

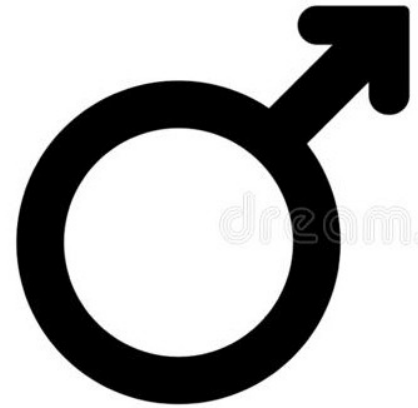


S  
-  
M  
E  
T  
R  
I  
A  
S





A  
S  
-  
M  
E  
T  
R  
-  
I  
A  
S



# SIMETRIAS y ASIMETRIAS

EN LA DESCRIPCIÓN DEL MICROMUNDO

Y DEL MACRO . . .

\* CONSIDERACIONES BASADAS EN SIMETRIAS

DOMINAN LA FÍSICA FUNDAMENTAL CONTEMPORÁNEA \*

" AS FAR AS I SEE, ALL A PRIORI STATEMENTS  
IN PHYSICS HAVE THEIR ORIGIN IN

SYMMETRY"

HERMANN WEYL DIXIT

EINSTEIN 1905 : TEORÍA ESPECIAL DE LA RELATIVIDAD

WIGNER DIXIT:

EL TRABAJO DE EINSTEIN MARCA LA INVERSIÓN DE UNA TENDENCIA: ANTERIORMENTE LOS PRINCIPIOS DE INVARIANCIA SE OBTENIAN A PARTIR DE LAS LEYES DE MOVIMIENTO. AHORA ES NATURAL PARA NOSOTROS OBTENER LAS LEYES DE LA NATURALEZA Y TESTEAR SU VALIDEZ POR MEDIO DE LAS LEYES DE INVARIANCIA

• INVARIANCIA LORENTZ

LA TEORÍA ESPECIAL DE LA RELATIVIDAD  
REPRESENTA EL PUNTO DE INFLEXIÓN  
EN LA APLICACIÓN DE LA SÍMETRÍA  
A LA FÍSICA DEL SIGLO XX !

POSTULA LA UNIVERSALIDAD DE LAS  
SÍMETRÍAS ESPACIO-TEMPORALES  
GLOBALES CONTINUAS

# SIMETRIA

- MARCO PARA LA ESTRUCTURA TEORICA
- PERMITE EL TRATAMIENTO UNIFICADO DE LAS DIFERENTES INTERACCIONES

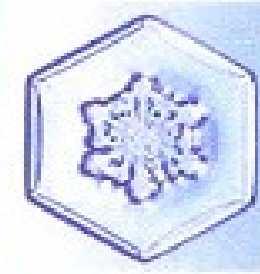
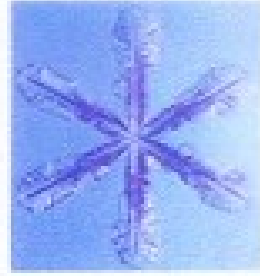
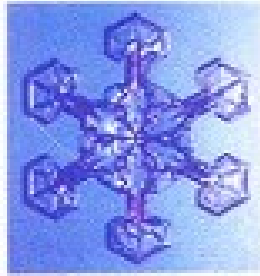
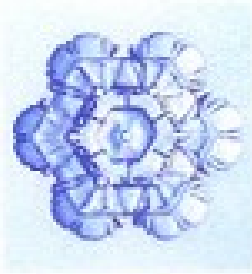
## SIMETRIA:

NECESIDAD CULTURAL PRIMARIA →

BASE DE LA COMPRESION DE LAS FUERZAS

LA SIMETRIA DETERMINA LA DINAMICA

SIMETRIA DE GAUGE





# THOMAS MANN: “La Montaña Mágica”

(Hans Castorp disfruta de los copos de nieve...)

...y entre esas miríadas de estrellas mágicas, en su impenetrable esplendor sagrado, invisible, y en modo alguno destinado a la mirada humana, ninguna era semejante a la otra. Un ardor infinito de inventor en la transformación y el desarrollo refinado de un solo y mismo tema fundamental, del hexágono de lados y ángulos, reinaba allí, pero, en dios mismos, cada uno de esos fríos productos era de una uniformidad absoluta y de una regularidad glacial, y precisamente en esto estaba lo inquietante, lo antiorgánico y lo hostil a la vida. Eran demasiado regulares, la sustancia organizada no llegaba jamás a semejante grado, la vida repugnaba una precisión tan exacta que juzgaba mortal, era el misterio mismo de la muerte, y Hans Castorp creía comprender por qué las construcciones de los tiempos de la antigüedad habían, expresamente y en secreto, previsto ciertas infracciones a la simetría en la disposición de sus columnas...

VIDA DIARIA

— SIMETRIA ≡ ARMONIA —

\* SIMETRIA BILATERAL \*

(DERECHA - IZQUIERDA)



• PLANO DE SIMETRIA •





Contrapunctus XVIII

The image shows a musical score for Contrapunctus XVIII by J.S. Bach. It consists of two systems of staves. The first system is labeled 'rectus' and the second system is labeled 'inversus'. Each system contains four staves: two for the right hand (treble clef) and two for the left hand (bass clef). The music is in 3/8 time and features a complex, rhythmic pattern of eighth and sixteenth notes.

J. S. Bach, *Contrapunctus XVIII*

<https://www.youtube.com/watch?v=nlbwxxNrvxw>

The image shows a musical score for Microcosmos by Béla Bartók. It consists of two systems of piano accompaniment. Each system contains two staves: a treble clef staff and a bass clef staff. The music is in 3/8 time and features a complex, rhythmic pattern of eighth and sixteenth notes. The tempo is marked as quarter note = 180.

B. Bartók, *Microcosmos*

HOY - FISICA - HOY

~~MATERIA~~

~~(PARTICULAS ELEMENTALES)~~

~~(INTERACCIONES)~~

SIMETRIAS

FUNDAMENTALES



ASIMETRIAS

# SIMETRIAS GEOMETRICAS

DE LAS FORMAS DE LOS  
OBJETOS  
EN EL ESPACIO

ISOMETRIA QUE LLEVA AL OBJETO  
A UNO INDISTINGUIBLE DE SI MISMO:

