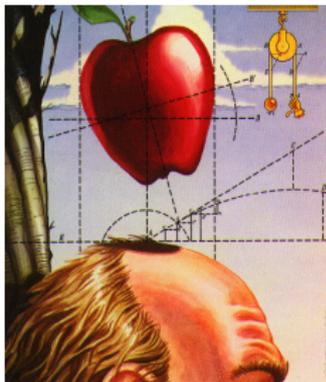
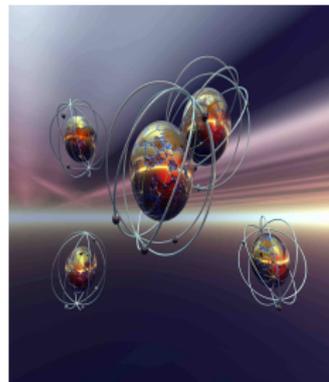




Perspectivas de gravedad cuántica

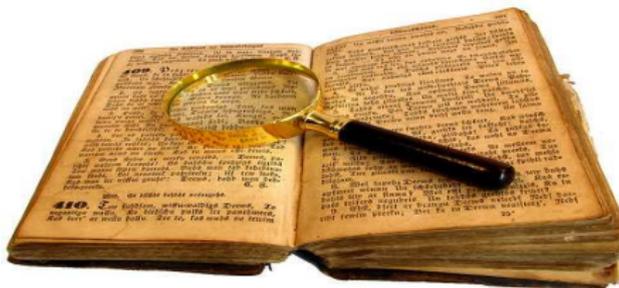
Gil Jannes

Universidad Europea de Madrid





Introducción



¿Qué es la gravedad cuántica?

Respuesta breve:

¿Qué es la gravedad cuántica?

Respuesta breve:

NO SABEMOS



¿Qué es la gravedad cuántica?

- “El campo de la física teórica que procura **unificar** la **teoría cuántica de campos**, que describe tres de las fuerzas fundamentales de la naturaleza, con la **relatividad general**, la teoría de la cuarta fuerza fundamental: la **gravedad**.” (WIKIPEDIA)

¿Qué es la gravedad cuántica?

- “El campo de la física teórica que procura **unificar** la **teoría cuántica de campos**, que describe tres de las fuerzas fundamentales de la naturaleza, con la **relatividad general**, la teoría de la cuarta fuerza fundamental: la **gravedad**.” (WIKIPEDIA)
- “Una descripción de la **interacción gravitatoria** de la materia y energía en la cual estas vienen descritas por la **teoría cuántica**. En general, pero no siempre, esto implica una cuantización de la gravedad.” (STANFORD ENCYCLOPEDIA OF PHILOSOPHY)

¿Qué es la gravedad cuántica?

- “El campo de la física teórica que procura **unificar** la **teoría cuántica de campos**, que describe tres de las fuerzas fundamentales de la naturaleza, con la **relatividad general**, la teoría de la cuarta fuerza fundamental: la **gravedad**.” (WIKIPEDIA)
- “Una descripción de la **interacción gravitatoria** de la materia y energía en la cual estas vienen descritas por la **teoría cuántica**. En general, pero no siempre, esto implica una cuantización de la gravedad.” (STANFORD ENCYCLOPEDIA OF PHILOSOPHY)

- Gravedad cuántica NO es una teoría
- Es un campo de investigación (principalmente teórica)
- Existen varios enfoques

Ingredientes

- RELATIVIDAD GENERAL
- TEORÍA CUÁNTICA DE CAMPOS



Ingredientes

- Relatividad especial
- RELATIVIDAD GENERAL
- Física cuántica
- TEORÍA CUÁNTICA DE CAMPOS



Ingredientes

- Relatividad especial
- RELATIVIDAD GENERAL
- Física cuántica
- TEORÍA CUÁNTICA DE CAMPOS



Postulados

- 1 Las leyes de la física son las mismas para todos los observadores inerciales.
- 2 La velocidad de la luz en el vacío [c] es una constante independiente del estado de movimiento de la fuente

Postulados

- 1 Las leyes de la física son las mismas para todos los observadores inerciales.
- 2 La velocidad de la luz en el vacío [c] es una constante independiente del estado de movimiento de la fuente

Consecuencias:

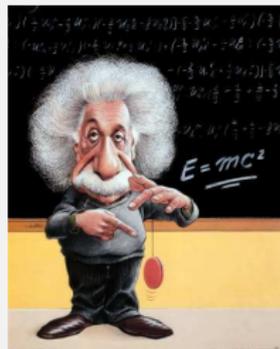
- Relatividad de la simultaneidad
- Paradoja de los gemelos
- Dilación temporal
- Contracción de Lorentz-FitzGerald
- ...

Postulados

- 1 Las leyes de la física son las mismas para todos los observadores inerciales.
- 2 La velocidad de la luz en el vacío [c] es una constante independiente del estado de movimiento de la fuente

Consecuencias:

- Relatividad de la simultaneidad
- Paradoja de los gemelos
- Dilación temporal
- Contracción de Lorentz-FitzGerald
- ...
- Equivalencia masa-energía: $E = mc^2$



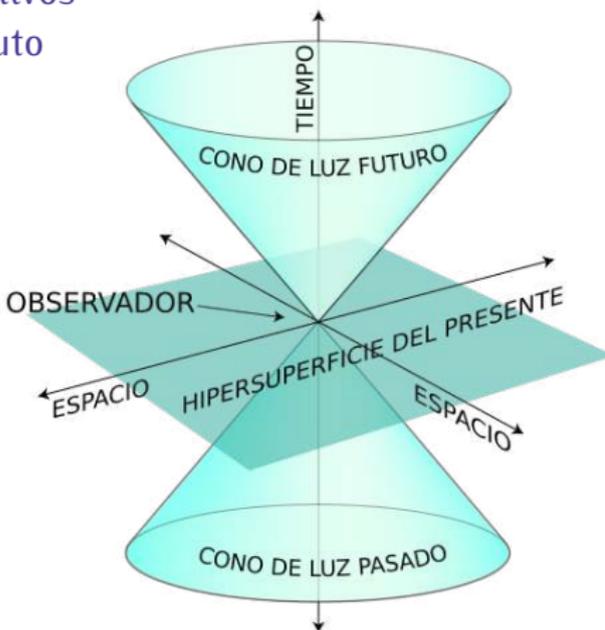
- Dilación temporal \Rightarrow Relatividad del tiempo
- Contracción de Lorentz-FitzGerald \Rightarrow Relatividad del espacio

