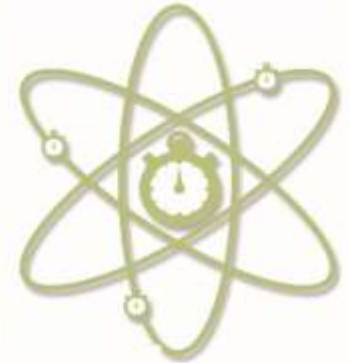
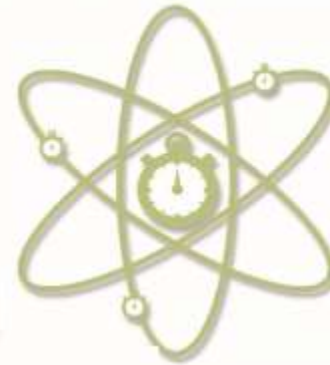
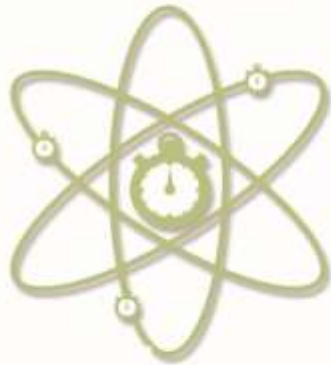


La naturaleza cuántica del espacio-tiempo



conferencia a cargo de

Francisco R. Villatoro

viernes 25 de noviembre de 2016

19:30h

Facultad de Filosofía / Aula de Grados

C/ Camilo José Cela, S/N



www.forodeanálisis.org



Vicerrectorado de
Relaciones Institucionales



Dr. Francisco Villatoro

Dpto. Lenguajes y Ciencias de la Computación

villa@lcc.uma.es



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

¿De qué está hecho el Universo?

espaciotiempo 3+1 clásico

124 campos cuánticos



¿Qué son el espacio y el tiempo?

Si nadie me lo pregunta, lo sé;
pero si quiero explicárselo
al que me lo pregunta, no lo sé.

Inspirado en San Agustín de Hipona

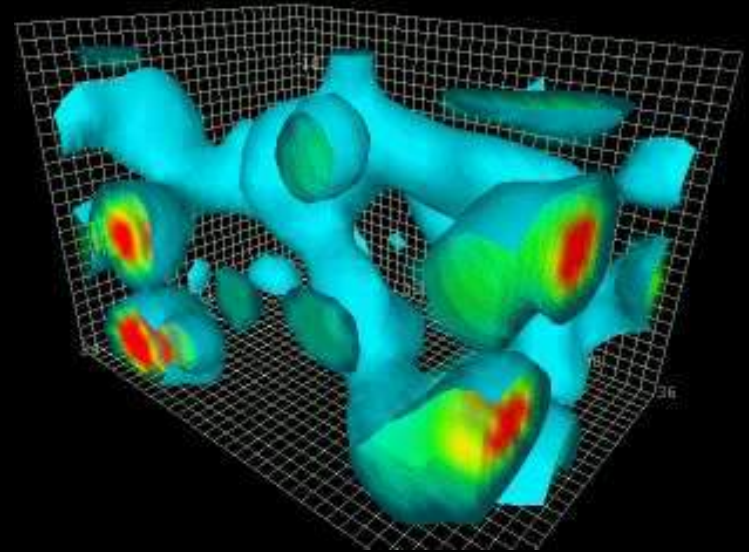
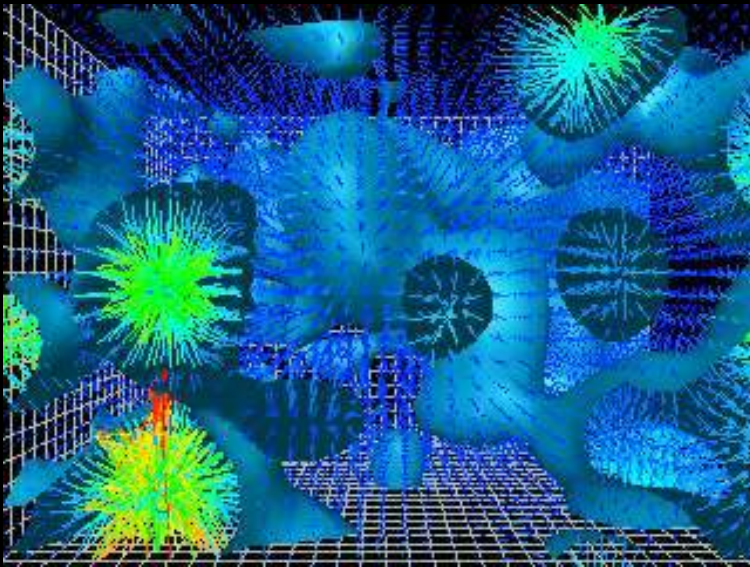
$$G_{\mu\nu} \equiv R_{\mu\nu}[g] - \frac{1}{2}g_{\mu\nu}R[g] + \Lambda g_{\mu\nu} = -8\pi G_N T_{\mu\nu}[\Phi]$$



¿Qué es el espaciotiempo?

¿Qué son los campos cuánticos?

Vacío + Partículas



Localidad + Unitariedad

Campo electromagnético

masa = 0

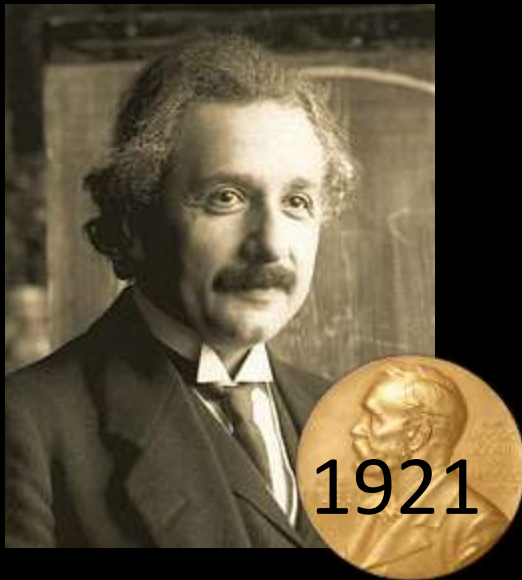
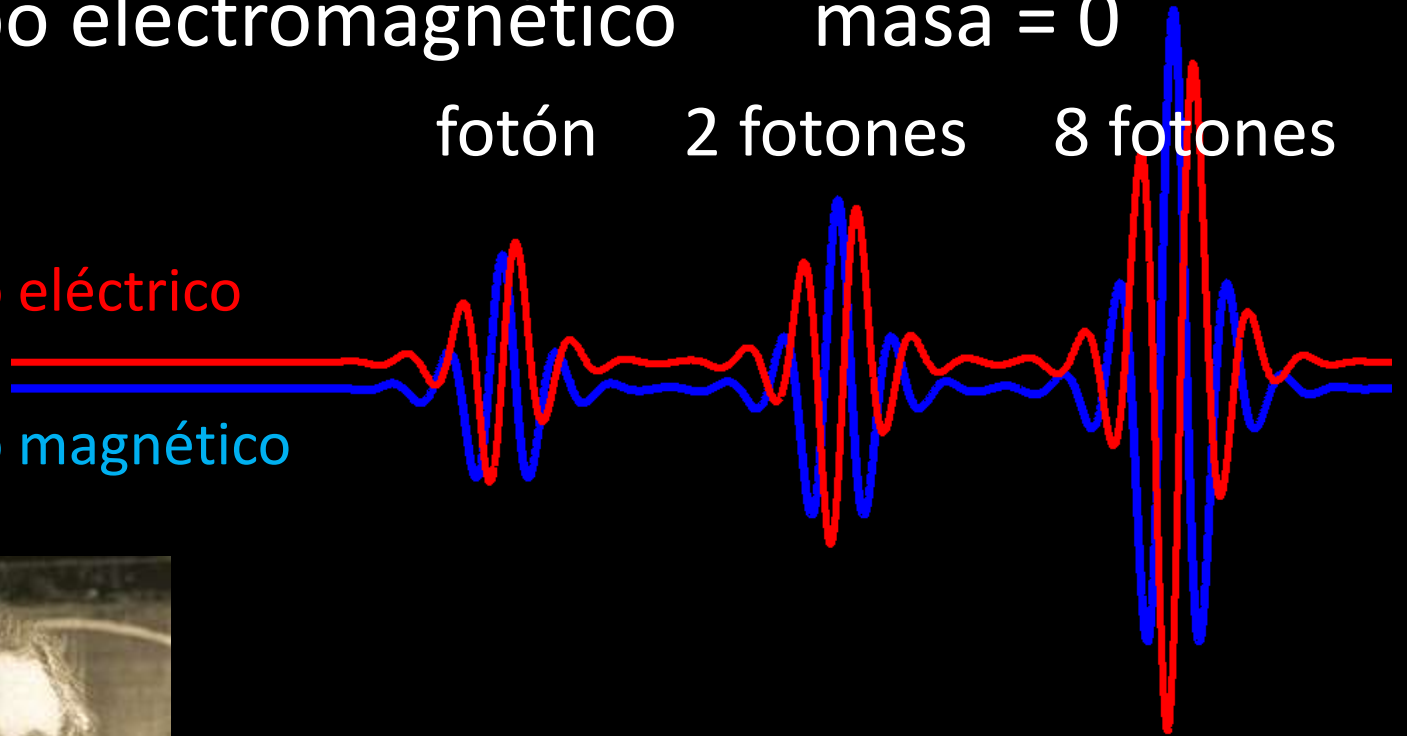
fotón

