

El Misterio de la Masa

Benjamin Koch^a

bkoch@fis.puc.cl

^a PUC, Chile

Física para las tardes de invierno
Santiago
Septiembre 2013



- I La Masa Clásica
- II La Masa en el Mundo Cuántico
- III Las Masas en el Universo
- IV Resumen: Los 4 Misterios de la Masa



I La Masa clásica



I

Masa Clásica

I-A

La Masa en Gravitación



La Masa en Gravitación

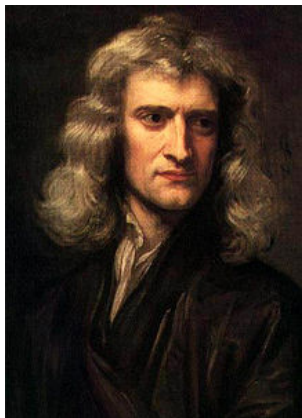
Masa Clásica

Gravitación

Isaac Newton

Ley de gravitación:

$$F_G = m \frac{MG_N}{r^2} \quad (1)$$



La Masa en Gravitación

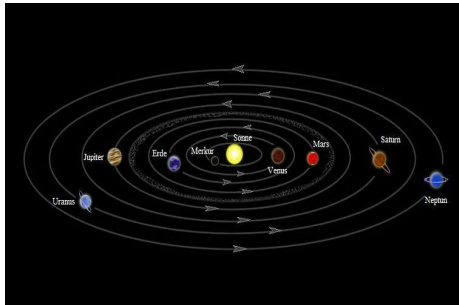
Masa Clásica

Gravitación

Masas se atraen



Entre peso y tierra



Entre estrella y planetas



La Masa en Gravitación

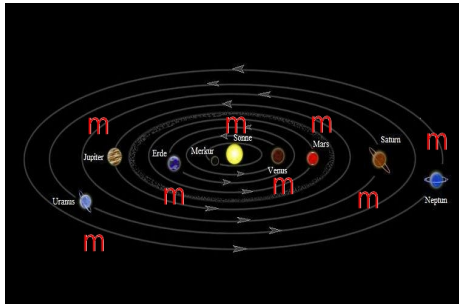
Masa Clásica

Gravitación

Masas se atraen



Entre peso y tierra



Entre estrella y planetas



La Masa en Gravitación

Masa Clásica

Concluimos:

La masas gravitacionales m se atraen una a otra



I La Masa clásica

I-B Mecánica



La Masa en Mecánica

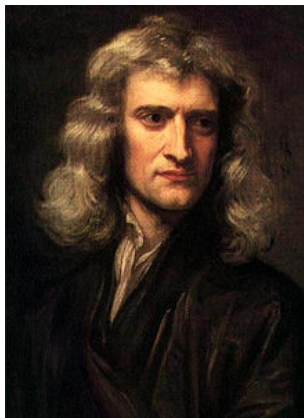
Masa Clásica

La Masa en Mecánica

Isaac Newton

Segunda ley de mecánica:

$$\vec{F} = m \vec{a} \quad (2)$$



La Masa en Mecánica

Masa Clásica

Mecánica



La Masa en Mecánica

Masa Clásica

Mecánica



La Masa en Mecánica

Masa Clásica

Mecánica



La Masa en Mecánica

Masa Clásica

Mecánica



La Masa en Mecánica

Masa Clásica

Concluimos:

- La masas gravitacionales m se atraen una a otra
- Masa Mecánica m es lo que resiste fuerza

Primer misterio de la masa:

¿Porque m y m son iguales?



I

Masa Clásica

I-C

La Masa en Relatividad



La Masa en relatividad

Masa Clásica

Relatividad

Albert Einstein

toma en serio el primer misterio de la masa y lo resuelve

⇒

Masa es energía

$$E = mc^2 \quad (3)$$

y

$$\text{o} \text{tras} = \dots \quad (4)$$



La Masa en relatividad

Masa Clásica

Relatividad

Albert Einstein: $E = mc^2$

- Masa gravitatoria **m** es energía
- Energía curva espacio
- Esto explica masa mecánica **m**