- INVARIANCIA •

# SIMETRIAS FISICAS

DE LAS LEYES DE LA  
NATURALEZA

OPERACION QUE NO PROVOCA CAMBIOS A LA  
REPRESENTACION FORMAL DE UNA LEY

- COVARIANCIA •

FRENTE A CAMBIOS DE LAS VARIABLES  
DINAMICAS Y/O COORDENADAS

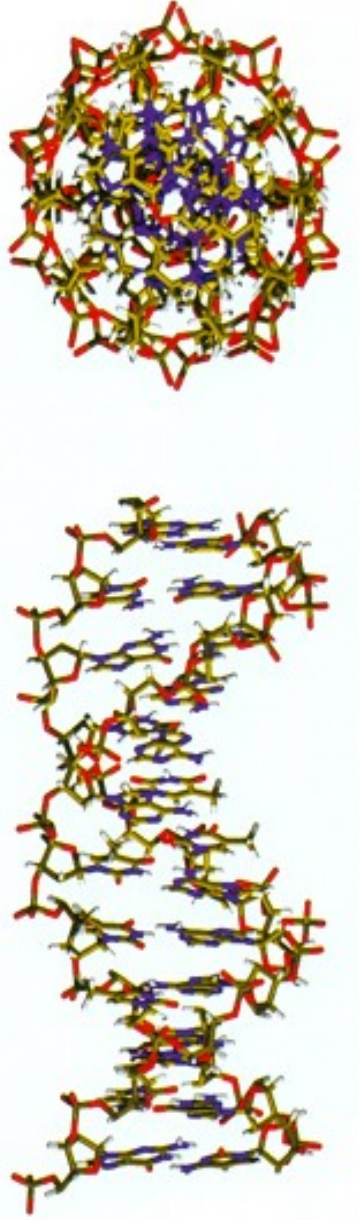
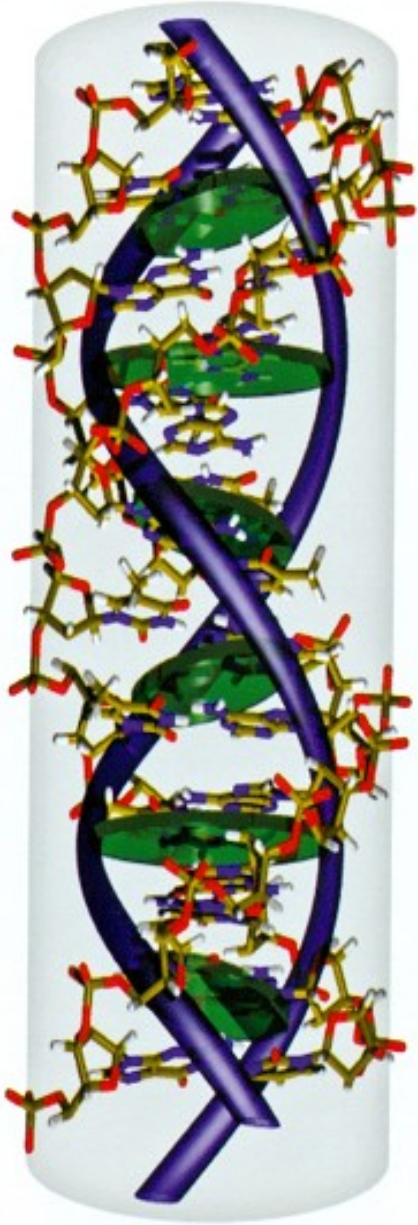
# GEOMETRICAS











Y LA FISICA?

\* CONJUNTO DE TRANSFORMACIONES  
DE SIMETRIA



(REPRESENTABLE)

GRUPO



MATEMATICA

# SIMETRIAS EN LA FISICA

## CLASIFICACION

\* GEOMETRICAS: OPERAN SOBRE  
(ESPACIO-TEMPORALES) LAS COORDENADAS  
ESPACIO-TIEMPO

- SITUACIONES DE OBSERVACION -

\* INTERNAS: OPERAN SOBRE  
LAS VARIABLES  
DINAMICAS O LOS  
OPERADORES

- CONDICIONES DE LOS OBSERVABLES -

↳ SIN INTERVENCION  
DEL ESPACIO-TIEMPO: GLOBALES

↳ PARAMETROS CON  
CONEXION CON LAS  
COORDENADAS: LOCALES (GAUGE)

## \* CONSIDERACIONES BASADAS EN SIMETRIAS

DOMINAN LA FISICA FUNDAMENTAL CONTEMPORANEA \*  
MICRO

● EN LA TEORIA CUANTICA  
MICRO

- SIMETRIAS DE GAUGE
- IDENTIDAD CUANTICA DE LAS PARTICULAS  
(SIMETRIAS DE PERMUTACION)
- SIMETRIA DE PARIDAD (VIOLACION)
- SIMETRIA LORENTZ
- SIMETRIA CP (VIOLACION)
- SIMETRIA CPT
- ⋮

● EN RELATIVIDAD  
MICRO Y MACRO



NEWTON:

"LAS PARTICULAS MAS PEQUEÑAS  
DE LA MATERIA PUEDEN ADHERIRSE  
POR ATRACCIONES FUERTES PARA  
COMPONER PARTICULAS MAYORES CON  
UNA **VIRTUD** MAS DEBIL" ...  
(Y ASI SIGUIENDO)

UNICA **VIRTUD** CONOCIDA (EN LA EPOCA)

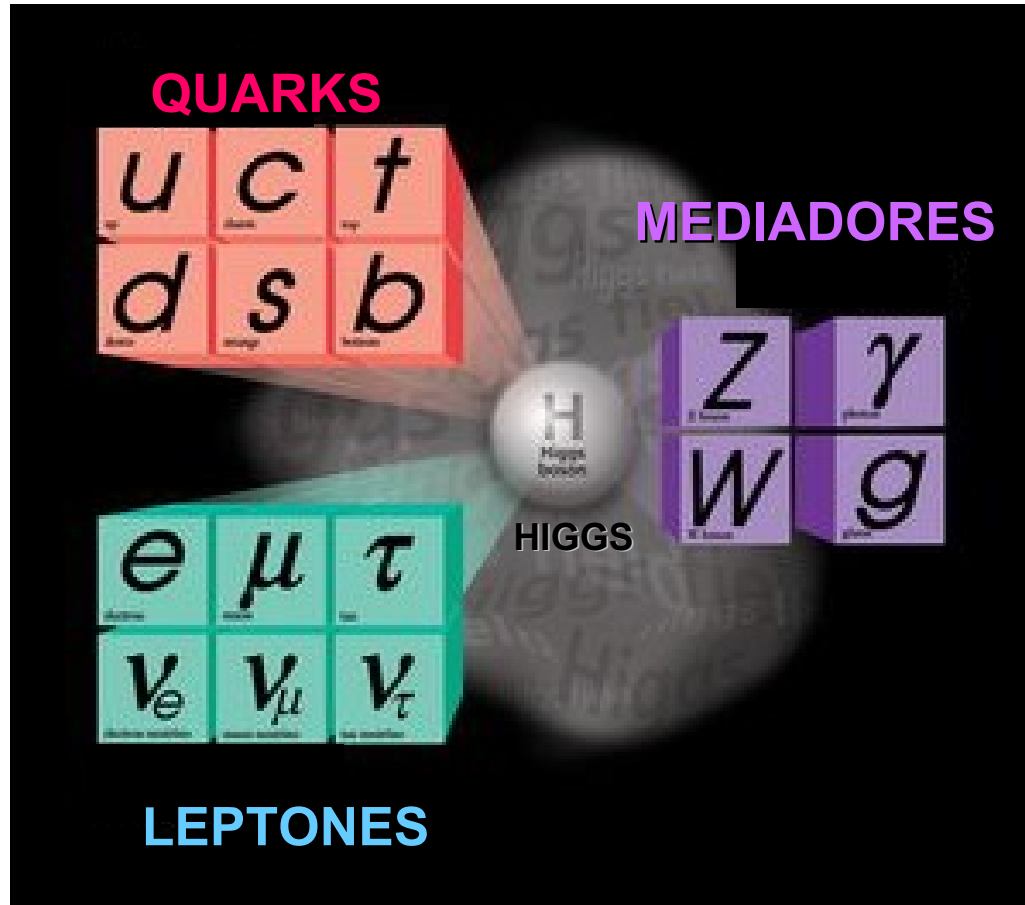
— GRAVITACIONAL —

UNIVERSAL

(MATERIA - ENERGIA)

EINSTEIN

# PARTICULAS



# \* OTRAS "VIRTUDES"

FUERTE

E. M.

DEBIL

- FUERTE : QUARKS vs. LEPTONES  
SI NO
- E. M. : CARGADAS vs. NEUTRAS  
SI NO
- DEBIL : IZQUIERDA vs. DERECHA  
SI NO

SELECTIVIDAD

CARGAS:

FUERTE

E. M.

DEBIL

(rotunda y calificada)

# CARGAS

- CINEMATICA: CLASIFICAR ESTADOS DE 1 PARTICULA

(CARGA TOTAL O PARCIALMENTE CONSERVADA)

$$(\dot{q} = 0)$$

- DINAMICA: FUERZAS FISICAS  $\propto$   
MAGNITUD DE LA CARGA

(EJ: EM.  $\rightarrow F_c \propto qq'$ )