2 fotones

8 fotones

Campo eléctrico

Campo magnético

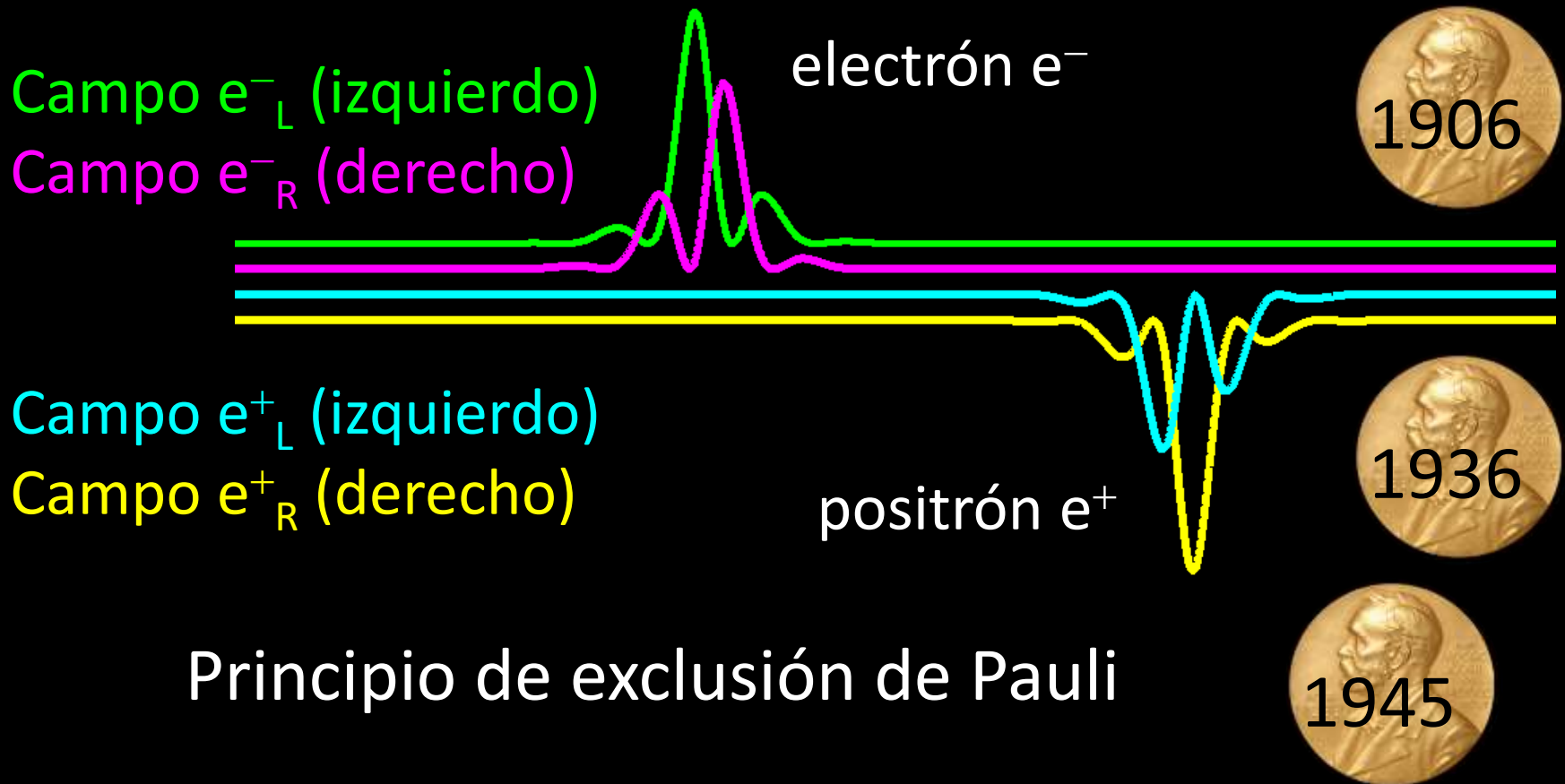


Intensidad = número de fotones

$$E = n h \nu$$

BOSONES

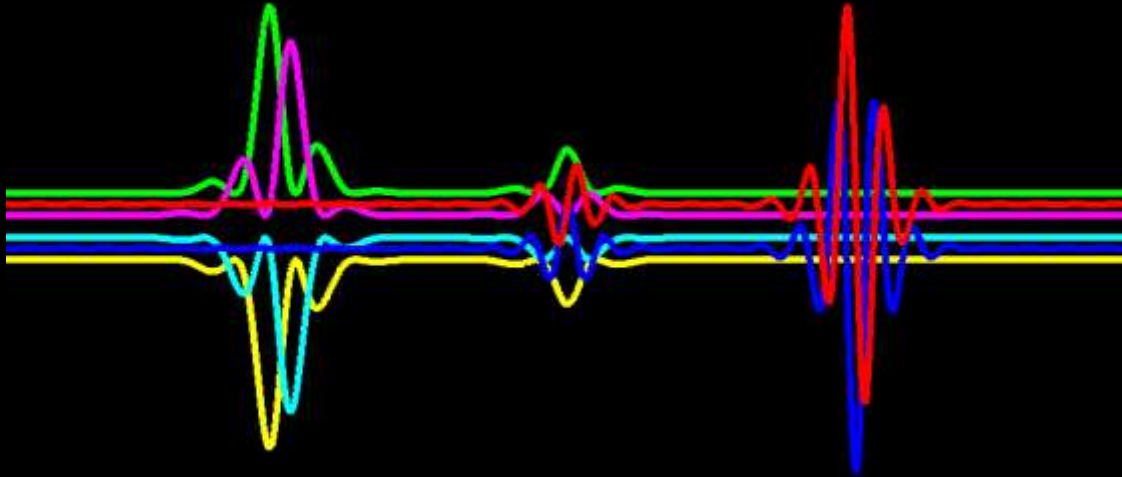
Campo electrónico (e^+ , e^-) $m = 511 \text{ keV}/c^2$



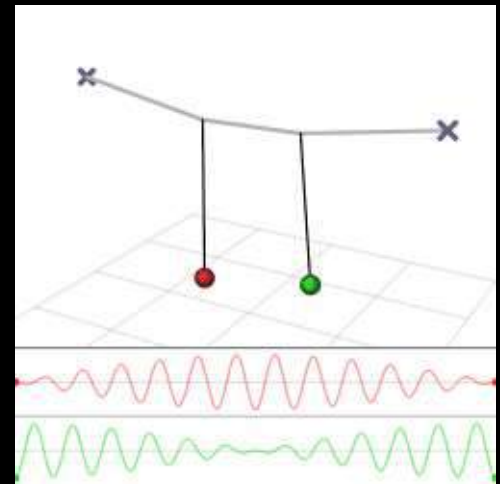
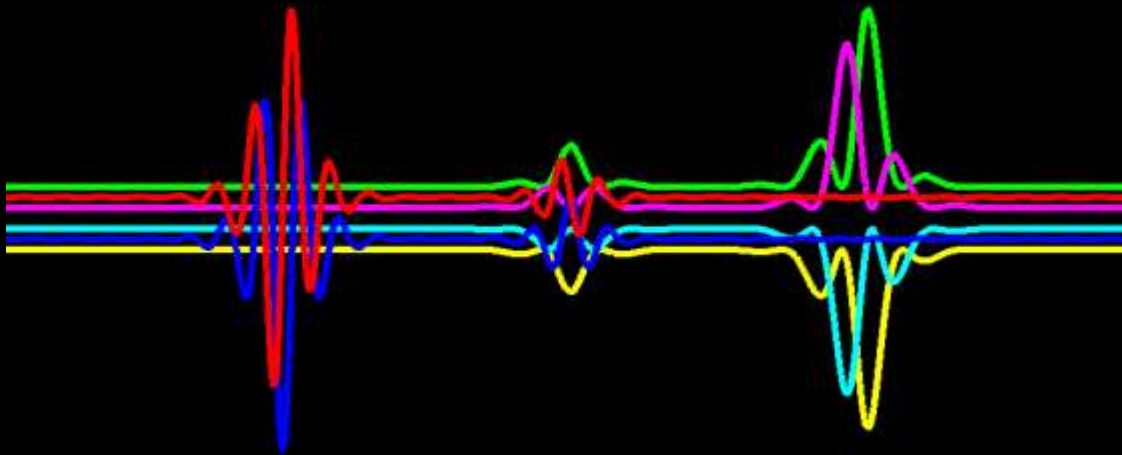
Principio de exclusión de Pauli

FERMIONES

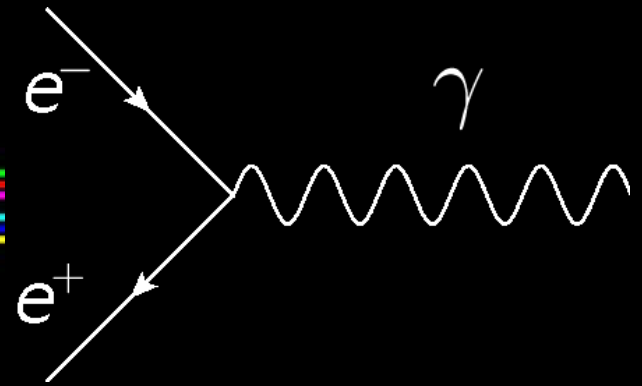
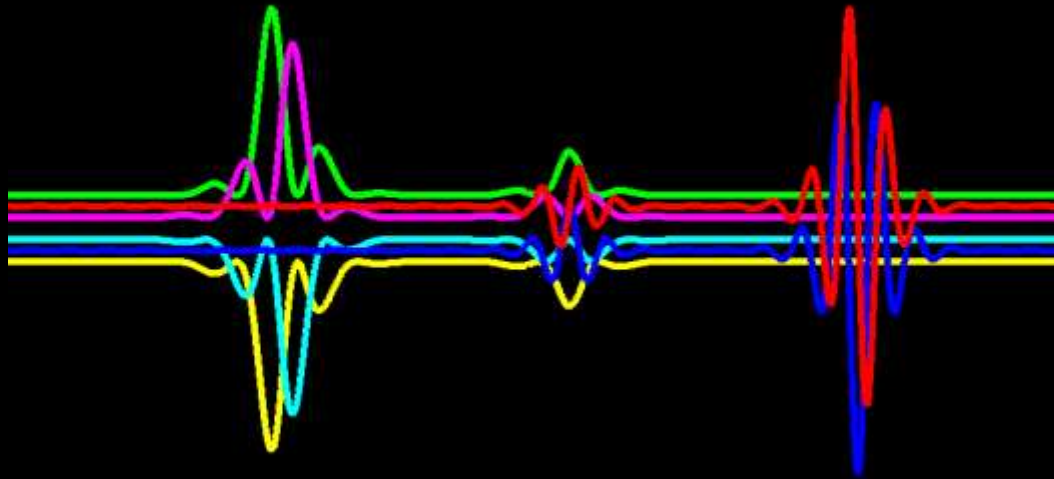
Aniquilación electrón-positrón