ESPACIO y TIEMPO: relativos

- Dilación temporal \Rightarrow Relatividad del tiempo
- Contracción de Lorentz-FitzGerald \Rightarrow Relatividad del espacio

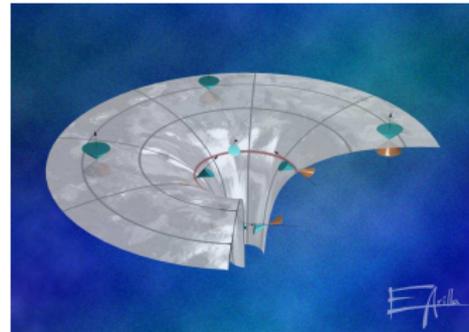
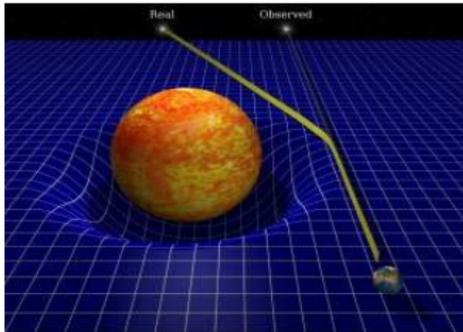
ESPACIO y TIEMPO: relativos

ESPACIO-TIEMPO: absoluto



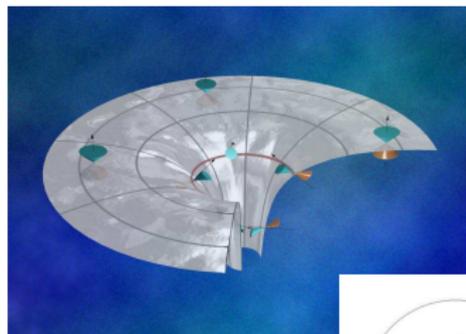
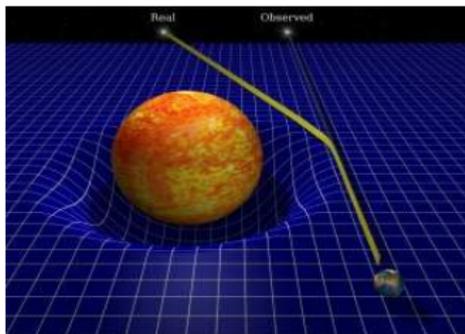
- Relatividad especial: **espaciotiempo plano**
- RELATIVIDAD GENERAL: **ESPACIOTIEMPO CURVO**

“El espaciotiempo determina el movimiento de la materia.
La materia determina la curvatura del espaciotiempo.”



- Relatividad especial: **espaciotiempo plano**
- RELATIVIDAD GENERAL: **ESPACIOTIEMPO CURVO**

“El espaciotiempo determina el movimiento de la materia.
La materia determina la curvatura del espaciotiempo.”



ECUACIONES DE EINSTEIN:

$$G = T$$

ECUACIONES DE EINSTEIN:

$$G_{\mu\nu} = T_{\mu\nu}$$

ECUACIONES DE EINSTEIN:

$$G_{\mu\nu} = T_{\mu\nu}$$

$T_{\mu\nu}$: tensor de energía-impulso \leftarrow energía (masa)

$G_{\mu\nu}$: tensor de Einstein = $f(g_{\mu\nu}) \leftarrow$ geometría

tensor: 4×4 índices (0: tiempo, 1–3: espacio)

métrica $g_{\mu\nu}$

- define cómo medir distancias espaciotemporales
- Espaciotiempo plano: $g_{\mu\nu} \equiv [-c^2, 1, 1, 1]$
- Cerca de un agujero negro: dilación temporal, contracción espacial; $g_{\mu\nu}$ complicado

RELATIVIDAD GENERAL = TEORÍA GEOMÉTRICA DINÁMICA DE LA GRAVEDAD

$$E = \hbar\omega$$

(\hbar =constante de Planck, ω =frecuencia)

ENERGÍA (MATERIA) VIENE EN PAQUETES DISCRETOS (CUANTOS)

$$E = \hbar\omega$$

(\hbar =constante de Planck, ω =frecuencia)

ENERGÍA (MATERIA) VIENE EN PAQUETES DISCRETOS (CUANTOS)

Consecuencias:

- relaciones de incertidumbre de Heisenberg
- dualidad onda-partícula
- superposición de estados cuánticos
- ...

teoría clásica (continua – x, p) \Leftrightarrow teoría cuántica (discreta – \hat{x}, \hat{p})

No-comutatividad de \hat{x}, \hat{p}

$$E = \hbar\omega$$

(\hbar =constante de Planck, ω =frecuencia)

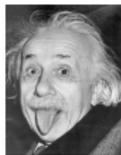
ENERGÍA (MATERIA) VIENE EN PAQUETES DISCRETOS (CUANTOS)

Consecuencias:

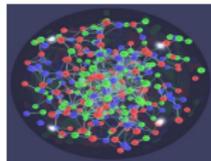
- relaciones de incertidumbre de Heisenberg
- dualidad onda-partícula
- superposición de estados cuánticos
- ...

teoría clásica (continua – x, p) \Leftrightarrow teoría cuántica (discreta – \hat{x}, \hat{p})