# SIMETRIA DE GAUGE

INVARIANCIA DE LAS LEYES FRENTE A TRANSFORMACIONES

"EXTRAORDINARIAS"

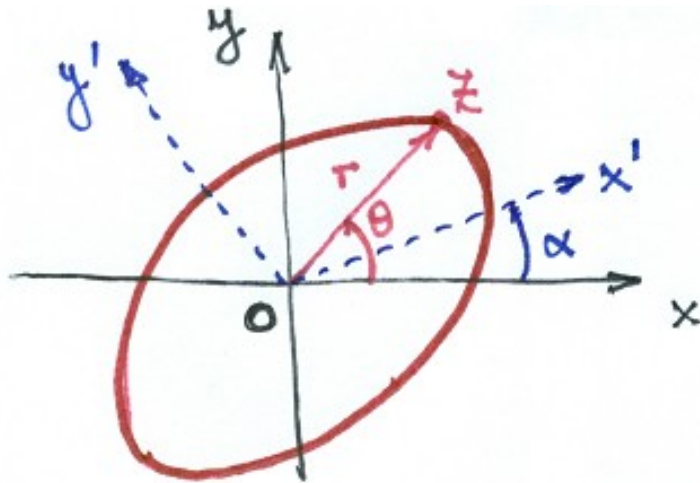


PRINCIPIO DINAMICO BASICO DE LAS  
INTERACCIONES FUNDAMENTALES

# IDEAS BASICAS

(CANCELACION...)

## ● OSCILADOR ARMÓNICO EN EL PLANO



$$\begin{cases} y = A \sin \omega t \\ x = B \cos \omega t \end{cases}$$



— VARIABLE COMPLEJA :

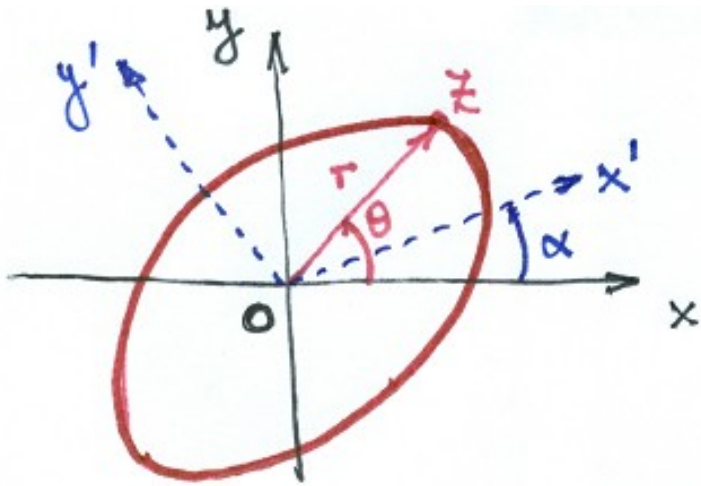
- $z = x + iy$

- $(z = r e^{i\theta}) \cdot r = \sqrt{x^2 + y^2}; \theta = \arctan \frac{y}{x}$

\* ECUACION DEL OSCILADOR:

- $\frac{d^2 z}{dt^2} + \omega^2 z = 0$

$(T = \frac{2\pi}{\omega})$



PERO : MEDIDA  $\theta$  Δ PARTIR DEL EJE X  
ARBITRARIO

(CONVENIENCIA)

PODEMOS ROTAR  $\alpha$  Δ  $(x', y')$  → MEDIDA Δ PARTIR DE  $x'$



$$* \theta \rightarrow \theta - \alpha$$

( $\theta$  FUE "REGAUGED")



• MULTIPLICAR LA ECUACION POR  $e^{-i\alpha}$  (FASE)

• REDEFINIR  $z' = z e^{-i\alpha}$

•  $\frac{d^2 z}{dt^2} + \omega^2 z = 0$



•  $\frac{d^2 z'}{dt^2} + \omega^2 z' = 0$

NO CAMBIO NADA!

IRRELEVANCIA DEL VALOR ABSOLUTO DE  $\theta$

≡ INVARIANCIA DE GAUGE GLOBAL

(CAMBIO EN  $\theta$  FIJO E IGUAL PARA TODO  $t$ )



- Y SI QUEREMOS ELEGIR  $\alpha$  DIFERENTE  
A TIEMPOS DIFERENTES?

(INVARIANCIA BAJO CAMBIOS DEPENDIENTES DEL TIEMPO)

$\alpha(t)$

GUGE LOCAL

$e^{-i\alpha(t)}$  NO PUEDE ABSORBERSE EN  $z'$

- $$\frac{d^2 z'}{dt^2} = \frac{d^2}{dt^2} [z(t) e^{-i\alpha(t)}]$$

↑

$$\frac{d\alpha(t)}{dt} \neq 0$$

- COMO OBTENER INVARIANCIA?
- COMO COMPENSAR LAS CONTRIBUCIONES DE  $\frac{d\alpha(t)}{dt}$ ?

POSIBLE:

- REEMPLAZAR:  $\frac{d}{dt} \rightarrow \frac{d}{dt} - i A(t)$

- CON LA PROPIEDAD: Si  $\theta \rightarrow \theta - \alpha(t)$   
 $A(t) \rightarrow A(t) - \frac{d\alpha(t)}{dt}$

- A(t): COMPENSADOR  $\equiv$  CAMPO DE GAUGE

\* y ?

- CAMBIO  $\alpha(t)$   $\rightarrow$  ROTAR EL SISTEMA DE REFERENCIA  
CON VELOCIDAD ANGULAR  $\frac{d\alpha(t)}{dt}$

SISTEMA ROTANTE  $\rightarrow$  FUERZAS "FICTICIAS"  
(CENTRIFUGA - CORIOLIS)

$\dot{\alpha}(t)$  GENERA ESTAS FUERZAS !

\* INVARIANCIA DE GAUGE LOCAL  $\rightarrow$  CREA FUERZAS



VAMOS A LAS FUERZAS FUNDAMENTALES!  
(E.M. - FUERTE - DEBIL - GRAVITACION)

# LECCION:

GARANTIZAR

SIMETRIA LOCAL DE GAUGE

DE UNA LEY FISICA



INTRODUCIR

CAMPOS

EXTRA



INTERACCIONES



FORMALIZAR

LAS INTERACCIONES

DE LA NATURALEZA

## — RESULTA DE PRINCIPIOS:

- RELATIVIDAD ESPECIAL (1905!)
  - LOCALIDAD
  - MECANICA CUANTICA
  - SIMETRIAS LOCALES
  - RENORMALIZABILIDAD
- } TEORIA CUANTICA DE CAMPOS



\* PREDICCIONES PRECISAS Y NO AMBIGUAS !

# EW + QCD : MODELO ESTANDAR

\* INTERACCIONES ENTRE LEPTONES, QUARKS

Y MEDIADORES (FOTON,  $W^\pm$ ,  $Z^0$ , GLUONES)

3!

$$3! = 3 \times 2 \times 1$$

$$\underline{3! \equiv SU(3)_c \times SU(2)_L \times U(1)_Y}$$

MODELO STANDARD

3!  
~~~~~

CONTIENE (DE MANERA EXTREMADAMENTE ECONOMICA)  
LOS INGREDIENTES FUNDAMENTALES  
PARA DESCRIBIR (CASI) TODO !



# EVOLUCION DEL "MODELO STANDARD"

- EMPEDOCLES: Aire, Agua, Fuego, Tierra

- TABLA DE MENDELEEV

QUIMICA

- MECANICA CUANTICA  
(NO-RELATIVISTA)

ATOMOS

- 3!  
( $\sim 10^{-18}$  m)  
~~~~~

PARTICULAS

# SIMETRIA



LEYES DE CONSERVACION

$$(\dot{A} = 0)$$



NO OBSERVABILIDAD



LAS ASIMETRIAS

SON NECESARIAS

(EN MUCHOS CASOS)

# NO OBSERVABILIDAD

## NO-OBSERVABLES

- INDISTINGUIBILIDAD DE LAS PARTICULAS IDENTICAS (INVARIANZA PERMUTACION)
- NO OBSERVABILIDAD DE LA VELOCIDAD ABSOLUTA (SIMETRIA LORENTE)

## NECESIDAD ASIMETRIAS

- OBSERVAR LA BELLEZA !

