Cada uno de los átomos absorbe y emite luz de una cierta frecuencia. Los átomos están en su estado básico. Cuando son irradiados con luz de la frecuencia  $\nu$ , cada átomo de la parte superior derecha, absorbe un fotón y entra en el estado excitado, que está superior al estado básico por la cantidad de energía correspondiente:

$$E = h \cdot \nu$$



# El Perpetuum Mobile de Hermann Bondi (2)

Al inicio, todos los vasos del lado derecho están cargados de átomos excitados. En el lado izquierdo los átomos están en su estado básico. La cinta transportadora y todas las partes móviles deben comportarse completamente sin fricción. Los átomos del lado derecho son energéticamente más altos por la energía del fotón, es decir, son algo más pesados debido a la teoría especial de la relatividad.

$$E = m \cdot c^2$$

Esto hace que la cinta transportadora se mueva hacia abajo en el sentido de las agujas del reloj en el lado derecho.

Si un vaso del lado derecho ha alcanzado el fondo de la cinta transportadora, los átomos excitados son provocados para emitir su fotón (por emisión estimulada). Así, los átomos cambian al estado básico, quiere decir son más ligeros. Los fotones emitidos se dirigen hacia arriba a través de 2 espejos ideales (sin pérdidas) e irradian de nuevo los átomos que llegan en el estado básico. Estos absorben la energía de manera que el lado derecho de la cinta transportadora sigue siendo más pesado que el izquierdo.

# Pensamientos

Evidentemente, el lado derecho siempre es más pesado que el izquierdo, por lo que la máquina permanece en movimiento durante tiempos eternos y puede suministrar una energía mecánica, aunque sea pequeña.

Dado que todos los procesos deben ser ideales, es decir, completamente libres de pérdidas, aparece la pregunta: ¿dónde está el error en el razonamiento?

(La explicación sigue en una Lección posterior de este curso).

De las numerosas ideas y descubrimientos existentes en la física, algunas de ellas se seleccionan con una orientación de aplicación. Por un lado, se demuestra que algunas conclusiones se basan en supuestos que no se pueden probar. Por otro lado, preguntas existen y no tienen respuestas. Esto sirve como elemento de reflexión que puede ser útil en todos los campos. Sin embargo, esto sólo puede tener éxito si se abandona, al menos temporalmente, la llamada corriente principal (‘mainstream’) para desarrollar nuevas ideas creativas.