No-comutatividad de \hat{x}, \hat{p}

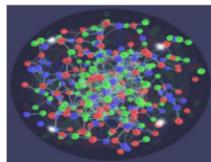


Materia consiste de partículas



MODELO ESTÁNDAR DE FÍSICA DE **PARTÍCULAS**:
TEORÍA CUÁNTICA (RELATIVISTA) DE **CAMPOS**

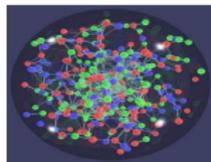
Materia consiste de partículas



MODELO ESTÁNDAR DE FÍSICA DE **PARTÍCULAS**:
TEORÍA CUÁNTICA (RELATIVISTA) DE **CAMPOS**



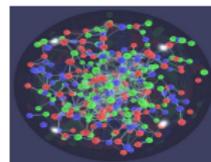
Materia consiste de partículas



MODELO ESTÁNDAR DE FÍSICA DE **PARTÍCULAS**:
TEORÍA CUÁNTICA (RELATIVISTA) DE **CAMPOS**



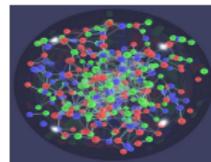
Materia consiste de partículas



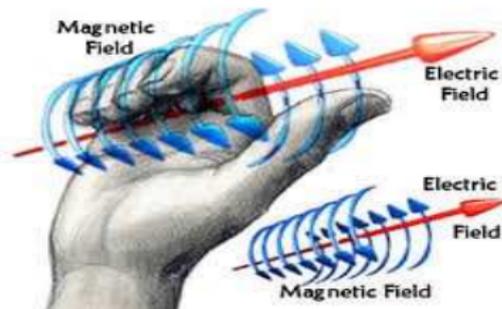
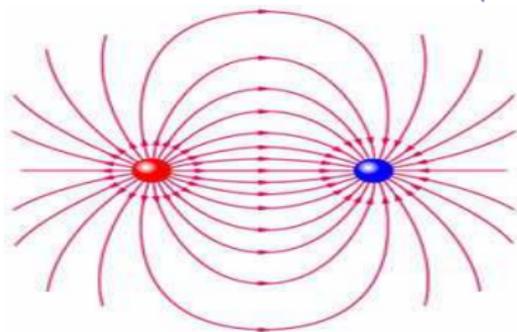
MODELO ESTÁNDAR DE FÍSICA DE **PARTÍCULAS**:
TEORÍA CUÁNTICA (RELATIVISTA) DE **CAMPOS**



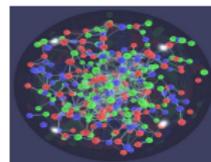
Materia consiste de partículas



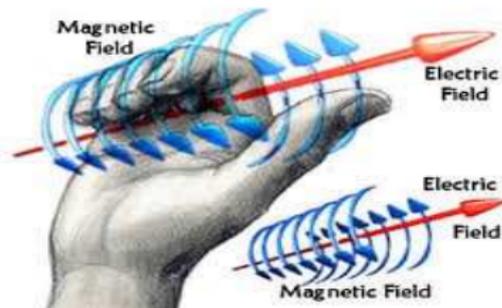
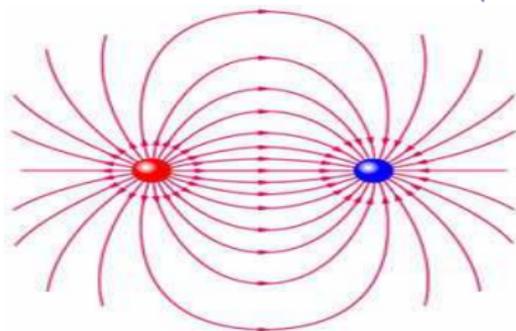
MODELO ESTÁNDAR DE FÍSICA DE **PARTÍCULAS**:
TEORÍA CUÁNTICA (RELATIVISTA) DE **CAMPOS**



Materia consiste de partículas



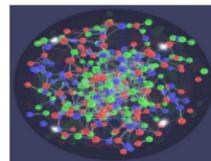
MODELO ESTÁNDAR DE FÍSICA DE **PARTÍCULAS**:
TEORÍA CUÁNTICA (RELATIVISTA) DE **CAMPOS**



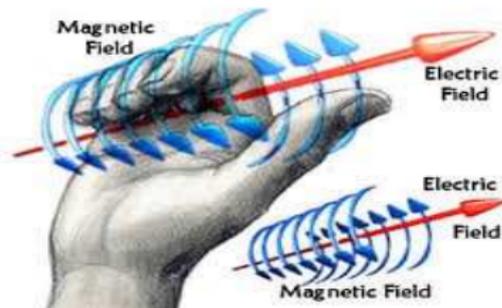
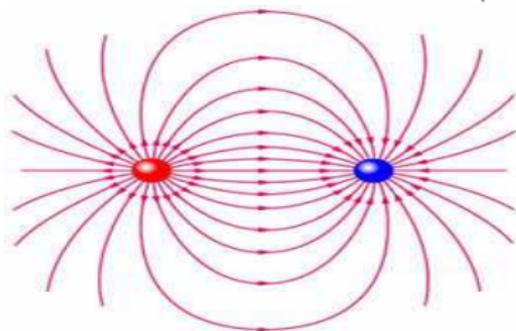
- Está en todas partes.
- En cada punto
 - Valor (intensidad)
 - Dirección

tiene:

Materia consiste de partículas

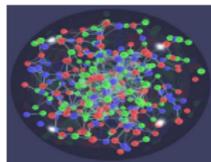


MODELO ESTÁNDAR DE FÍSICA DE PARTÍCULAS: TEORÍA CUÁNTICA (RELATIVISTA) DE CAMPOS



- Está en todas partes.
- En cada punto del espacio-tiempo tiene:
 - Valor (intensidad)
 - Dirección