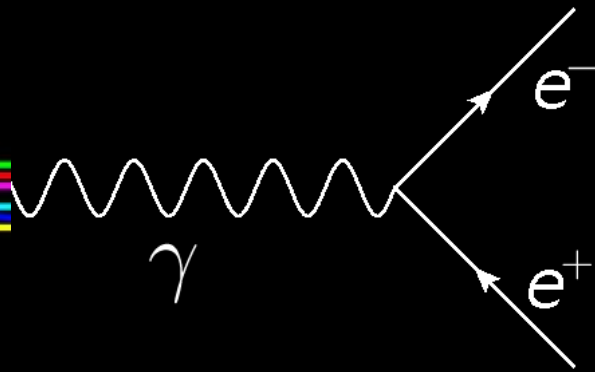
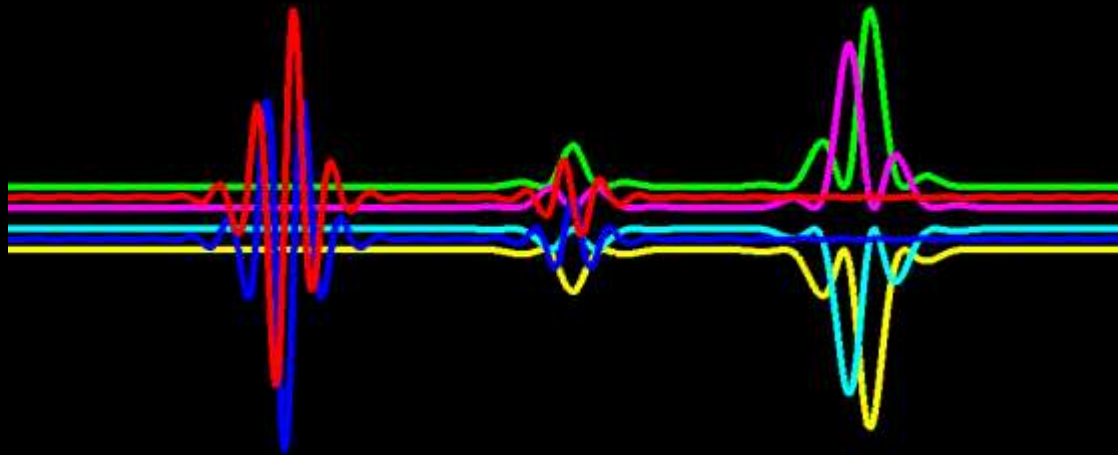
Producción de un par electrón-positrón



Aniquilación electrón-positrón



Producción de un par electrón-positrón

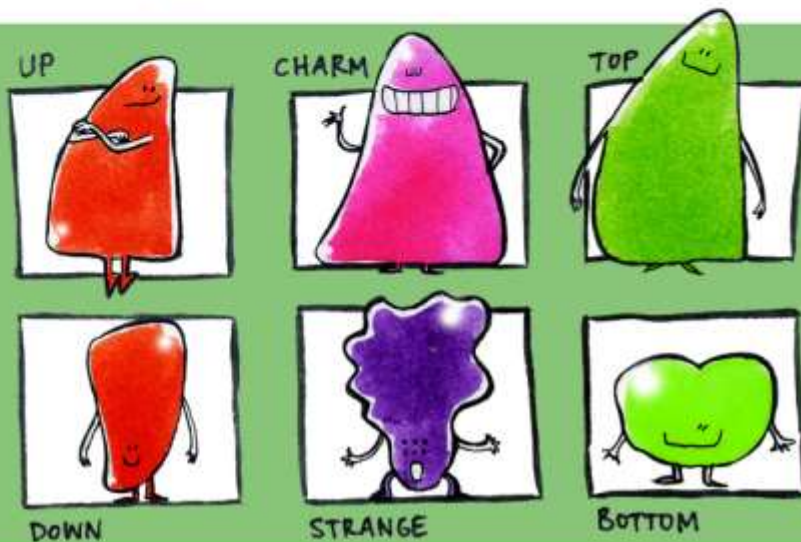


ACOPLAMIENTO

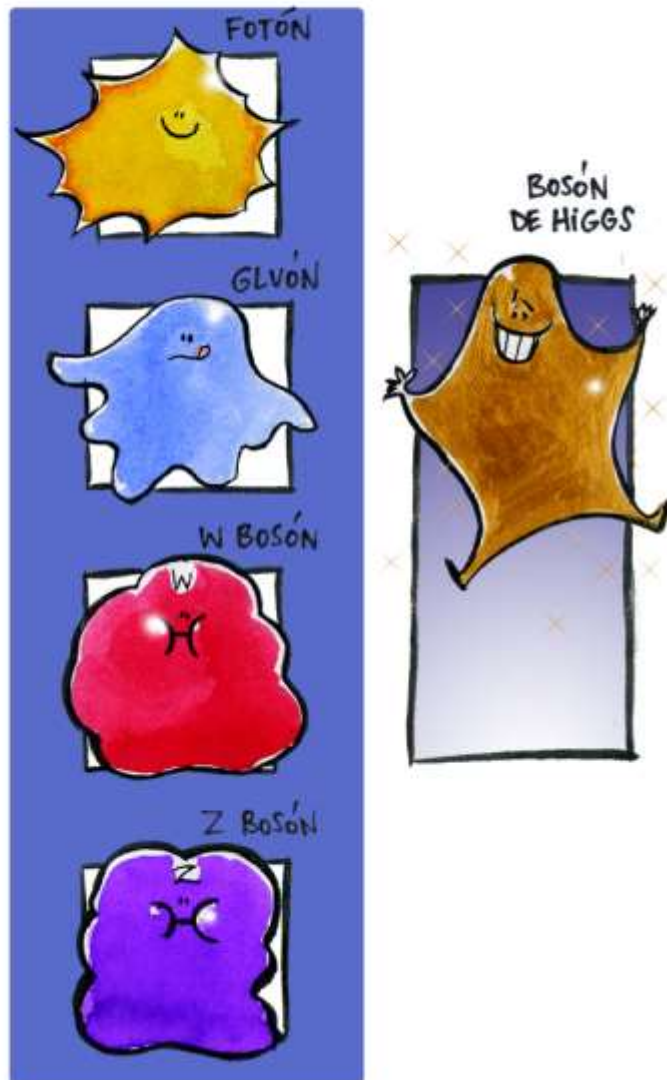
FERMIONES

BOSONES

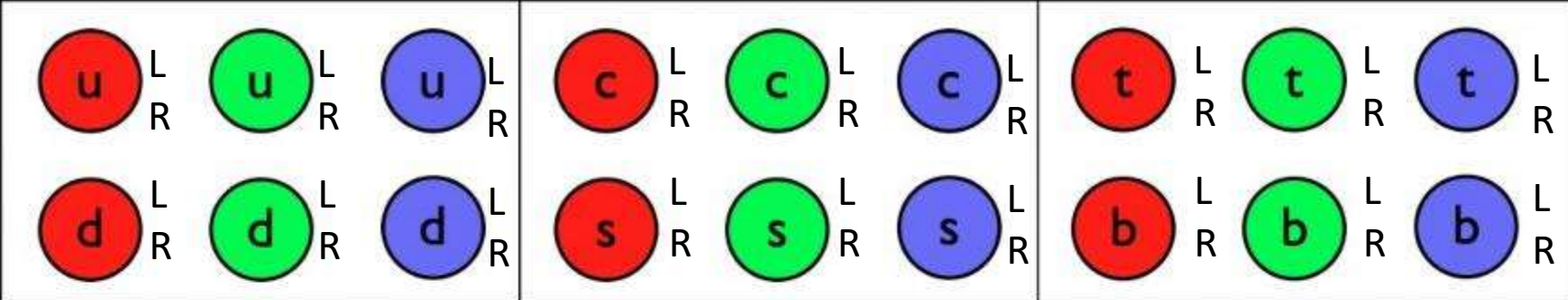
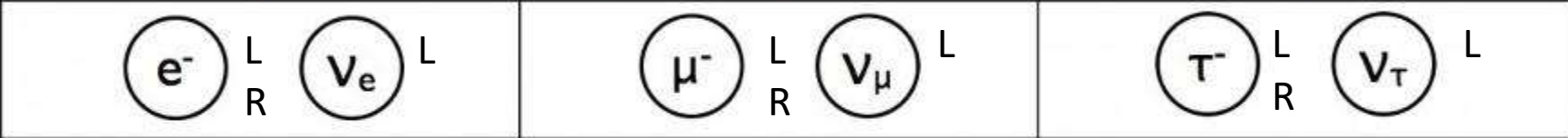
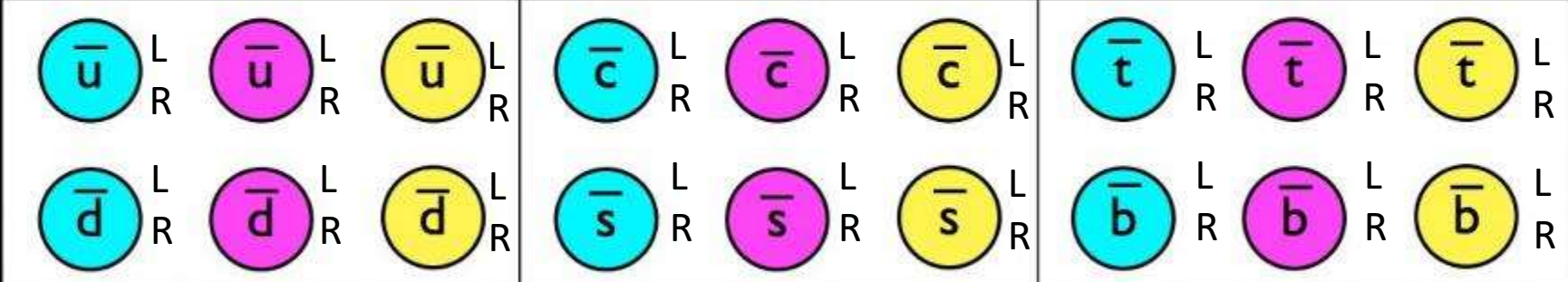
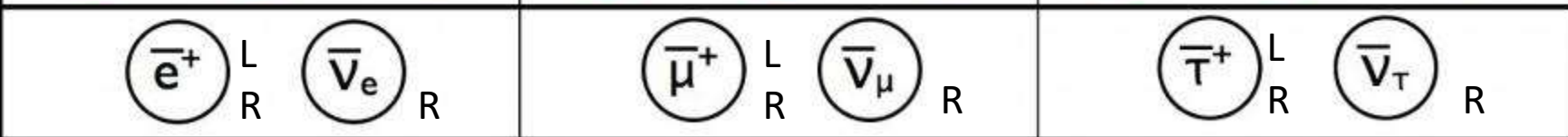
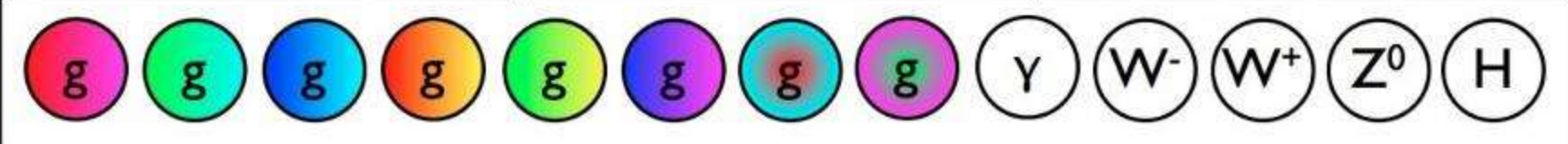
QUARKS