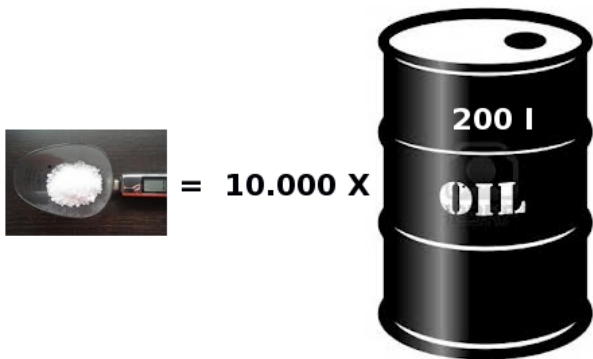
Resolver el primer misterio de la masa \Rightarrow muchos descubrimientos



La Masa en relatividad

Masa Clásica

Relatividad: muchas implicancias



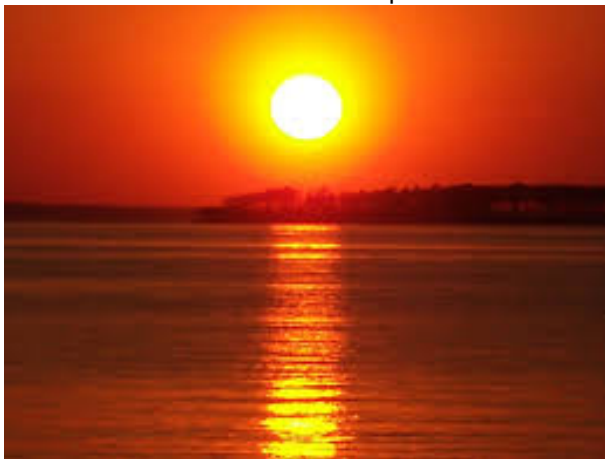
0.1 g de sal equivale energía química en 10 mil barriles de gas,
(porque velocidad de luz c es grande)



La Masa en relatividad

Masa Clásica

Relatividad: muchas implicancias



Energía del sol



La Masa en relatividad

Masa Clásica

Relatividad: muchas implicancias



Energía nuclear



La Masa en relatividad

Masa Clásica

Relatividad: muchas implicancias



Energía nuclear



La Masa en relatividad

Masa Clásica

Relatividad: muchas implicancias



GPS



La Masa en relatividad

Masa Clásica

Misterio resuelto, descubrimientos hechos

Podría estar contento, pero la historia no termina aquí ...



II La Masa Cuantica



La Masa Cuántica

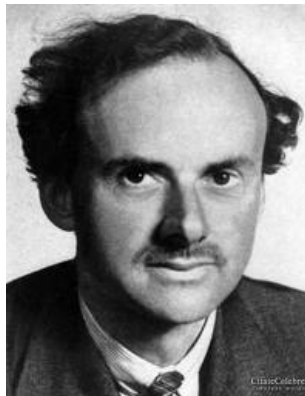
Cuántica

Cuántica

Paul Dirac (y otros)

Masa en cuantica

$$i\hbar c \partial \psi = mc^2 \psi \quad (5)$$



La Masa Cuántica

Cuántica

Cuántica está en todo



Electronica



La Masa Cuántica

Cuántica

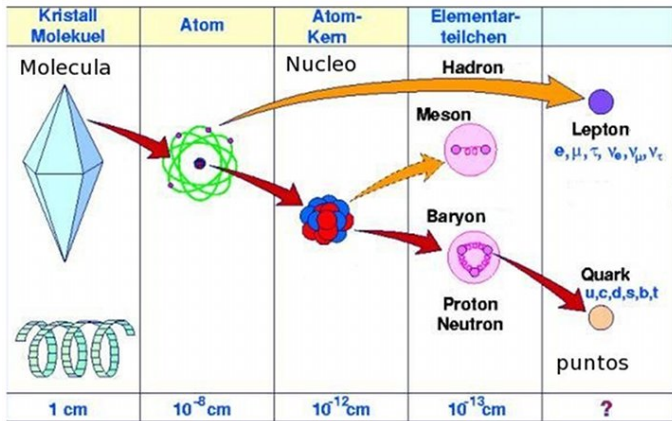
Cuántica está en todo



La Masa Cuántica

Cuántica

Cuántica está en todo










Estructura de materia



La Masa Cuántica

Cuántica

Cuántica está en todo

Kristall Molekuel	Atom	Atom-Kern	Elementar-teilchen	
Molecula  m	 m	Nucleo  m	Hadron Meson  Baryon  Proton Neutron	 m Lepton $e, \mu, \tau, \nu_e, \nu_\mu, \nu_\tau$  m Quark u, c, d, s, b, t puntos m
1 cm	10^{-8} cm	10^{-12} cm	10^{-13} cm	?