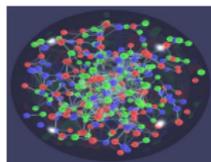
Materia consiste de partículas



MODELO ESTÁNDAR DE FÍSICA DE PARTÍCULAS:
TEORÍA CUÁNTICA (RELATIVISTA) DE CAMPOS

- Partículas son estados excitados (“cuantos”) de campos
p.ej. fotón = excitación del campo electromagnético
- *relativista* en sentido de la relatividad *especial* (CURVATURA)

Materia consiste de partículas



MODELO ESTÁNDAR DE FÍSICA DE **PARTÍCULAS**:
TEORÍA CUÁNTICA (RELATIVISTA) DE **CAMPOS**

- **Partículas** son estados excitados (“cuantos”) de **campos**
p.ej. fotón = excitación del campo electromagnético
- **relativista** en sentido de la relatividad **especial (CURVATURA)**

Brookhaven

Cern

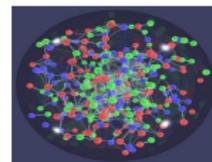
Desy

Fermilab

Kek

Slac

Materia consiste de partículas



MODELO ESTÁNDAR DE FÍSICA DE PARTÍCULAS: TEORÍA CUÁNTICA (RELATIVISTA) DE CAMPOS

- **Partículas** son estados excitados (“cuantos”) de **campos**
p.ej. fotón = excitación del campo electromagnético
- **relativista** en sentido de la relatividad *especial* (**CURVATURA**)

Brookhaven



Cern



Desy



Fermilab



Kek



Slac



**Three Generations
of Matter (Fermions)**

	I	II	III	
mass →	2.4 MeV	1.27 GeV	171.2 GeV	0
charge →	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	0
spin →	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
name →	u up	c charm	t top	γ photon
Quarks	4.8 MeV $-\frac{1}{3}$ $\frac{1}{2}$ d down	104 MeV $-\frac{1}{3}$ $\frac{1}{2}$ s strange	4.2 GeV $-\frac{1}{3}$ $\frac{1}{2}$ b bottom	0 0 1 g gluon
	<2.2 eV 0 $\frac{1}{2}$ ν_e electron neutrino	<0.17 MeV 0 $\frac{1}{2}$ ν_μ muon neutrino	<15.5 MeV 0 $\frac{1}{2}$ ν_τ tau neutrino	91.2 GeV 0 1 Z⁰ weak force
	0.511 MeV -1 $\frac{1}{2}$ e electron	105.7 MeV -1 $\frac{1}{2}$ μ muon	1.777 GeV -1 $\frac{1}{2}$ τ tau	80.4 GeV ± 1 1 W[±] weak force
Leptons				Bosons (Forces)

Three Generations of Matter (Fermions)

	I	II	III	
mass →	2.4 MeV	1.27 GeV	171.2 GeV	0
charge →	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	0
spin →	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
name →	u up	c charm	t top	γ photon
Quarks	4.8 MeV $-\frac{1}{3}$ $\frac{1}{2}$ d down	104 MeV $-\frac{1}{3}$ $\frac{1}{2}$ s strange	4.2 GeV $-\frac{1}{3}$ $\frac{1}{2}$ b bottom	0 0 1 g gluon
	<2.2 eV 0 $\frac{1}{2}$ ν_e electron neutrino	<0.17 MeV 0 $\frac{1}{2}$ ν_μ muon neutrino	<15.5 MeV 0 $\frac{1}{2}$ ν_τ tau neutrino	91.2 GeV 0 1 Z⁰ weak force
	0.511 MeV -1 $\frac{1}{2}$ e electron	105.7 MeV -1 $\frac{1}{2}$ μ muon	1.777 GeV -1 $\frac{1}{2}$ τ tau	80.4 GeV ± 1 1 W[±] weak force
Leptons				Bosons (Forces)

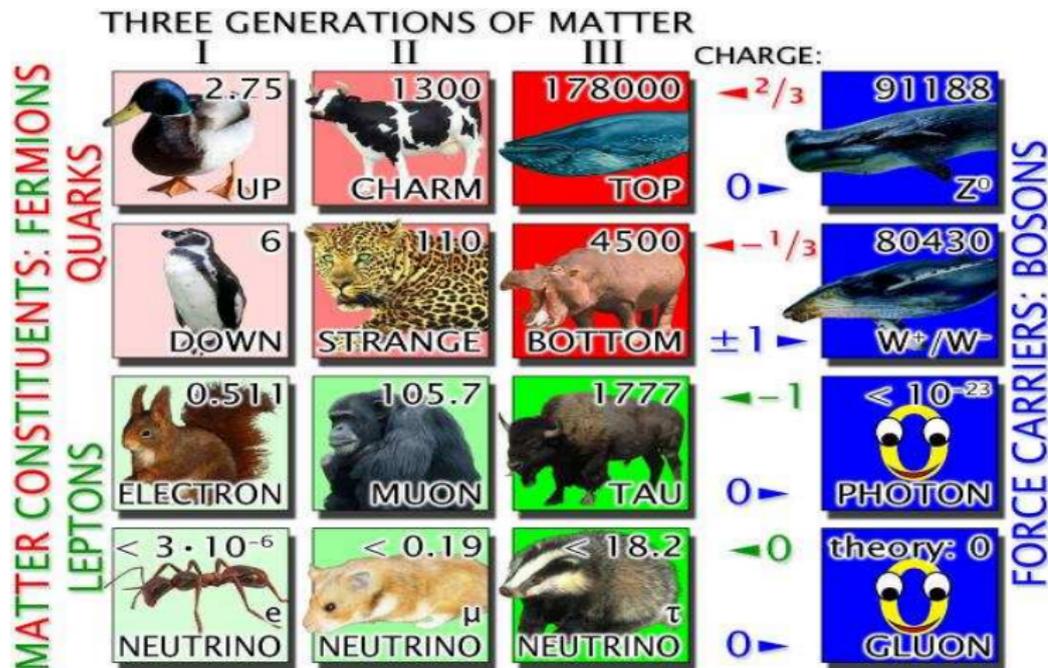
- Bosón de Higgs (LHC)
- \dots Gravitón ???