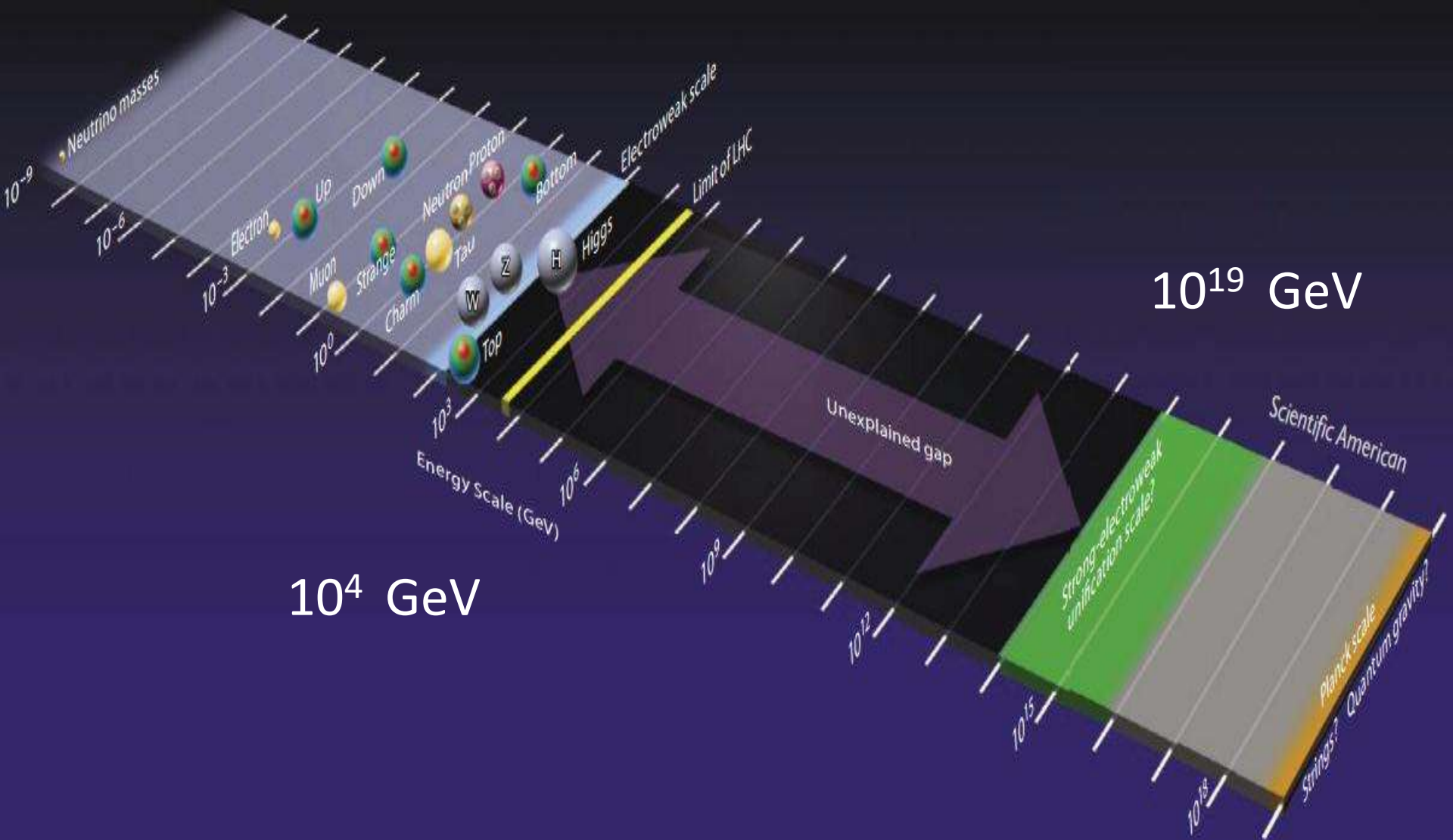


LEPTONES



96+28 campos cuánticos observados

 <p>Quarks</p>	Quarks
 <p>Leptons</p>	Leptons
 <p>Anti-Quarks</p>	Anti-Quarks
 <p>Anti-Leptons</p>	Anti-Leptons
 <p>Bosons</p>	Bosons



10^4 GeV

10^{19} GeV

Karen Crowther

Effective Spacetime

Understanding Emergence in Effective
Field Theory and Quantum Gravity

 Springer

Graduate Texts in Physics

Edouard B. Manoukian

Quantum Field Theory II

Introductions to Quantum Gravity,
Supersymmetry and String Theory

 Springer

Unidades de Planck

Longitud de onda de Compton

$$l_C = \hbar/mc$$

$$l_S = Gm/c^2$$

Radio de Schwarschild

$$m = m_P = \sqrt{\hbar c/G}$$

Masa de Planck

Unidades de Planck

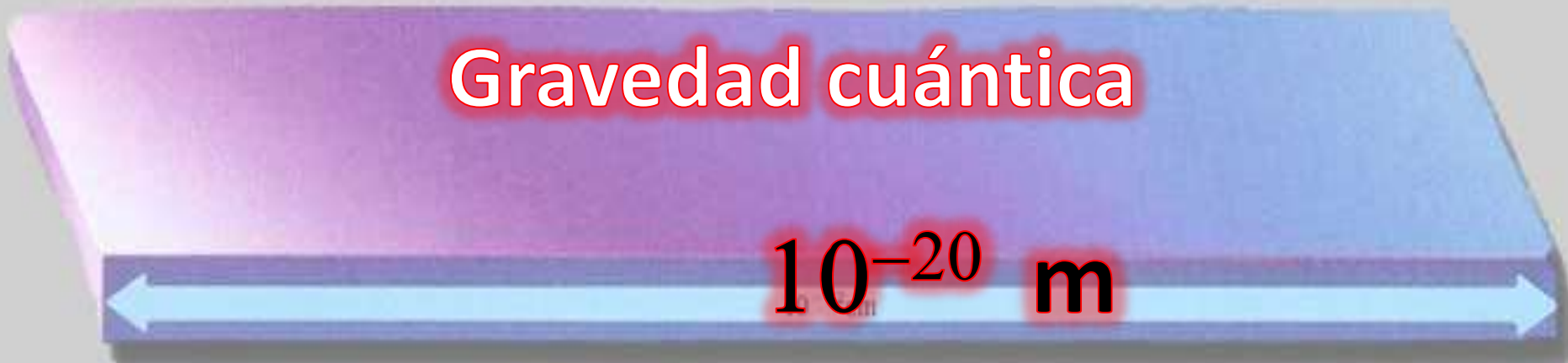
$$l_P = \sqrt{\frac{\hbar G}{c^3}} \approx 1.62 \times 10^{-35} \text{ m}$$

$$t_P = \sqrt{\frac{\hbar G}{c^5}} \approx 5.40 \times 10^{-44} \text{ s}$$

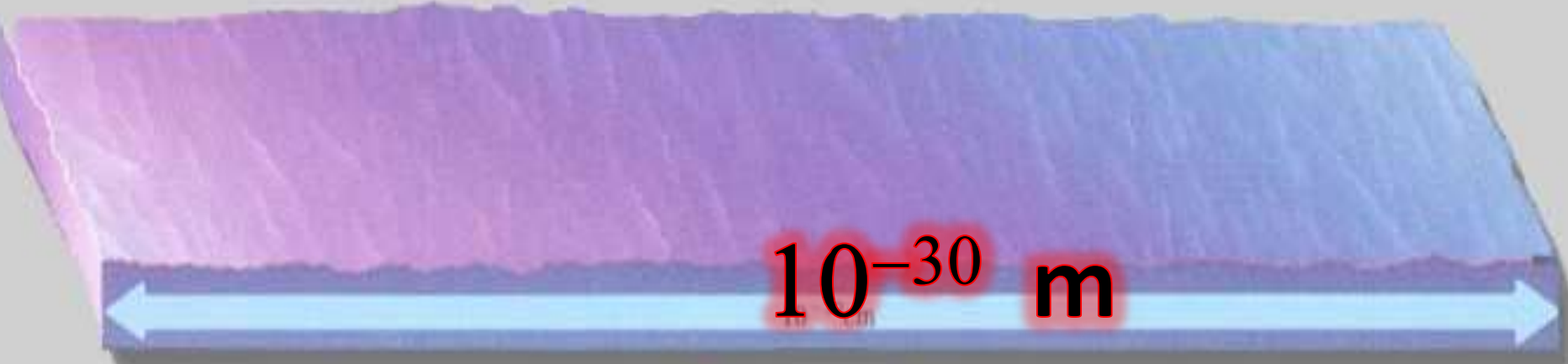
$$m_P = \sqrt{\frac{\hbar c}{G}} \approx 1.22 \times 10^{19} \text{ GeV}$$

Gravedad cuántica

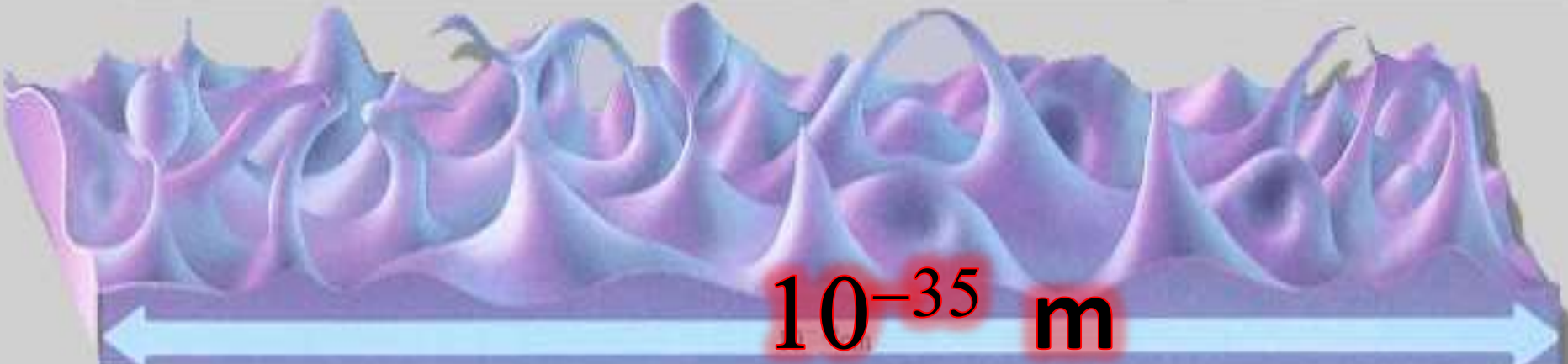
10^{-20} m



10^{-30} m



10^{-35} m



Gravedad cuántica

Naturaleza cuántica del tiempo





“it from qubit”

“Informacionalismo”

Realidad física = información cuántica

Agujeros negros



$$S = \frac{1}{4} \frac{c^3 k}{G \hbar} A$$

Entropía de Bekenstein-Hawking (1975)



Espaciotiempo vacío

Stephen Hawking

QUANTUM BLACK HOLES



STOCKHOLM WATERFRONT CONGRESS CENTRE | NILS ERICSONS PLAN 4, 111 64, STOCKHOLM

Espaciotiempo = campo cuántico

Campos = espaciotiempo curvado

¿Unificación?