# PRINCIPIO DE SIMETRIA

## TRES ASPECTOS

- INVARIANZA FRENTE A UNA TRANSFORMACION
- NO-OBSERVABLE
- LEY DE CONSERVACION



VIOLACION DE SIMETRIAS INDUCE  
LA NO-OBSERVABILIDAD DE UN  
NO-OBSERVABLE CORRESPONDIENTE  
A LA SIMETRIA EXACTA

(EL LADO IZQUIERDO ES EL LADO DEL CORAZON)

OBSEVABILIDAD DE (EX-)NO OBSEVABLES

DIFÍCIL

LAS VIOLACIONES DE SIMETRÍA DEBEN SER PEQUEÑAS

(SI NO YA HUBIEREN SIDO OBSERVADOS LOS NO-OBSERVABLES...)

ARMONIA (Y BELLEZA) DE LA  
SIMETRÍA: SIEMPRE POTENCIADA  
POR LA PRESENCIA DE UN PEQUEÑO  
GRADO DE ASIMETRÍA

LA NATURALEZA TIENE UNA  
PREFERENCIA SIMILAR POR  
PEQUEÑAS VIOLACIONES DE SIMETRÍA.

ARMONIA (Y BELLEZA) DE LA  
SINETMA : SIEMPRE POTENCIADA  
POR LA PRESENCIA DE UN PEQUEÑO  
GRADO DE ASINETMA

# NECESIDAD ASIMETRIAS

- OBSERVAR LA BELLEZA !



SIMETRIAS

EN LA

NATURALEZA VIVA

NO SON

(EN GENERAL)

EXACTAS



# CARACTERIZACIÓN DE LAS PARTICULAS

• MASA }  
• SPIN } SIMETRIAS GEOMETRICAS

• CARGAS } SIMETRIAS DE GAUGE  
(ELECTRICA)  
(ISOSPIN DEBIL)  
(COLOR)  
⋮

• NUMEROS } SIMETRIAS ADITIVAS  
(LEPTONICO L)  
(BARIONICO B)  
(EXTRAÑEZA S)  
[GRUPOS U(1)]  
[GLOBALES]

# SIMETRIAS $\equiv$ MANIFESTACIONES

¿ DE QUÉ?

- ECUACIONES DE MOVIMIENTO  
(L, H)
- CONDICIONES DE CONTORNO
- SOLUCIONES (ESTADOS)

¿ A QUÉ ESCALA?

- MICROSCOPICA
- MACROSCOPICA
- BAJAS o ALTAS E
- BAJAS o ALTAS T

¿ A QUÉ NIVEL?

- CLASICO
- CUANTICO

¿ CALIDAD?

- EXACTA
- APROXIMADA
- ROTA {
  - EXPLICITA
  - ESPONTANEA
  - ANOMALA

# ASIMETRIAS

- RUPTURA EXPLICITA:

H CONTIENE PARTE NO INVARIANTE

$$(H = H_{\text{INV}} + g H_{\text{NO-INV}})$$

- "RUPTURA" ANOMALA:

SIMETRIAS EN LA TEORIA CLASICA  
SE PIERDEN AL CUANTIFICAR

## ANOMALIAS

(PROBLEMAS CON LA RENORMALIZACION)

● RUPTURA ESPONTANEA:

LATENTE

ESTADOS CUANTICOS

(FUNDAMENTAL O VACIO)

• MENOR

• SIMETRIA

L - H

ECS, MOVIMIENTO



\* CONSECUENCIAS NO TRIVIALES!

# SIMETRIA LATENTE

SIMETRIA DE LAS ECUACIONES

NO SATISFECHA

POR SUS SOLUCIONES.

- APARECE ESPONTANEAMENTE  
EL FENOMENO

LA SIMETRIA QUEDA LATENTE

O ESCONDIRA EN LAS ECUACIONES

- HAY VARIAS SOLUCIONES  
NINGUNA SIMETRICA  
UNA VA EN OTRA POR LA OPERACION

PLATONICO: REALIDAD OBSERVADA REFLEXION  
IMPERFECTA DE "REALIDAD" MAS  
SIMETRICA (ECUACIONES)

# LA BARRA FLEXIONADA

CILINDRICA  $\rightarrow$  SIMETRICA BAJA ROTACIONES ALREDEDOR DE  $z$

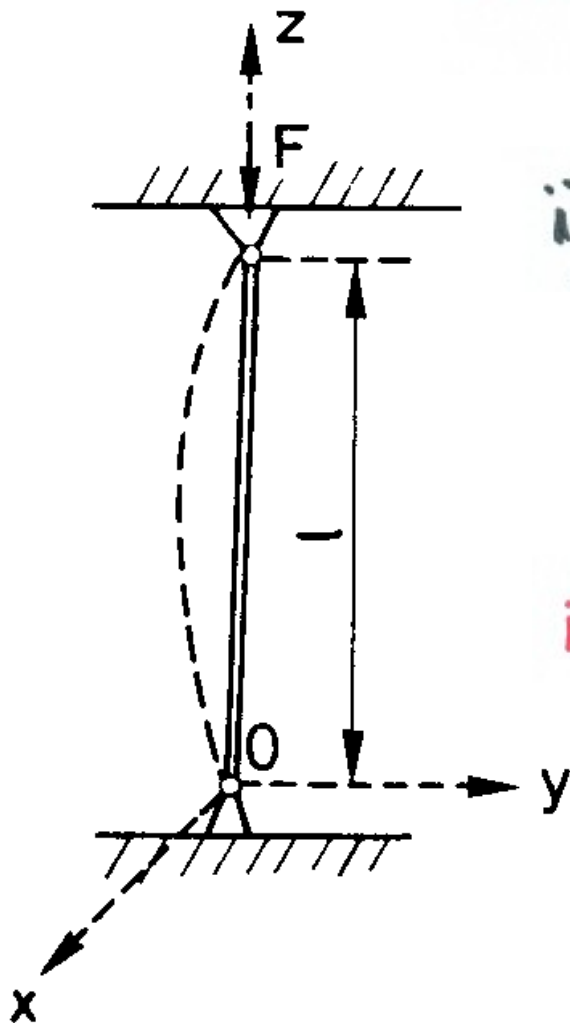


i) SOLUCION SIMETRICA:  $x=y=0$

PERO:  $\leq$   $F > F_{cr}$   $(= \frac{\pi^2 EI}{l^2})$

ii) SOLUCION ASIMETRICA (FLEXIONADA)

EN QUÉ DIRECCION SE FLEXIONA?