Three Generations of Matter (Fermions)

	I	II	III	
mass →	2.4 MeV	1.27 GeV	171.2 GeV	0
charge →	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	0
spin →	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
name →	u up	c charm	t top	γ photon
Quarks	4.8 MeV $-\frac{1}{3}$ $\frac{1}{2}$ d down	104 MeV $-\frac{1}{3}$ $\frac{1}{2}$ s strange	4.2 GeV $-\frac{1}{3}$ $\frac{1}{2}$ b bottom	0 0 1 g gluon
	<2.2 eV 0 $\frac{1}{2}$ ν_e electron neutrino	<0.17 MeV 0 $\frac{1}{2}$ ν_μ muon neutrino	<15.5 MeV 0 $\frac{1}{2}$ ν_τ tau neutrino	91.2 GeV 0 1 Z⁰ weak force
	0.511 MeV -1 $\frac{1}{2}$ e electron	105.7 MeV -1 $\frac{1}{2}$ μ muon	1.777 GeV -1 $\frac{1}{2}$ τ tau	80.4 GeV ± 1 1 W[±] weak force
Leptons				Bosons (Forces)

- Bosón de Brout–Englert–Higgs (LHC)

- ¿¿¿ Gravitón ???



ALL MASSES IN MEV;
ANIMAL MASSES
SCALE WITH
PARTICLE MASSES

The Standard Model
fundamental particle zoo

- Relatividad especial: 1905
- Relatividad general: 1915
- Física cuántica: 1900-1905 / 1924-1927
- Teoría cuántica de campos
1940s (QED), 1960s (QCD), 1975 (SM)

2016: ¿ ¿ ¿ GRAVEDAD CUÁNTICA ? ? ?

- Relatividad especial: 1905
- Relatividad general: 1915
- Física cuántica: 1900-1905 / 1924-1927
- Teoría cuántica de campos
1940s (QED), 1960s (QCD), 1975 (SM)

2016: ¿ ¿ ¿ GRAVEDAD CUÁNTICA ? ? ?





Objetivo



- Relatividad general: energías altas
- Física cuántica: distancias pequeñas
- ① Gravedad cuántica: **ENERGÍAS ALTAS EN DISTANCIAS PEQUEÑAS**

Escala de gravedad cuántica (“de Planck”): 10^{29} eV / 10^{-35} m

LHC: 10 TeV $\sim 10^{13}$ eV

protón, electrón: 10^{-15} m – quark: $< 10^{-18}$ m

- Relatividad general: energías altas
- Física cuántica: distancias pequeñas
- ① Gravedad cuántica: **ENERGÍAS ALTAS EN DISTANCIAS PEQUEÑAS**

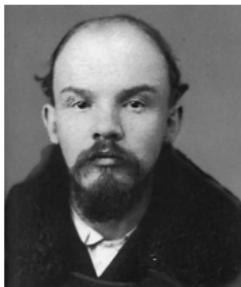
Escala de gravedad cuántica (“de Planck”): 10^{29} eV / 10^{-35} m

LHC: 10 TeV $\sim 10^{13}$ eV

protón, electrón: 10^{-15} m – quark: $< 10^{-18}$ m

RESOLUCIÓN DE SINGULARIDADES

Agujeros negros



Origen del universo



- 2 Inconsistencia lógica: geometría clásica vs materia cuántica

$$G_{\mu\nu} = \hat{T}_{\mu\nu}$$

2 Inconsistencia lógica: geometría clásica vs materia cuántica

$$G_{\mu\nu} = \hat{T}_{\mu\nu}$$



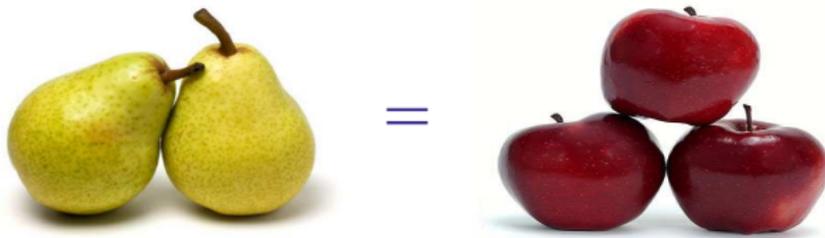
=



3 Energía oscura

2 Inconsistencia lógica: geometría clásica vs materia cuántica

$$G_{\mu\nu} = \hat{T}_{\mu\nu}$$



3 Energía oscura



4 Motivación histórica: unificación como motor de progreso

P.ej. Electricidad + magnetismo

⇒ Electromagnetismo

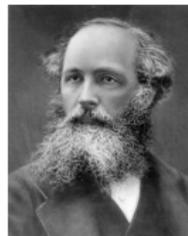


5 Motivación “estética”

4 Motivación histórica: unificación como motor de progreso

P.ej. Electricidad + magnetismo

⇒ Electromagnetismo



5 Motivación “estética”



5 Motivación observacional/experimental?

5 Motivación observacional/experimental?

NO

No existe, a día de hoy, ningún experimento ni observación que requiera una teoría de gravedad cuántica para su explicación.



5 Motivación observacional/experimental?

NO

No existe, a día de hoy, ningún experimento ni observación que requiera una teoría de gravedad cuántica para su explicación.