Cuantización Relatividad General

Teoría Efectiva No Renormalizable

Conjetura de Weinberg (1979)

Asintóticamente segura

Espaciotiempo emergente

Condensado de Bose-Einstein

Superfluido de gravitones



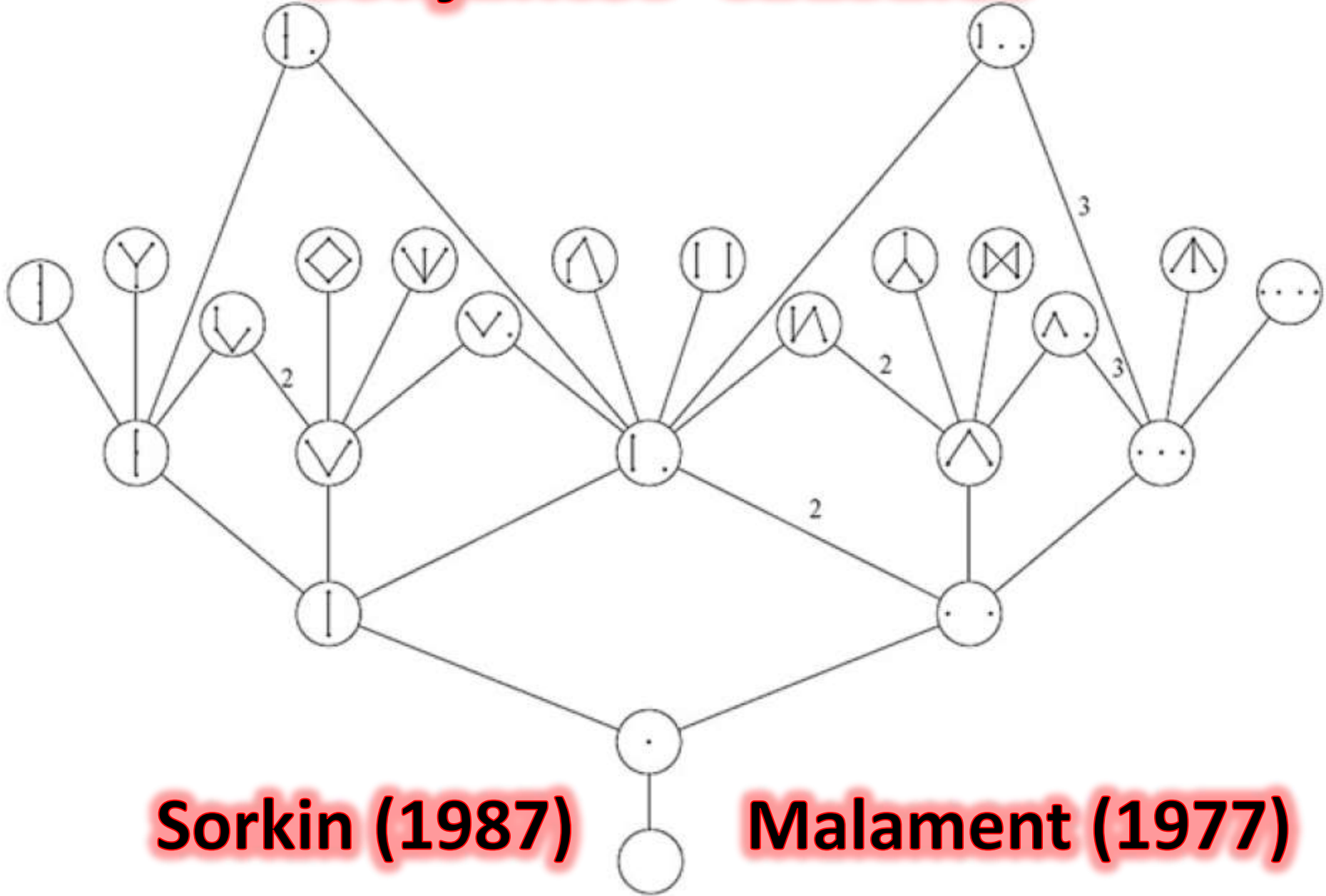
Espaciotiempo discreto

Longitud espacial mínima

Invariancia bajo difeomorfismos

¿Duración mínima?

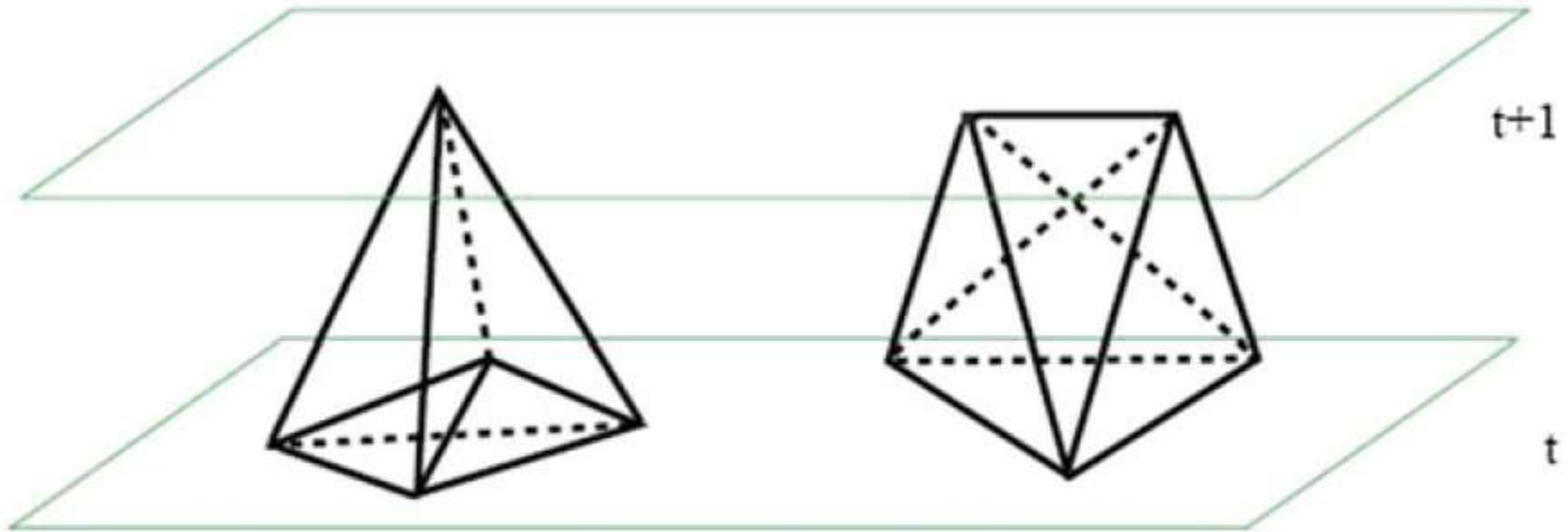
Conjuntos causales



Sorkin (1987)

Malament (1977)

Triangulaciones dinámicas causales (integrales de camino gravitacionales)



(4,1)

(3,2)

Loll (2000)

Ambjørn et al (2002)

