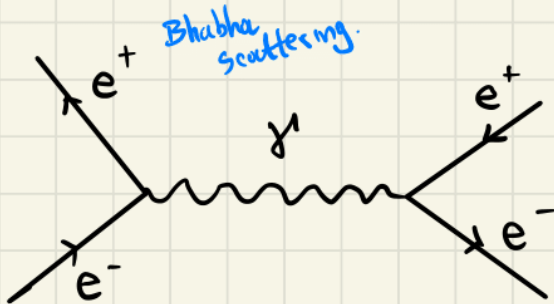


Teoría de la Relatividad

1. Introducción

1.1. Motivación

- La Relatividad General es la teoría del espacio, tiempo y gravitación.
 - La idea principal del trabajo de Einstein es la siguiente:
 - Mientras que la mayoría de las fuerzas de la naturaleza se representan por medio de campos en un espacio-tiempo, la gravedad se encuentra en el espacio-tiempo.
 - Por ejemplo, la teoría electromagnética se describe por medio del campo del fotón y su interacción con otras partículas elementales (electrón, quarks, etc).
- Aquí es donde entra en juego la teoría cuántica de campos:



$$\mathcal{L} = \bar{\psi}(i \not{D} - m)\psi - \frac{1}{4} F_{\mu\nu} F^{\mu\nu}$$

! Todo esto es para otro taller!

Volviendo a lo que nos concierne, hoy, lo que experimentamos como gravedad no es más que la manifestación de la curvatura del espacio-tiempo.

• Entonces, nuestro objetivo es claro. Tenemos que entender

- Espacio-tiempo,
- Curvatura,
- Espacio-tiempo + Curvatura

← Nos enfocaremos en esta parte.

=
¡Gravedad!

• Esto viene representado en la famosa ecuación de Einstein:

Geometría

Materia

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} g_{\mu\nu} R = 8\pi G T_{\mu\nu}$$

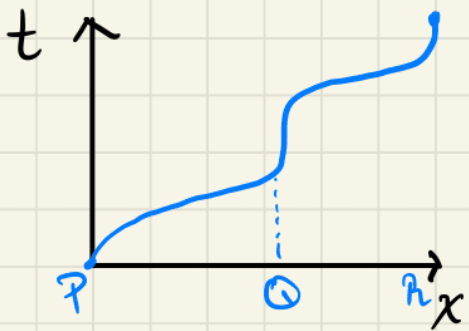
Esta es la ecuación que describe la respuesta del espacio-tiempo a la presencia de materia y energía.

• En este breve curso nos vamos a concentrar en estudiar el espacio-tiempo en ausencia de curvatura, i.e.

Relatividad Especial

1.2. Mecánica Newtoniana

- La teoría de la relatividad se encarga de estudiar la manera en que diferentes observadores describen el mismo fenómeno físico.
 - Antes de estudiar la mecánica relativista, demos un corto repaso de lo que Newton nos enseñó.
 - Comenzaremos definiendo un conjunto de términos que utilizaremos el resto del taller.
 - Evento: Suceso en un punto del espacio-tiempo.
- "Todo lo que sucede en el Universo es un conjunto de eventos."
- Diagrama espacio-tiempo: representación gráfica de eventos.



Tren viajando de P a R con una parada en Q.

- La curva en este diagrama se le conoce como historia o línea de mundo
- Individuos equipados con un reloj y una

regla se les llama observadores.

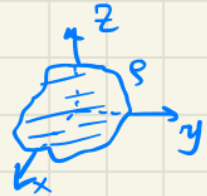
- El conjunto de observador + sistema coordinado se conoce como marco de referencia.

¿Qué proporciona eventos en el Universo?

→ Materia

• Con extensión física: cuerpos.

• Sin extensión física: partículas.



Objetivo de la mecánica Newtoniana:

• Trazar la historia de cuerpos por medio de observadores.