\* NO SE PUEDE PREDECIR \*

UNA TRANSFORMACION DE SIMETRIA (ROTACION  $\tilde{x}$ )

→ OTRA SOLUCION ASIMETRICA

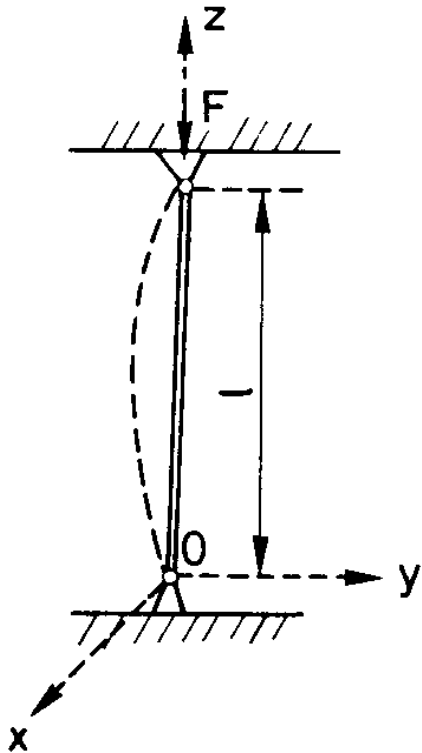


LA SOLUCION (ESTADO FUNDAMENTAL)

ES DEGENERADA

LA SIMETRIA QUEDA "ESCONDIDA"  
LATENTE

ESPONTANEAMENTE ROTA



IMAN : MOMENTOS MAGNETICOS ELEMENTALES  
(ALINEADOS SI  $T < T_c$ )

\* MODELO: (HEISENBERG) •  $H = -K \sum_{\langle i,j \rangle} \vec{S}_i \cdot \vec{S}_j$

SIMETRICO BAJA ROTACIONES (O(3))  
( $\vec{S}_i \rightarrow R \vec{S}_i$ )

NECESIDAD DE INFINITOS  $\vec{S}$   
(DEGENERACION!)

$T < T_c$   $\rightarrow$  MOMENTOS MAGNETICOS ALINEADOS  
SOLUCION NO SIMETRICA!

\* SIMETRIA LATENTE : NO HAY DIRECCION PREFERIDA!

CADA DIRECCION CONECTADA CON OTRA  
POR LA ROTACION

# SIMETRIA LATENTE



## MECANISMO DE HIGGS

RUPTURA ESPONTANEA DE SIMETRIAS  
INDUCIDAS EN TEORIAS DE GAUGE

→ MASAS A  $W^\pm$ ,  $Z^0$ ,  $l_s$ ,  $q_s$

RUPTURA ESPONTANEA DE SIMETRIAS  
INDUCIDA EN TEORIAS DE GAUGE

## INCLUYENDO NUEVO CAMPO EN EL JUEGO

LA SIMETRIA DE GAUGE NO ESTA  
TOTALMENTE PERDIDA (QUEDA LATENTE)

MASS DE LOS CAMPOS DE GAUGE INDUCIDA

por INTERACCION



MECANISMO DE HIGGS

# HIGGS

PERSONAJE FUNDAMENTAL →

PERMITE LA ADQUISICION DE MASA DE  
LAS PARTICULAS Y ALGUNOS MEDIADORES  
(LOS DEBILONES)

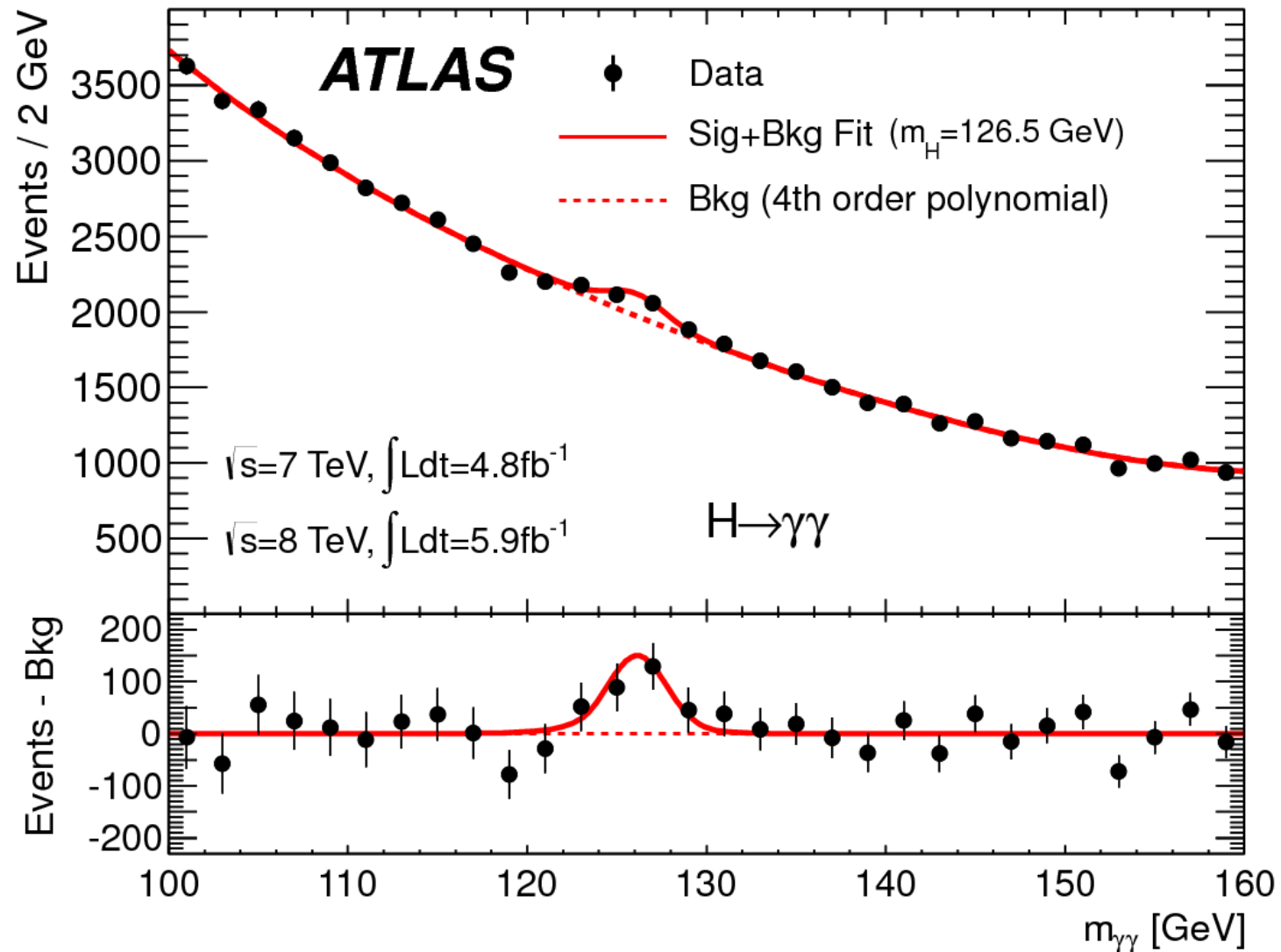
## **GENERADOR DE INERCIA**

MANTENIENDO LAS SIMETRIAS !