Triangulaciones dinámicas causales

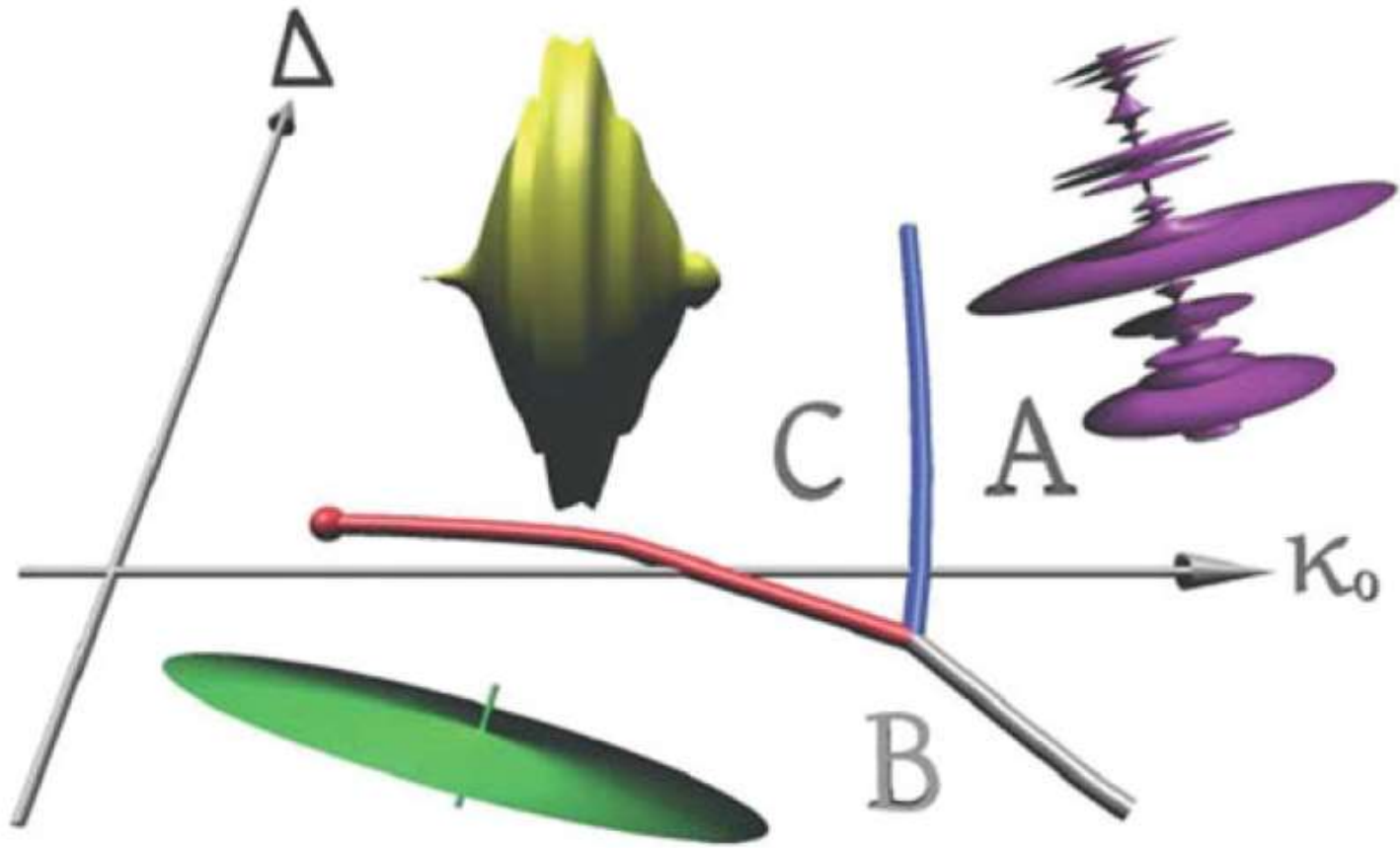
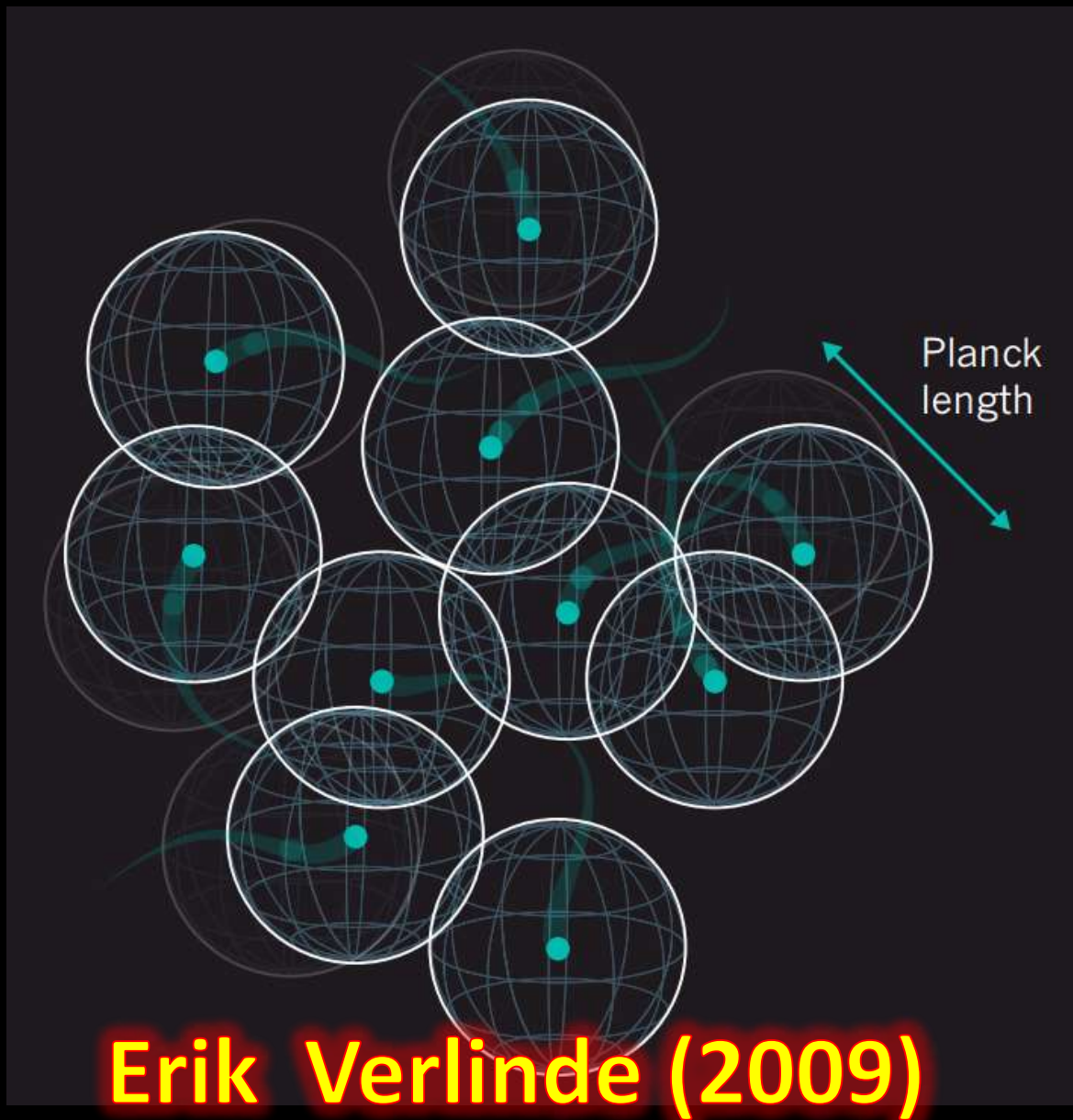
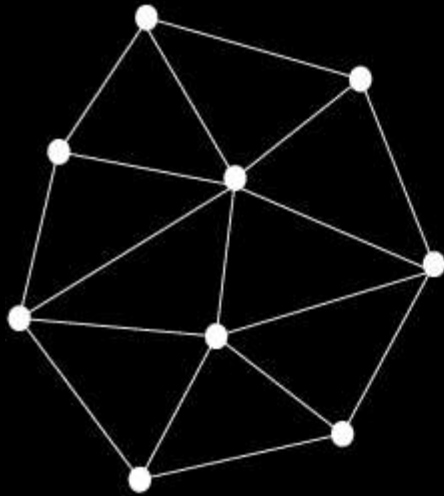


Diagrama de fases (4D en C)