• La teoría de la relatividad estudia cómo diferentes observadores miran el mismo fenómeno, por lo que una pregunta natural es:

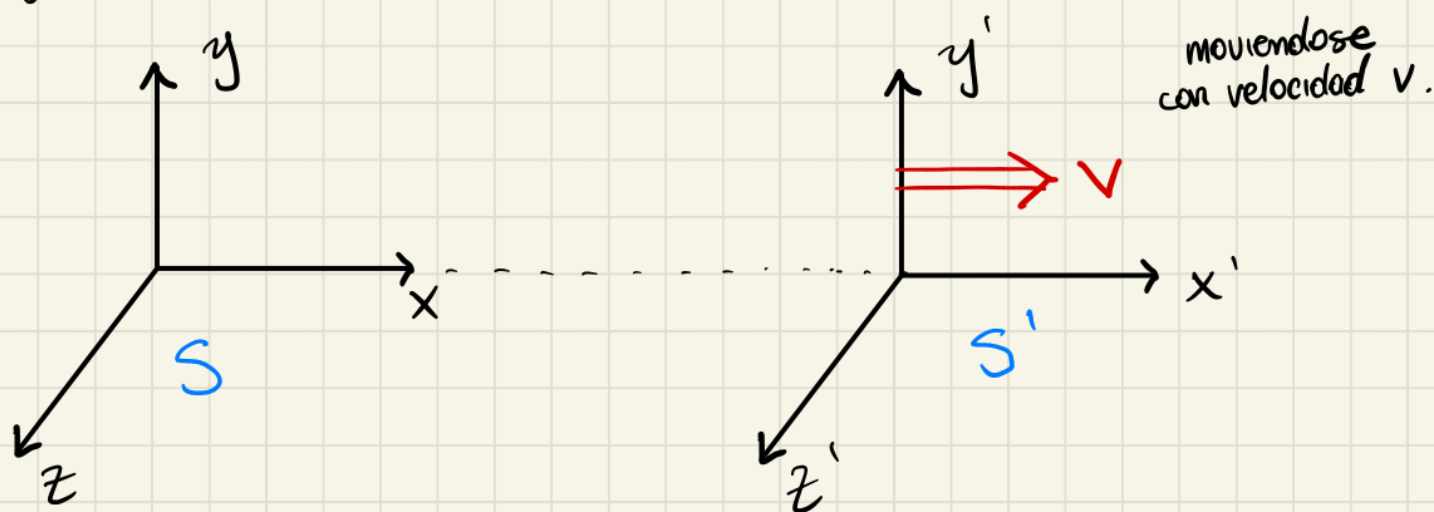
¿Existen observadores preferenciales?

Newton dice que sí en su primera ley:

- "Todo cuerpo permanecerá en reposo o movimiento uniforme a menos que una fuerza actúe sobre él."

A estos ^{observadores} se les conoce como marcos de referencia inerciales.

- No hay que olvidar que como físicos estamos interesados en estudiar la naturaleza por medio de experimentos. Por esta razón, dos observadores inerciales estarán de acuerdo en el resultado de experimentos dinámicos.
- La manera en que estos dos espectadores se comunican es por medio de las transformaciones de Galileo.



La forma de relacionar S con S' es:

$$x = x' + vt, \quad y = y', \quad z = z', \quad t = t'$$

Aquí a simple vista se esconde una pieza importante de la dinámica Newtoniana:

Tiempo absoluto.

Esto significa que dos observadores inerciales siempre estarán de acuerdo en el tiempo de un evento sin importar su velocidad.

· Una forma más elegante de decir todo esto es que las leyes de Newton son **invariantes** ante las transf. de Galileo.

· La forma de mostrar esto es:

$$f' = ma'$$

$$= m \frac{d^2 x'}{dt'^2}$$

$$= m \frac{d}{dt} \left(\frac{dx'}{dt'} \right)$$

$$= m \frac{d}{dt} (v_x - v)$$

$$= ma = f$$

$$\begin{aligned} x' &= x - vt \\ t' &= t \end{aligned}$$

¡Invariante!

$$\Rightarrow \boxed{f' = f}$$

1.3 Los postulados de Einstein

· Einstein "tomó" la Mecánica Newtoniana y añadió un par de cosas:

1^{er} Postulado:

"Todos los observadores inerciales son equivalentes"

2^{do} Postulado:

"La velocidad de la **luz** es la misma en todos los sistemas inerciales!"

El objetivo de esta primera clase fue retomar conceptos que ya se han estudiado en los cursos de mecánica y analizarlos desde otra perspectiva.

Veremos que esta noción ^{de} espacio y tiempo absolutos se rompe al estudiar objetos que viajan cerca a la velocidad de la luz.

Esto nos forzará a introducir nuevos conceptos como el de espacio-tiempo de Minkowski y las transf. de Lorentz para estudiar lo que sucede.