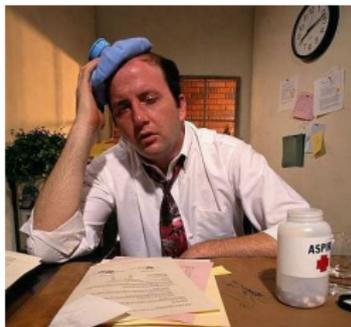


Recordad:

Escala de Planck: 10^{29} eV / 10^{-35} m

vs

LHC: 10^{13} eV / 10^{-18} m

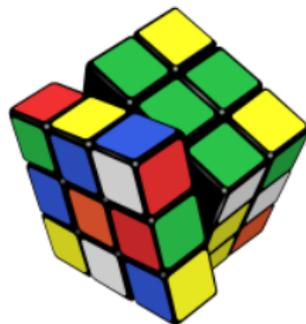


Problemas



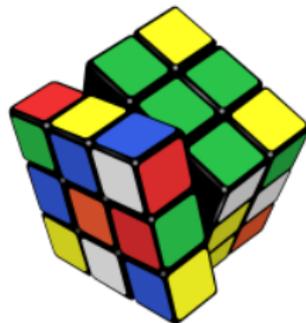
TEORÍA CUÁNTICA DE CAMPOS

- lineal
 - $f(x + y) = f(x) + f(y)$
 - $f(\alpha x) = \alpha f(x)$
- renormalización
- grupos finitos



TEORÍA CUÁNTICA DE CAMPOS

- lineal
 - $f(x + y) = f(x) + f(y)$
 - $f(\alpha x) = \alpha f(x)$
- renormalización
- grupos finitos



RELATIVIDAD GENERAL

- no es lineal
- no es renormalizable
- se caracteriza por un grupo infinito (“difeomorfismos”)

EXPERIMENTOS

- Escala de gravedad cuántica (“de Planck”):
 10^{29} eV – 10^{-35} m
- LHC: 10^{13} eV – 10^{-18} m



EXPERIMENTOS

- Escala de gravedad cuántica (“de Planck”):
 10^{29} eV – 10^{-35} m
- LHC: 10^{13} eV – 10^{-18} m



Acelerador de partículas del tamaño del sistema solar ??

EXPERIMENTOS

- Escala de gravedad cuántica (“de Planck”):
 10^{29} eV – 10^{-35} m
- LHC: 10^{13} eV – 10^{-18} m



Acelerador de partículas del tamaño del sistema solar ??

OBSERVACIONES COSMOLÓGICAS : 10^{20} eV

- indirectas, no manipulables

EXPERIMENTOS

- Escala de gravedad cuántica ("de Planck"):
 $10^{29} \text{ eV} - 10^{-35} \text{ m}$
- LHC: $10^{13} \text{ eV} - 10^{-18} \text{ m}$



Acelerador de partículas del tamaño del sistema solar ??

OBSERVACIONES COSMOLÓGICAS : 10^{20} eV

- indirectas, no manipulables
- extrapolar ??



TEORÍA CUÁNTICA DE CAMPOS SUPONE
ESPACIOTIEMPO DE FONDO FIJO

TEORÍA CUÁNTICA DE CAMPOS SUPONE ESPACIOTIEMPO DE FONDO FIJO

- Modelo estándar de partículas: espaciotiempo **plano**
- Teoría cuántica de campos en espaciotiempos **curvos**

radiación de Hawking



TEORÍA CUÁNTICA DE CAMPOS SUPONE ESPACIOTIEMPO DE FONDO FIJO

- Modelo estándar de partículas: espaciotiempo **plano**
- Teoría cuántica de campos en espaciotiempos **curvos**

radiación de Hawking



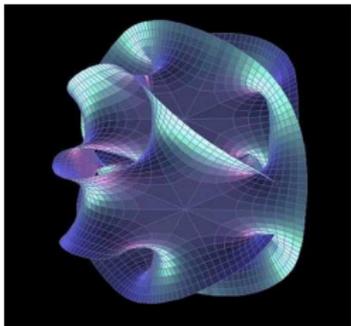
RELATIVIDAD GENERAL = TEORÍA DINÁMICA DEL ESPACIOTIEMPO

$$G = T$$

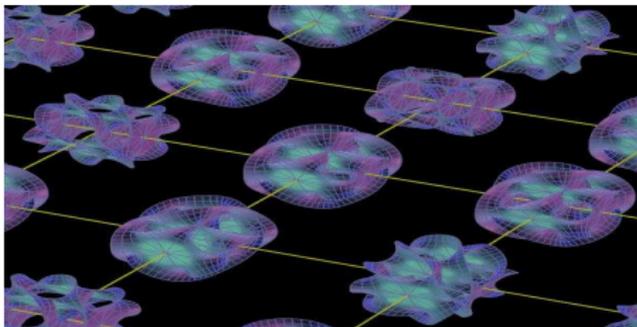
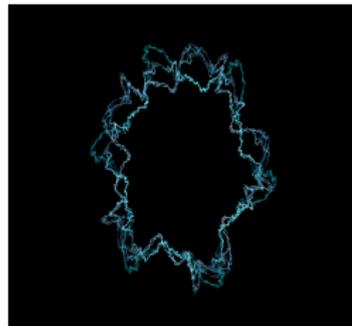


Enfoques

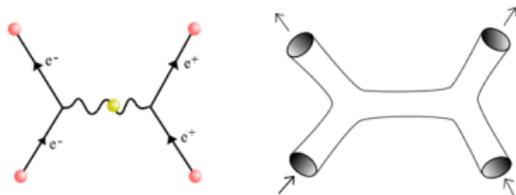




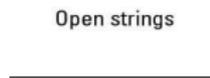
Teoría de Cuerdas



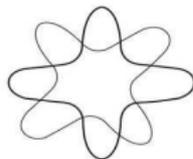
- Partículas puntuales \implies CUERDAS
(objetos 1-dimensionales – abiertas/cerradas)



- Partículas puntuales: $F \sim 1/r^n \rightarrow \infty$ si $r \rightarrow 0$; cuerda no
- Partículas \iff modos de vibración de cuerdas



Closed strings

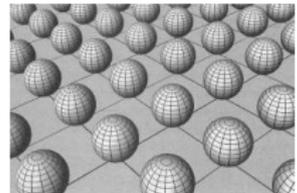
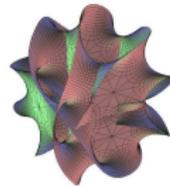
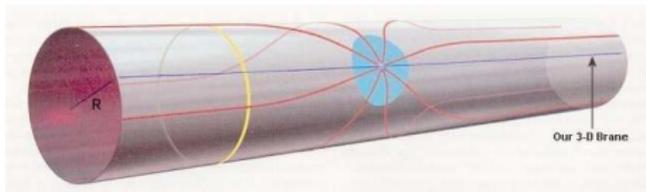


Logros

- “Contiene” modelo estándar de partículas
- Predice de forma natural **gravitón**
- Evita problemas de **infinitos** en Teoría Cuántica de Campos
- Abierto campos de investigación matemática
- **Simetría/dualidades** entre teorías
 - 1995 – relaciones entre 5 versiones: I, II-A, II-B, HO, HE
⇒ ¿ Teoría-M ?