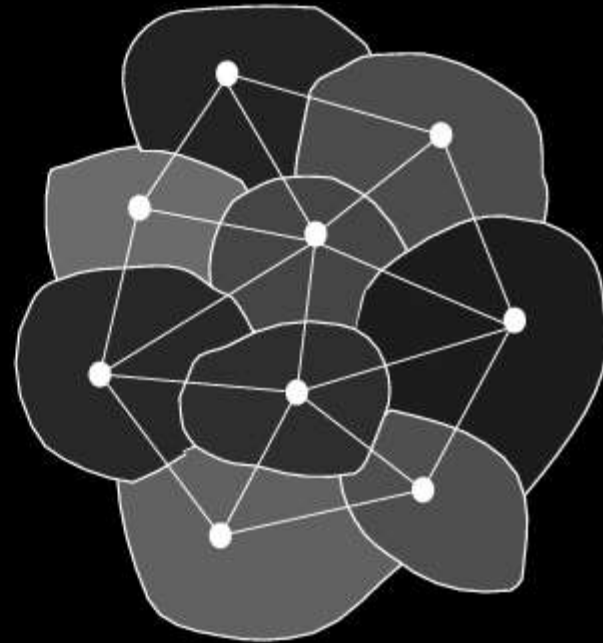
Gravedad (como fuerza) entrópica



Teoría cuántica de lazos



Spin network

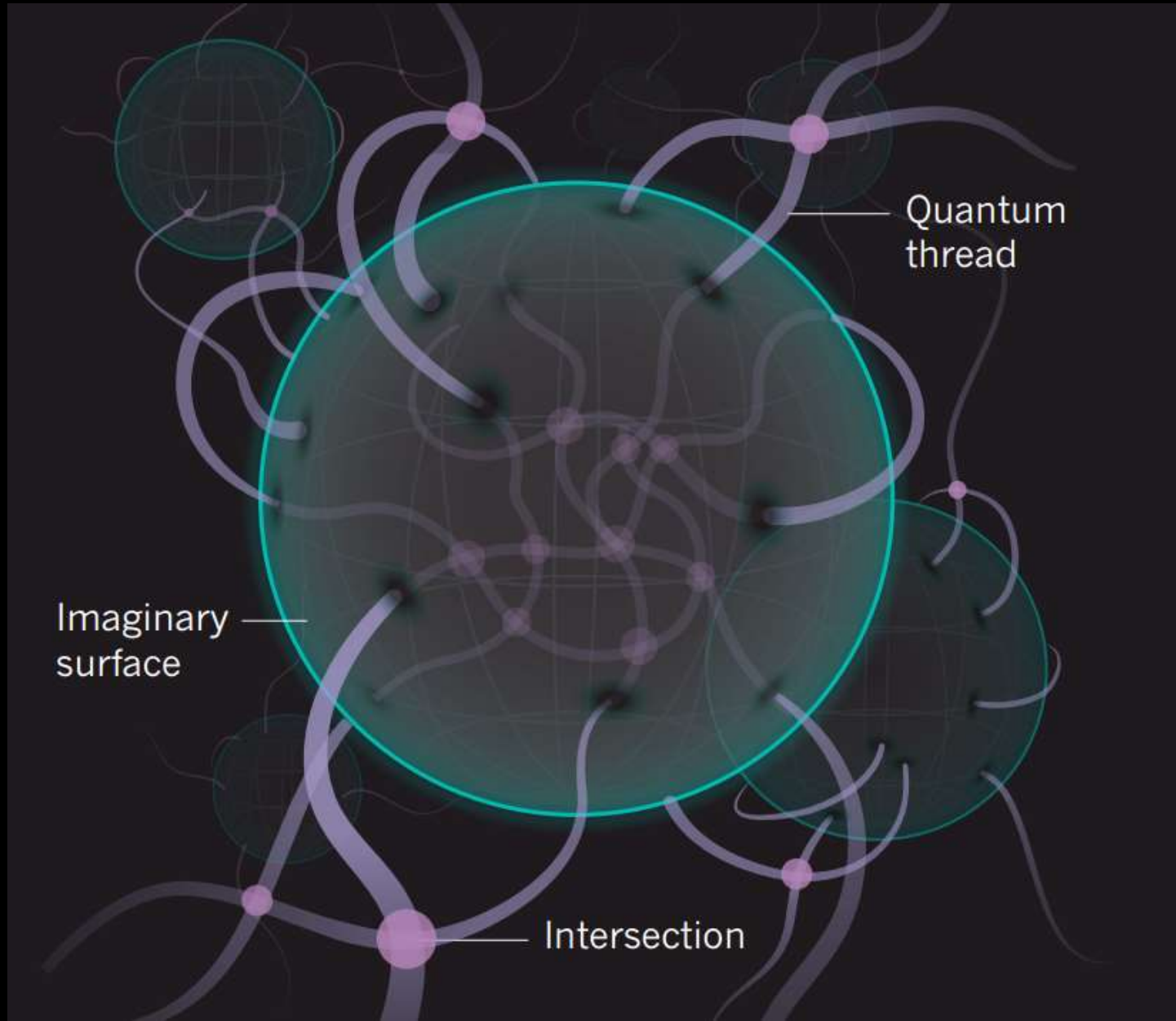


$\hat{\mathbf{A}}$

$\hat{\mathbf{V}}$

$$\mathbf{A} = 8\pi\gamma\hbar G \sum_i \sqrt{j_i(j_i + 1)}$$

Teoría cuántica de lazos

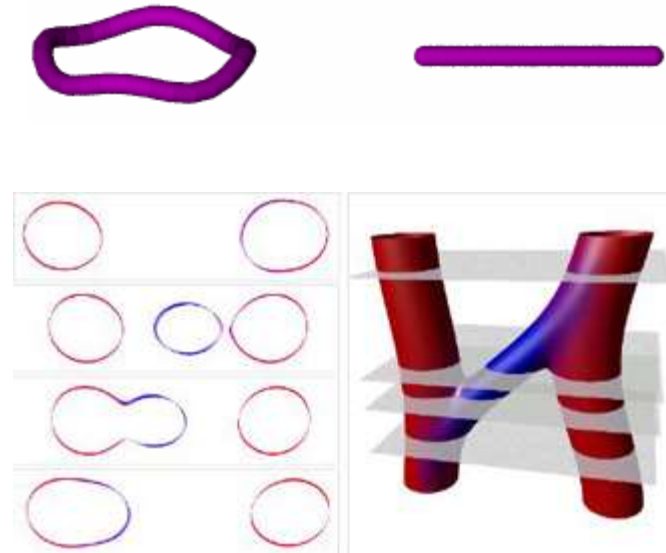


Teoría de cuerdas

(0-branas, 1-branas, 2-branas, ...)

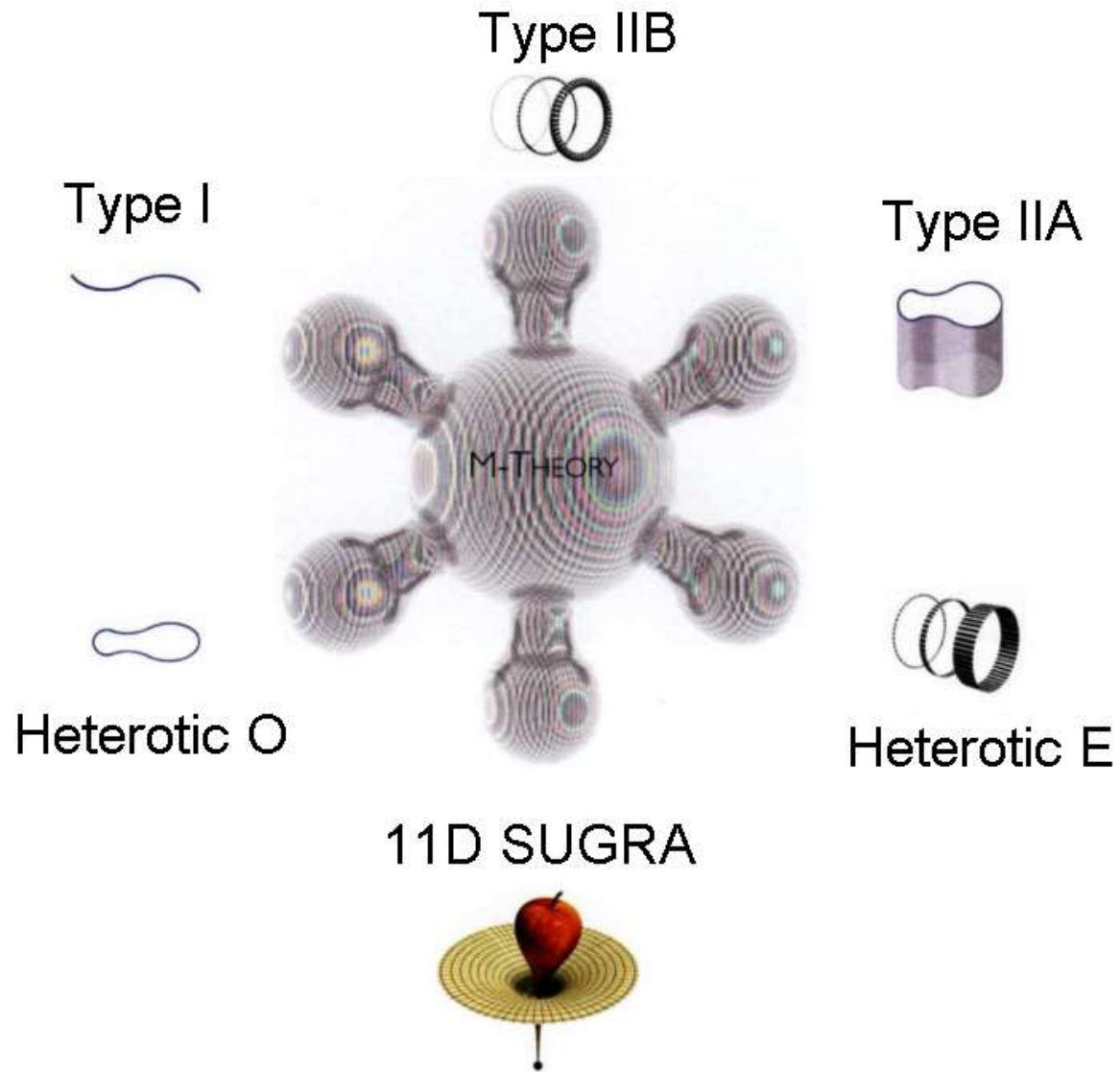


(ST) $9+1 = 10$ D

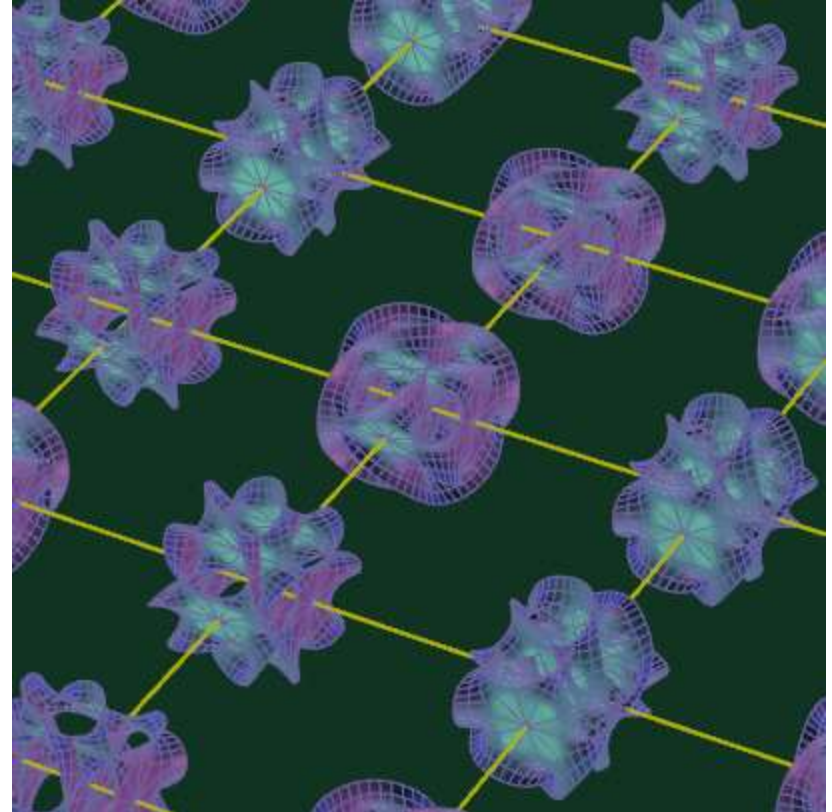
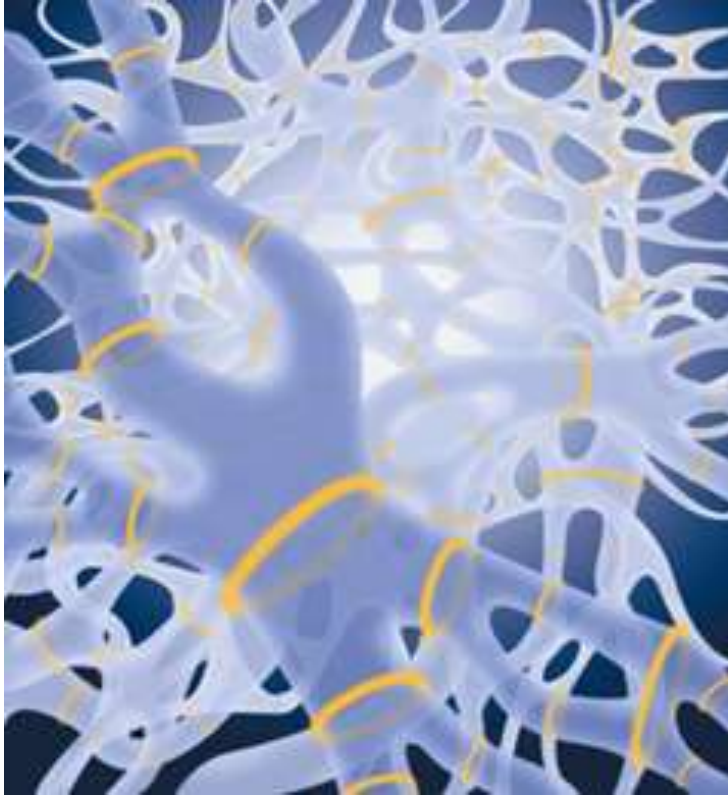