También la masa esta en todo!



Segundo misterio de la masa:

¿Como adquieren las partículas fundamentales cuánticas su masa?

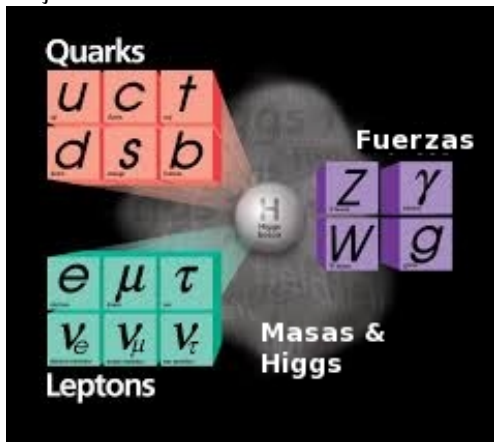


La Masa Cuántica

Cuántica

Esta pregunta nos llevó a

Mejor teoría cuántica: Modelo Standard



El Higgs da masa



La Masa Cuántica

Cuántica

Peter Higgs y otros

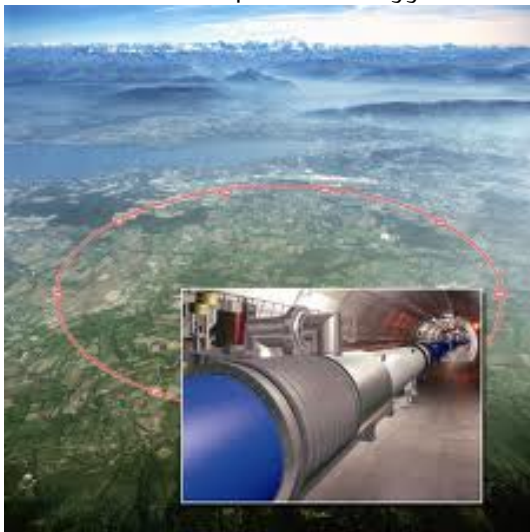
El mecanismo de Higgs da masa



La Masa Cuántica

Cuántica

LHC: Búsqueda del Higgs



2012: El Higgs, finalmente se encontro



La Masa Cuántica

Cuántica

Hasta aquí llegamos con teorías actuales sobre la masa en física:

- Primer misterio (¿ $m = m$?)
⇒ Relatividad
- Segundo misterio (¿ m para partículas fundamentales?)
⇒ Higgs
- Entendemos masas en la tierra

¿Que tal en el espacio?



III

El Universo

III-A

La masa en el Universo



La Masa en el Universo

El Universo

“Contar”
estrellas



La Masa en el Universo

El Universo

Estrellas en galaxias



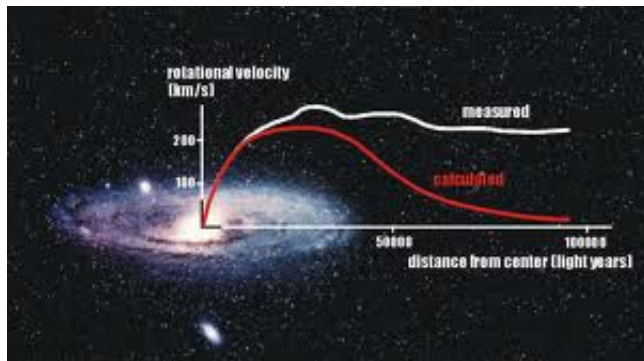
Medir posiciones y velocidades



La Masa en el Universo

El Universo

Estrellas en galaxias



Hay mas masa m que actualmente vemos!



La Masa en el Universo

El Universo

¿Como ver lo invisible?