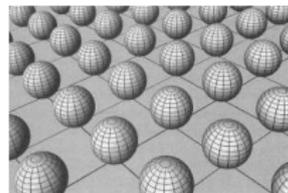
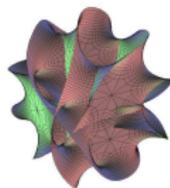
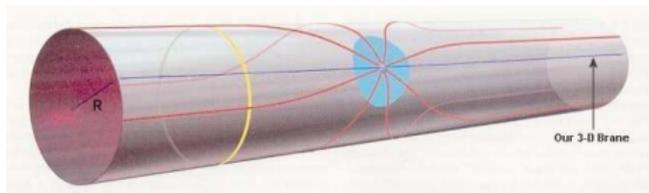
Problemas

- **Supersimetría** (fotón-fotino, fermión-sfermión, quark-squark...)
- **Dimensiones extras** (11?)
- **5 versiones**



Problemas

- **Supersimetría** (fotón-fotino, fermión-sfermión, quark-squark...)
- **Dimensiones extras** (11?)
- **10^{500} versiones** ("landscape")
 - \rightarrow ¿ predictibilidad ?
 - ¿Multiverso? ¿Nuestro universo?
- Muchos resultados no parecen aplicables a nuestro universo



LOGROS IMPORTANTES ÚLTIMOS 10 AÑOS:

LOGROS IMPORTANTES ÚLTIMOS 10 AÑOS:

ESTADO ACTUAL?

Crisis – pero las ha habido antes

- Pro: “muy improbable” que una teoría tan elegante y tan consistente esté mal
- Con: ni una sola predicción que se podría verificar/refutar (ni siquiera en principio)

ESTADO ACTUAL?

Crisis – pero las ha habido antes

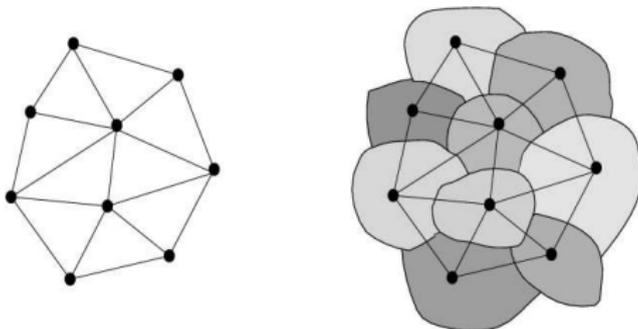
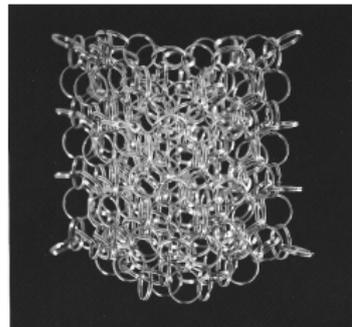
- Pro: “muy improbable” que una teoría tan elegante y tan consistente esté mal
- Con: ni una sola predicción que se podría verificar/refutar (ni siquiera en principio)

Perspectiva

- ¿Construir una teoría en base a argumentos de elegancia y consistencia matemática? (Dirac: positrón – antimateria)
- Contacto con realidad? (Cosmología de cuerdas)



Gravedad Cuántica de Lazos



CUANTIZACIÓN DE LA RELATIVIDAD GENERAL

- Geometrodinámica: cuantizar métrica $g_{\mu\nu} \Rightarrow \hat{g}_{\mu\nu}$
- LQG: reformular ecuaciones de Einstein:

$$G = T$$

- y luego cuantizarlas

CUANTIZACIÓN DE LA RELATIVIDAD GENERAL

- Geometrodinámica: cuantizar métrica $g_{\mu\nu} \Rightarrow \hat{g}_{\mu\nu}$
- LQG: reformular ecuaciones de Einstein:

$$G = U$$

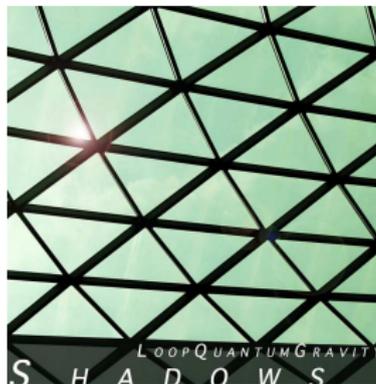
- y luego cuantizarlas

CUANTIZACIÓN DE LA RELATIVIDAD GENERAL

- Geometrodinámica: cuantizar métrica $g_{\mu\nu} \Rightarrow \hat{g}_{\mu\nu}$
- LQG: reformular ecuaciones de Einstein:

$$G = T$$

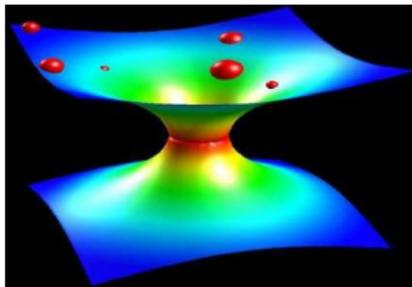
(variables de Ashtekar-Barbero)