LATENTES



# $H \rightarrow \gamma\gamma$ : Distribución de $m_{\gamma\gamma}$



DISCRETAS

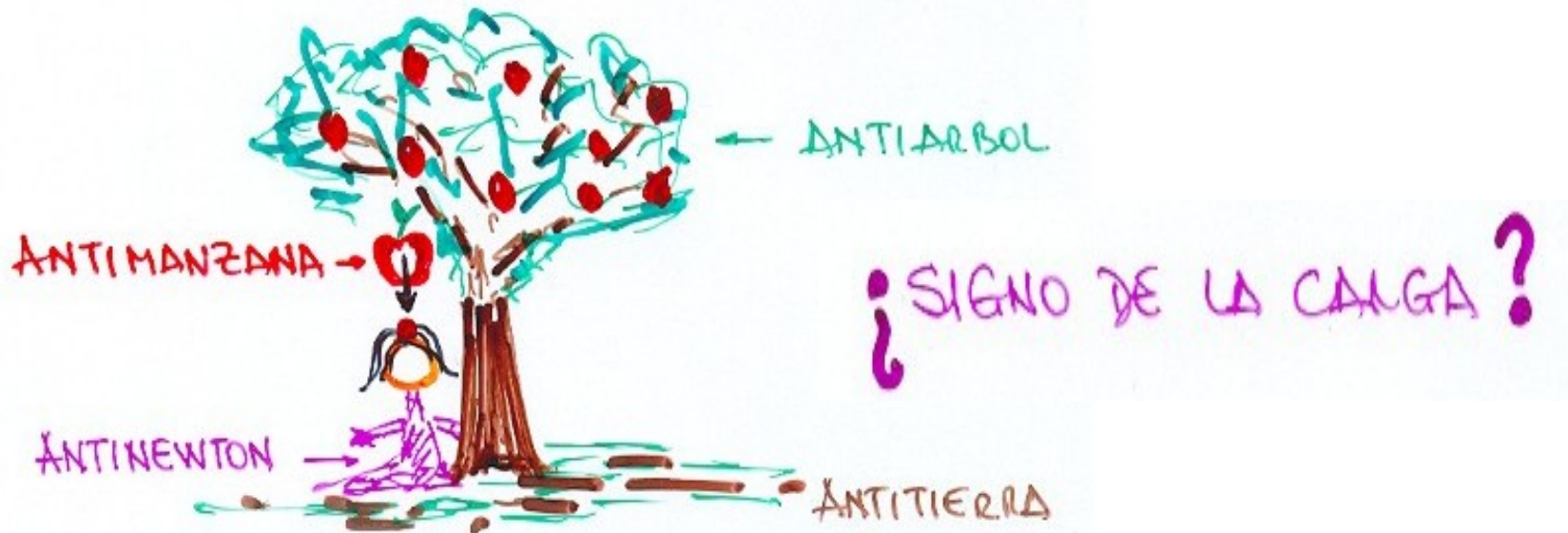






# CONJUGACION DE LA CARGA

C



— IMPOSIBLE SABER DE QUÉ ESTAMOS HECHOS —

MECANICA CUANTICA

+

RELATIVIDAD

+

POINCARÉ

---

TODAS LAS PARTICULAS

POSEEN **ANTIPARTICULAS**

- IGUAL MASA - IGUAL VIDA MEDIA - CARGAS OPUESTAS



**TEOREMA CPT**

MATERIA

y

ANTIMATERIA

¿ POR QUÉ ESTAMOS AQUI ?

CP

á-

NO CP

¿ES ESA LA RAZON? ...

A PRIORI: NO HAY BUENAS  
RAZONES PARA QUE  
EXISTA MATERIA!

$$E = mc^2$$

$$\text{ENERGIA} = \left\{ \begin{array}{l} \text{MATERIA} \\ + \\ \text{ANTIMATERIA} \end{array} \right.$$

(NO ROTULOS vs "VIRTUDES"  $\equiv$  CARGAS)

BIG BANG



Nº PARTICULAS = Nº ANTIPARTICULAS

HOY:

SOLO MATERIA

(ANTIMATERIA EN LOS LABS)

# CAMINO A LA ASIMETRIA ESCENCIAL

■ '50 : INTERACCION DEBIL  
(RADIOACTIVIDAD)



● VIOLA P

MAXIMAL : TODOS LOS  $\nu_s$  IZQUIERDOS

TODOS LOS  $\bar{\nu}_s$  DERECHOS

● VIOLA C

$\nu_I \xrightarrow{C} \bar{\nu}_I$  (NO EXISTE!)



- DISTINGUIR IZQUIERDA - DERECHA

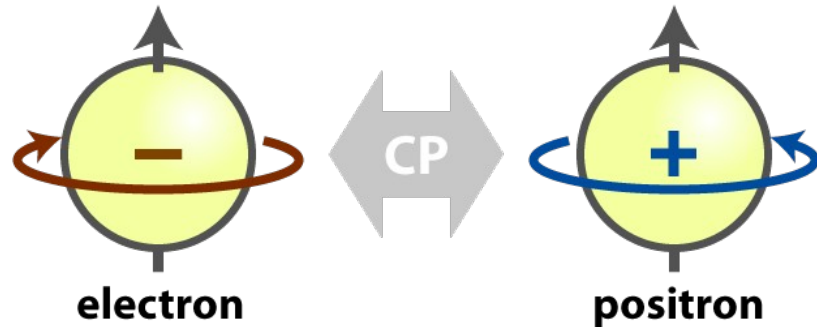
- DISTINGUIR MATERIA - ANTI MATERIA



PARECE ...

CONSERVARSE

CP



EN UN PLANETA REFLEJADO EN EL ESPEJO

VALEN LAS MISMAS LEYES

SI ESTE HECHO DE ANTIMATERIA

PERO ...

'64

● GRAN - CONMOCION - GRAN ●

CIERTOS DECAIMIENTOS DEL  
(EXTRAÑO) MESON K NEUTRO

ASIMETRICOS CP



VIOLACION DE CP

SOLO CPT EXACTA

DINAMICA MICROSCOPICA

(ATOMOS, MOLECULAS, ...)



DINAMICA T - SIMETRICA



( $N \rightarrow \infty$ )

EVOLUCION T-ASIMETRICA

DE LOS SISTEMAS MACROSCOPICOS

**- IRREVERSIBILIDAD -**

MICRO

vs.

MACRO

● COTIDIANO: SIMETRIA ES LA EXCEPCION

● HUEVO CASADO NO SE PUEDE EMPOLLAR



● R DISTINGUIBLE DE Q



\* NI HUEVO NI ABECEDARIO SON LEYES FUNDAMENTALES

\* KAON : DESCRIPTO POR LEYES  
FUNDAMENTALES (QUARKS)

SIMETRIAS

EN LA

NATURALEZA VIVA

NO SON

(EN GENERAL)

EXACTAS

MATERIA NO VIVA



MEZCLA RACEMICA DE MOLECULAS

(N° D = N° I)

MATERIA VIVA

"USA UNA SOLA MANO"

MOLECULAS HOMOQUIRALES

## • HOMO QUIRALIDAD:

- PROPIEDAD GEOMETRICA → MATEMÁTICOS COMPUESTOS DE UNIDADES QUIRALES (ENANTIOMEROS)

- QUIRAL: FORMAS NO SUPERPONIBLES SIENDO IMAGEN ESPECULAR UNA DE OTRA

LO VINO ES QUIRAL!

\* MOLECULAS VITINES SON QUIRALES

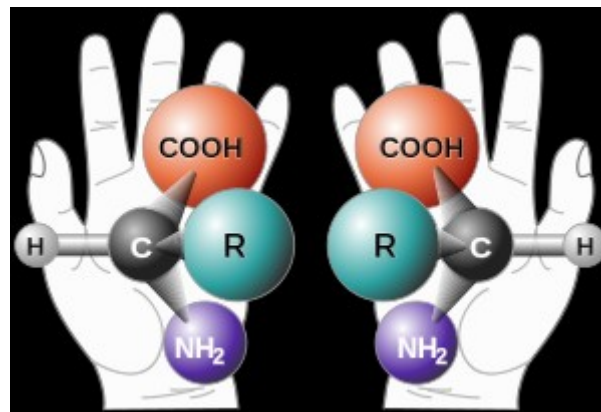
↓  
ASIMETRIA!