⇒

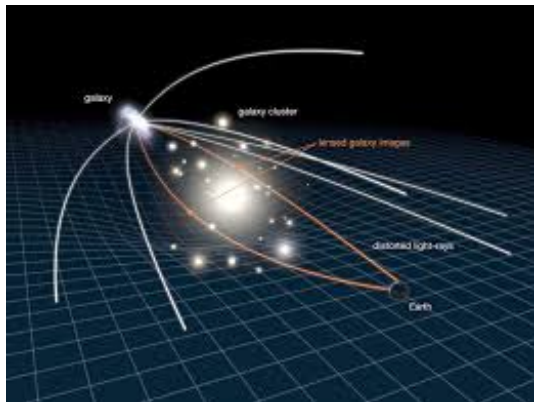
Marcas en alfombra



La Masa en el Universo

El Universo

“Marcas en alfombra”
⇒
Lentes gravitacionales



La Masa en el Universo

El Universo

“Marcas en alfombra”
⇒
Lentes gravitacionales



La Masa en el Universo

El Universo

Lentes gravitacionales
⇒
También masa invisible
“materia oscura”



La Masa en el Universo

El Universo

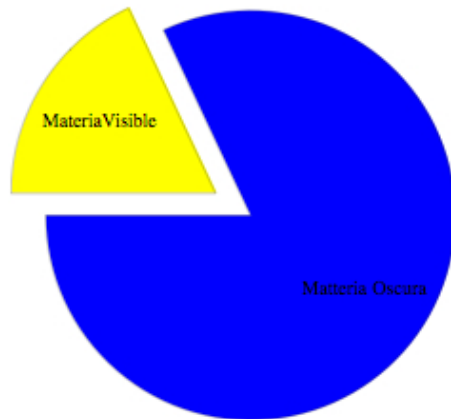
Lentes gravitacionales
⇒
También masa invisible
“materia oscura”



La Masa en el Universo

El Universo

“materia oscura”



Gran parte de la masa conocida es de un tipo desconocido

82% de la masa observada es sin explicación



La Masa en el Universo

El Universo

Tercer misterio de la masa:

¿Que es la materia oscura?

Sabemos $E = mc^2$,
¿se puede medir energía en universo?



III

El Universo

III-B

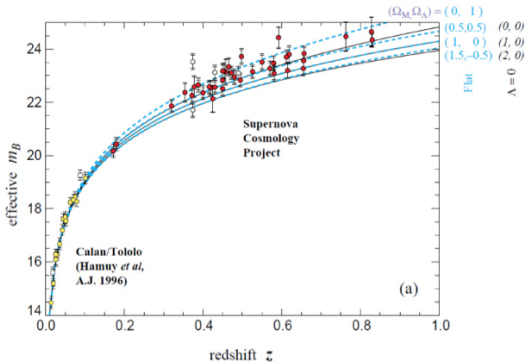
La Energía en el Universo



La Energía en el Universo

El Universo

La energía en el Universo



Explosiones mas grandes:
Supernova

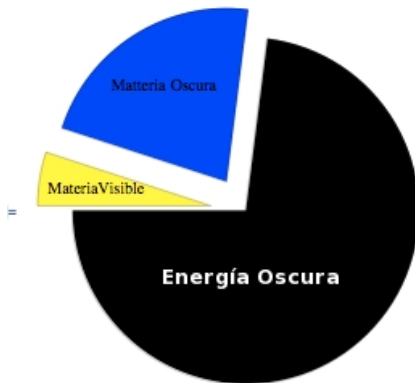
Universo acelera!



La Energía en el Universo

El Universo

Distribución de materia y energía en el universo



La Energía en el Universo

El Universo

Cuarto misterio de la masa:

¿Que es la energía oscura?



Los 4 Misterios de la Masa

Resumen

Resumen de los 4 misterios de la Masa

- Primer misterio: ¿Porque es $m = m$?
⇒ Relatividad
- Segundo misterio: ¿Quién da m para partículas fundamentales?
⇒ Higgs
- Tercer misterio: ¿Que es la materia oscura?
⇒ ¿Nuevas partículas?
- Cuarto misterio: ¿Que es la energía oscura?
⇒ ???



Los 4 Misterios de la Masa

Resumen

Resumen de los 4 misterios de la Masa



Los 4 Misterios de la Masa

Resumen



Gracias