- y luego cuantizarlas

Logros

- Geometría cuantizada (operadores de área y volumen)
- Cuantización exacta (no-perturbativa)
- No hay espaciotiempo pre-definido (“invariante bajo difeomorfismos”)
- Resolución de singularidades cosmológicas

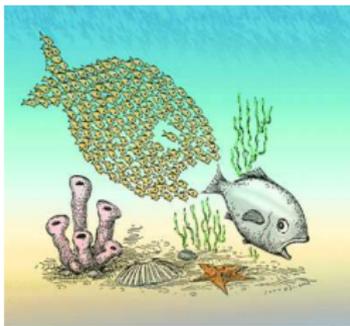


Problemas

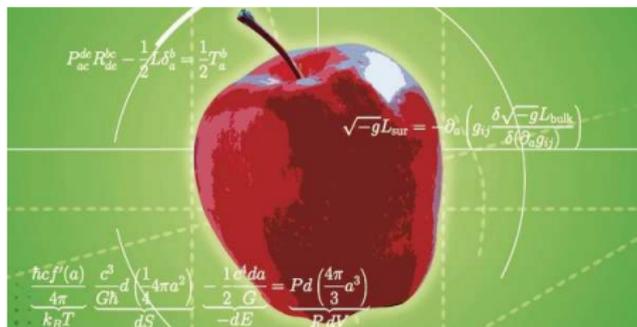
- ¿Cómo acoplar materia?
- ¿Evolución/dinámica?
- ¿Límite semiclásico?
- ¿Predicción? (Cosmología Cuántica de Lazos)

Perspectiva

- Cuantizar la RG de forma consistente es una tarea altamente no-trivial
- Consistencia no puede ser la única guía
- Importancia de contacto con mundo observacional



Gravedad emergente



- Teoría cuántica aplicada a objetos **individuales**
→ física de partículas
- Teoría cuántica aplicada a objetos **colectivos**
→ materia condensada

Efectos colectivos a T baja (superconductividad, superfluidéz)

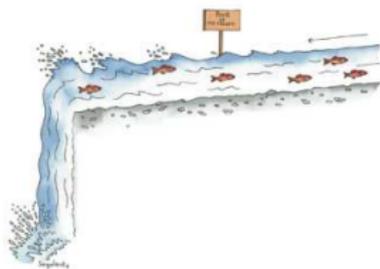
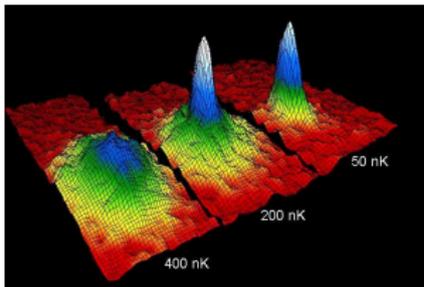
⇒ **ESPACIOTIEMPOS CURVOS EFECTIVOS**

- Teoría cuántica aplicada a objetos **individuales**
→ física de partículas
- Teoría cuántica aplicada a objetos **colectivos**
→ materia condensada

Efectos colectivos a T baja (superconductividad, superfluidez)

⇒ **ESPACIOTIEMPOS CURVOS EFECTIVOS**

- Excitaciones (fonones, elementos no condensados) se mueven como si vieran una geometría curva
- **CURVATURA** determinada por parte condensada



Gravedad = fenómeno emergente de baja temperatura?

Gravedad = fenómeno emergente de baja temperatura?

Logros/ventajas

- Posibilidad de hacer **EXPERIMENTOS** de laboratorio
→ radiación de Hawking “análoga” en CBE
- Se basa en física conocida y comprobada

Gravedad = fenómeno emergente de baja temperatura?

Logros/ventajas

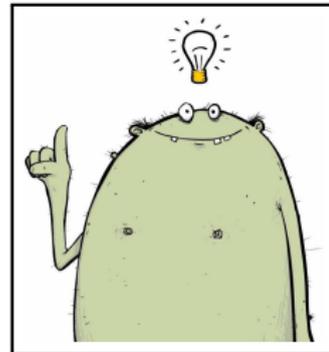
- Posibilidad de hacer **EXPERIMENTOS** de laboratorio
→ radiación de Hawking “análoga” en CBE
- Se basa en física conocida y comprobada

Problemas

- No es una teoría, más bien una idea
- Analogía \Rightarrow **predicciones concretas**
- Dinámica de la gravedad: ¿Ecuaciones de Einstein ?



Conclusiones



- Datos directos que permitan verificar / descartar una teoría u otra? (muy) poco probable
- Datos indirectos que nos proporcionen pistas? No tan descabellado

Observaciones futuras

- Ondas gravitatorias de agujeros negros
- Fondo cósmico de microondas (universo primitivo)
- Violaciones de la simetría Lorentz (variaciones de c)?

- Datos directos que permitan verificar / descartar una teoría u otra? (muy) poco probable
- Datos indirectos que nos proporcionen pistas? No tan descabellado

Observaciones futuras

- Ondas gravitatorias de agujeros negros
- Fondo cósmico de microondas (universo primitivo)
- Violaciones de la simetría Lorentz (variaciones de c)?



LA NATURALEZA SIEMPRE TIENE LA PALABRA FINAL

“LA GRAVEDAD CUÁNTICA ES UN MUNDO EXTRAÑO CUYAS CARACTERÍSTICAS SOLO EMPEZAMOS A ENTREVER” (R. WOODARD)

“LA GRAVEDAD CUÁNTICA ES UN MUNDO EXTRAÑO CUYAS CARACTERÍSTICAS SOLO EMPEZAMOS A ENTREVER” (R. WOODARD)



“Después de un estudio profundo de la gravedad cuántica, he llegado a la conclusión

“LA GRAVEDAD CUÁNTICA ES UN MUNDO EXTRAÑO CUYAS CARACTERÍSTICAS SOLO EMPEZAMOS A ENTREVER” (R. WOODARD)



“Después de un estudio profundo de la gravedad cuántica, he llegado a la conclusión que vivimos en un cuenco de agua”