\* COMPORTAMIENTO FRENTE A LUZ POLARIZADA

IMPORTANCIA VITAL

DE LAS ASIMETRIAS

**QUIRALIDAD**





# MOLECULAS HOMOQUIRALES

- AMINOACIDOS: IZQUIERDOS !
- BASES DE NUCLEOTIDOS } : DERECHOS !
- AZUCARES }

PROTEINAS SOLO AMINOACIDOS I  
CODIFICADOS POR DNA SOLO  
HELICOIDALES D CONTENIENDO  
SOLO AZUCARES D

# DOL QUÉ ?

## ?

- ΔZAA (+ COPIA)
- UNA MANO TIENE (TUYO) VENTAJAS
- FUERZAS FUNDAMENTALES (DEBIL ~~?~~)
- RADIAACION POLARIZADA

CUANDO ACTUA EL ELECTROMAGNETISMO  
TAMBIEN ACTUA LA FUERZA DEBIL

(DEBIL  $\sim 10^{-3}$  E.M.)  
(INTERFERENCIA  $\gamma$ - $\gamma^0$ )



● PEQUEÑA DIFERENCIA:  $E_D \neq E_I$

{ SEMILLA DE ASIMETRIA AMPLIFICADA  
{ POR REACCIONES AUTOCATALITICAS

BIOLOGIA

HUELLA

DE LA FISICA FUNDAMENTAL

A NIVEL

MOLECULAS BIOLÓGICAS

# ¿ ELECCION DE LA "BUENA" MANO ?

SCIENCE 5377 (31/JUL/98)

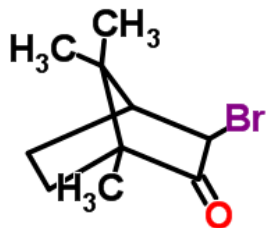
- OBSERVATORIO ANGLO-AUSTRALIAN  
DETECTÓ: RADIACION INFRARROJA  
FUERTEMENTE POLARIZADA  
PROVENIENTE DE OHG-1 (ORION)
- INDUJO ASIMETRIA QUIRAL EN  
MOLECULAS ORGANICAS INTERESTELARES ?
- COMETAS Y/O METEORITOS LAS  
TRAJERON A LA TIERRA ?  
(EXCESO DE AMINOACIDOS **I** EN EL  
METEORITO "MURCHISON")

# “Chirally Sensitive Electron-Induced Molecular Breakup and the Vester-Ulbricht Hypothesis”

J. M. Dreiling and T. J. Gay

Phys. Rev. Lett. **113**, 118103 – Published 12 / 9 / 2014

We have studied dissociative electron attachment in sub-eV collisions between longitudinally polarized electrons and chiral bromocamphor molecules. For a given target enantiomer, the dissociative Br anion production depends on the helicity of the incident electrons, with an asymmetry that depends on the electron energy and is of order  $3 \times 10^{-4}$ . **The existence of chiral sensitivity in a well-defined molecular breakup reaction demonstrates the viability of the Vester-Ulbricht hypothesis, namely, that the longitudinal polarization of cosmic beta radiation was responsible for the origins of biological homochirality.**



"LA VIDA TAL COMO SE NOS  
MANIFIESTA ES UNA FUNCION  
DE LA ASIMETRIA DEL  
UNIVERSO Y SUS CONSECUENCIAS...  
PUEDO IMAGINAR QUE TODAS LAS  
ESPECIES VIVIENTES SON  
PRIMORDIALMENTE, EN SU  
ESTRUCTURA Y EN SU FORMA  
EXTERNA, FUNCION DE LA  
ASIMETRIA COSMICA"

L. PASTEUR  
(CIRCA 1880)

**MUCHAS GRACIAS !**

**[cgarciaacanal@fisica.unlp.edu.ar](mailto:cgarciaacanal@fisica.unlp.edu.ar)**



MATERIA

y

ANTIMATERIA

¿ POR QUÉ ESTAMOS AQUÍ ?

CP

á-

NO CP

¿ES ESA LA RAZON? ...

FILOSOFOS: ANALIZAN Y PONDERAN  
EL PROYECTO HUMANO Y  
SU DESTINO

FISICOS: (SIMPLEMENTE...)  
QUEREMOS SABER  
¿POR QUÉ TODO TIENE  
COMPOSICION MATERIAL?

A PRIORI: NO HAY BUENAS  
RAZONES PARA QUE  
EXISTA MATERIA!

$$E = mc^2$$

$$\text{ENERGIA} = \left\{ \begin{array}{l} \text{MATERIA} \\ + \\ \text{ANTIMATERIA} \end{array} \right.$$

(NO ROTULOS vs "VIRTUDES"  $\equiv$  CARGAS)

BIG BANG



Nº PARTICULAS = Nº ANTIPARTICULAS

HOY:

SOLO MATERIA

(ANTIMATERIA EN LOS LABS)

# CAMINO A LA ASIMETRIA ESCENCIAL

■ '50 : INTERACCION DEBIL  
(RADIOACTIVIDAD)



● VIOLA P

MAXIMAL : TODOS LOS  $\nu_s$  IZQUIERDOS

TODOS LOS  $\bar{\nu}_s$  DERECHOS

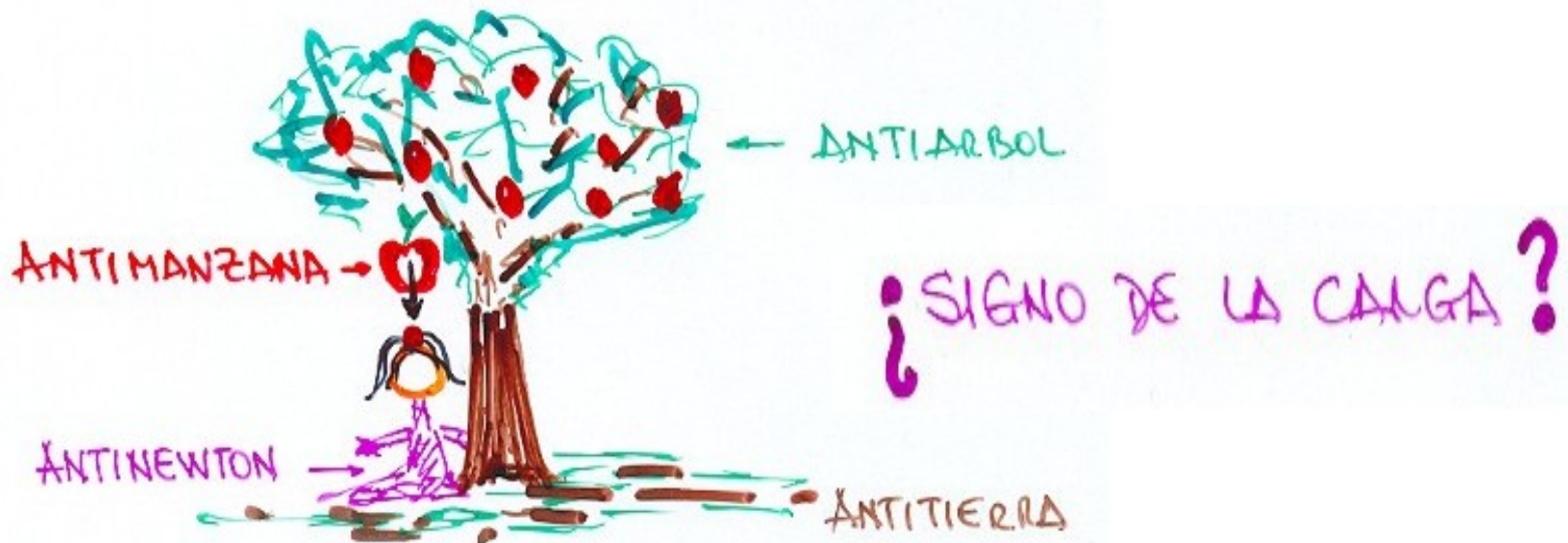
● VIOLA C

$\nu_I \xrightarrow{C} \bar{\nu}_I$  (NO EXISTE!)