(MT) $10+1 = 11$ D

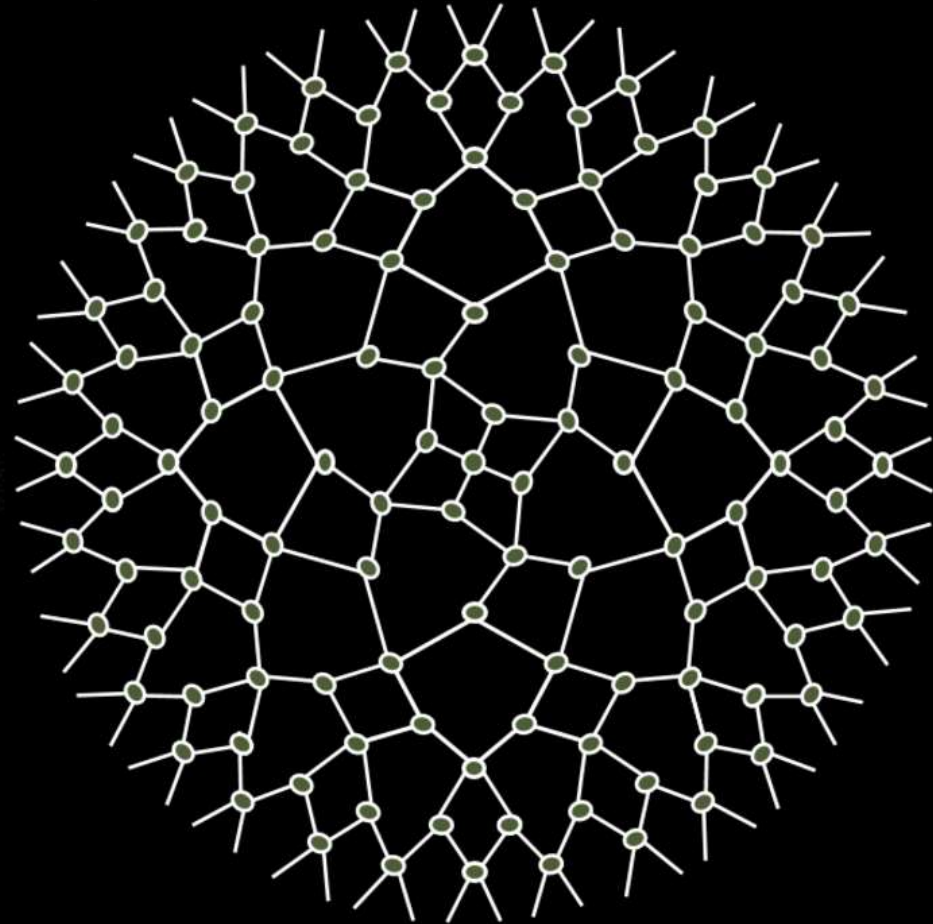
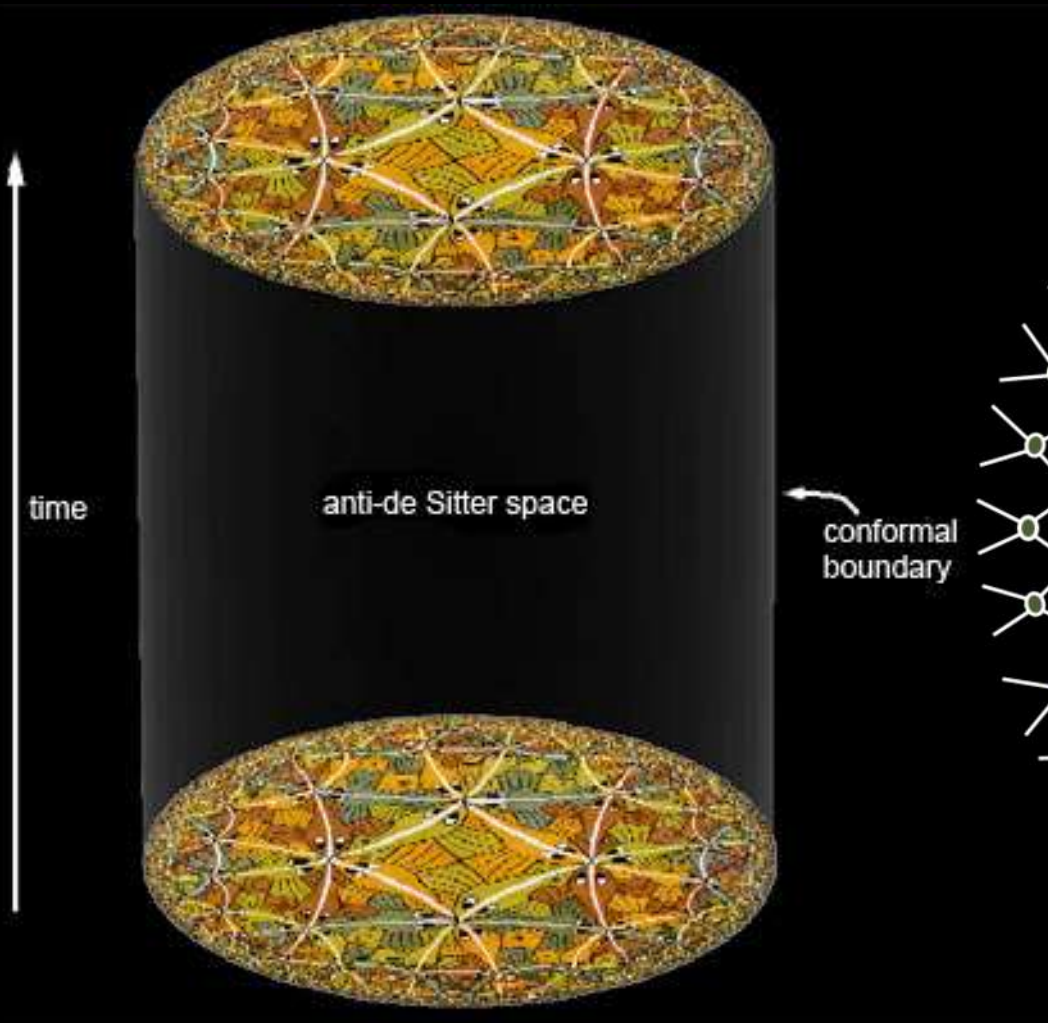
Teoría de cuerdas / Teoría M



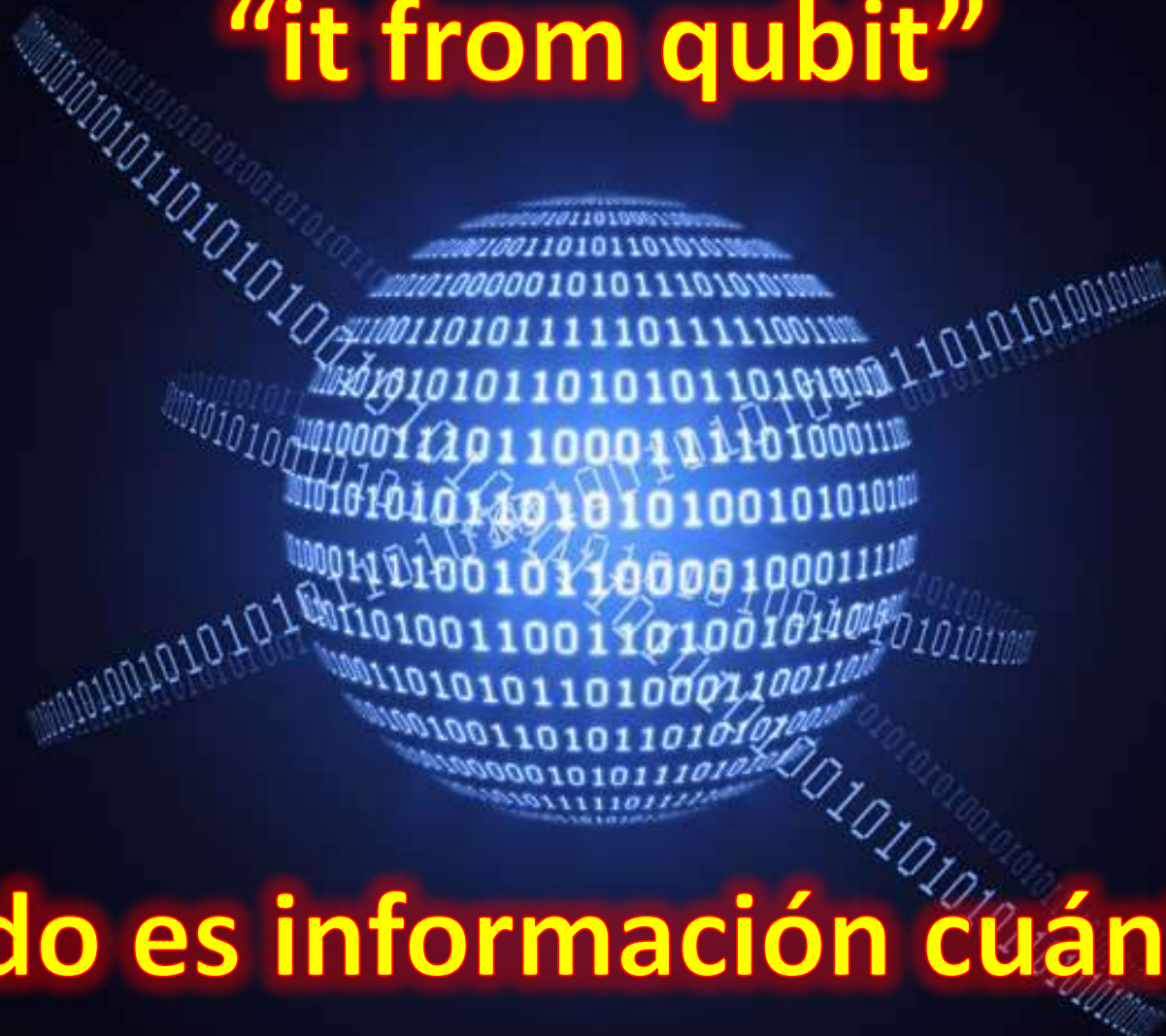
Espaciotiempo en teoría de cuerdas



Universo holográfico / MERA



“it from qubit”



todo es información cuántica

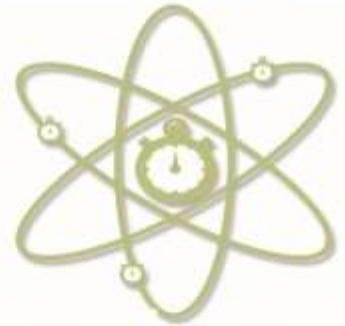
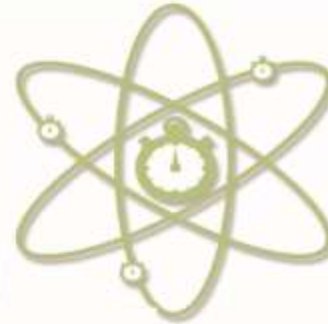
**¿Cuál es la naturaleza cuántica del
espaciotiempo?**

No lo sabemos aún

**No hay experimentos u
observaciones que nos guíen**



La naturaleza **cuántica** del **espacio-tiempo**



conferencia a cargo de
Francisco R. Villatoro

viernes 25 de noviembre de 2016
19:30h

Facultad de Filosofía / Aula de Grados
C/ Camilo José Cela, S/N



www.forodeanálisis.org



NAUKAS

La Ciencia de la Mula Francis

EL BLOG DE FRANCISCO R. VILLATORO

<http://francis.naukas.com/>