# CONJUGACION DE LA CARGA

C



— IMPOSIBLE SABER DE QUÉ ESTAMOS HECHOS —

MECANICA CUANTICA

+

RELATIVIDAD

+

POINCARÉ

TODAS LAS PARTICULAS

POSEEN **ANTIPARTICULAS**

- IGUAL MASA - IGUAL VIDA MEDIA

- CARGAS OPUESTAS

VALE POINCARÉ COMPLEJO  
(PARÁMETROS COMPLEJOS)



**TEOREMA CPT**

INCLUYE :

PARIDAD - REFLEXION TEMPORAL  
CONJUGACION (PART - ANTIPART)



# LA SIMETRIA CPT ES EXACTA

CONVIERTE ESTADOS INICIALES DE PARTICULAS  
ENTRANTES EN ESTADOS DE ANTI PARTICULAS  
SALIENTES

$$SI \quad I(\vec{p}_i, \vec{s}_i) \rightarrow F(\vec{p}_f, \vec{s}_f)$$

$$\text{OPERADOR } A \rightarrow \langle F | A | I \rangle = A_{fi}$$

C: PARTICULA  $\leftrightarrow$  ANTI PARTICULA ( $\vec{p}, \vec{s}$  FIJOS)

P: INVIERTE  $\vec{p}$

$$\langle F | A | I \rangle \xrightarrow{\text{CPT}} \langle \bar{I}' | A | \bar{F}' \rangle$$

T: INICIAL  $\leftrightarrow$  FINAL ( $\vec{p} \rightarrow -\vec{p}, \vec{s} \rightarrow -\vec{s}$ )

$$\text{CPT EXACTA} \rightarrow \underline{\langle F | A | I \rangle = \langle \bar{I}' | A | \bar{F}' \rangle}$$

EJ:  $\text{CPT} \rightarrow \langle K^0 | H | K^0 \rangle = \langle \bar{K}^0 | H | \bar{K}^0 \rangle$

# TEST

$$\begin{cases} H |K^0\rangle = m_{K^0} |K^0\rangle \\ H |\bar{K}^0\rangle = m_{\bar{K}^0} |\bar{K}^0\rangle \end{cases}$$

CPT  $\rightarrow$   $[CPT, H] = 0$

$$\begin{aligned} m_{K^0} &= \langle K^0 | H | K^0 \rangle = \langle K^0 | (CPT)^{-1} (CPT) H (CPT)^{-1} (CPT) | K^0 \rangle \\ &= \langle K^0 | (CPT)^{-1} H (CPT) | K^0 \rangle = \langle \bar{K}^0 | H | \bar{K}^0 \rangle = m_{\bar{K}^0} \end{aligned}$$

## EXPERIMENTO:

$$\frac{|m_{K^0} - m_{\bar{K}^0}|}{m_{\text{PROM.}}} < 9 \times 10^{-19}$$



- DISTINGUIR IZQUIERDA - DERECHA
- DISTINGUIR MATERIA - ANTIMATERIA

PAECE ...

CONSERVARSE CP



EN UN PLANETA REFLEJADO

EN EL ESPEJO

VALEN LAS MISMAS LEYES

SI ESTE HECHO DE ANTIMATERIA

PERO ...

- '64 ● GRAN - CONMOCION - GRAN ●

CIERTOS DECAIMIENTOS DEL  
(EXTRAÑO) MESON K NEUTRO

ASIMETRICOS CP



VIOLACION DE CP

SOLO CPT EXACTA

# NO HAY ANTIMATERIA!

MASAS GALACTICAS

NUCLEOSINTESIS PRIMORDIAL  
(D,  $^3\text{He}$ )

RADIACION DE FONDO



$$1.9 \times 10^{-10} < \eta \equiv \frac{n_B - n_{\bar{B}}}{n_\gamma} < 5.8 \times 10^{-10}$$

ASIMETRIA BARIONICA  
PRIMORDIAL

$$n_\gamma \approx 400 \text{ cm}^{-3}$$

(UNIVERSO ELECTRICAMENTE NEUTRO)

$$(n_{e^-} - n_{e^+} = n_p)$$

POR CADA  $\text{cm}^3$  HAY  $\frac{10^{-7}}{\text{cm}^3}$  MAS ELECTRONES  
QUE POSITRONES!



$\eta \rightarrow$  CONDICION INICIAL "MISTERIOSA"

Q

## SAKHAROV

— GENERACION DINAMICA DE  $\eta$  —

- PROCESOS PRIMORDIALES •

### CONDICIONES SAKHAROV:

- VIOLACION DE B
- VIOLACION DE C
- VIOLACION DE CP
- PROCESOS FUERA DEL EQUILIBRIO

$K^0$   $\bar{K}^0$

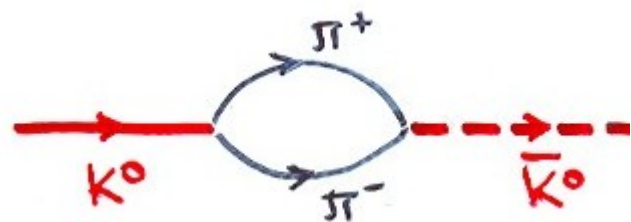
\* MUNDO "CUANTICAMENTE" APASIONANTE

- MESONES K NEUTROS OSCILAN  
CONSTANTEMENTE ENTRE LA SITUACION  
MATERIA Y LA ANTIMATERIA

MESONES K  $\rightarrow$  EXTRAÑEZA S

- $\dot{S} = 0$  EN HADRONICAS
- $\dot{S} \neq 0$  EN DEBILES

$$\frac{K^0 \neq \bar{K}^0}{(S=+1) \quad (S=-1)}$$



EXPERIMENTAL:  $|\psi_{K_N}\rangle = a|\psi_{K^0}\rangle + b|\psi_{\bar{K}^0}\rangle$



CP EXACTA  $\rightarrow$  DEFINIR

$$|K_1^0\rangle \equiv \frac{1}{\sqrt{2}} (|K^0\rangle + |\bar{K}^0\rangle) \quad ; \quad CP = +1$$

$$|K_2^0\rangle \equiv \frac{1}{\sqrt{2}} (|K^0\rangle - |\bar{K}^0\rangle) \quad ; \quad CP = -1$$

•  $K_1^0 \rightarrow 2\pi$     slow!    (215 MeV)

•  $K_2^0 \rightarrow 3\pi$     slow!    (78 MeV)

$$\tau_{K_2^0} \gg \tau_{K_1^0}$$

$$c\tau_1 = 2.7 \text{ cm}$$

$$c\tau_2 = 15.5 \text{ cm}$$

•  $K_N \propto K_1^0 + K_2^0 \xrightarrow{t \gg \tau_1} K_1^0$  ("POLARIZACION")

•  $K_N \rightarrow K_2^0 \propto |K^0\rangle - |\bar{K}^0\rangle$  ("OSCILACION")

- EXPERIMENTO DEL 64 MIDIO!

$$\underline{K_2^0 \rightarrow 2\pi}$$

(1 CADA  $\sim 500$ )



$$\left. \begin{array}{l} \text{KAONES} \\ \text{FISICOS} \end{array} \right\} \begin{array}{l} |K_S^0\rangle \equiv |K_1^0\rangle + \underline{\epsilon} |K_2^0\rangle \\ |K_L^0\rangle \equiv |K_2^0\rangle + \underline{\epsilon} |K_1^0\rangle \end{array}$$

$$\epsilon \sim 10^{-3}$$

ASIMETRIA PEQUEÑA

PERO

~~CP~~

MATERIA

3!

$$3! = 3 \times 2 \times 1$$

$$MS \equiv SU(3)_c \times SU(2)_L \times U(1)_Y$$

- PUEDE INCORPORAR VIOLACION CP -

\* SOLO SI HAY MAS DE 2 GENERACIONES

HAY 3

(EXPERIMENTAL!)

QUARKS

$$\begin{pmatrix} u \\ d \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} c \\ s \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} t \\ b \end{pmatrix}$$

PERMITE AL  $K_N$  "DUDAR" ENTRE SER

MATERIA O ANTIMATERIA

DINAMICA MICROSCOPICA

(ATOMOS, MOLECULAS, ...)



DINAMICA T - SIMETRICA



( $N \rightarrow \infty$ )

EVOLUCION T-ASIMETRICA DE LOS

SISTEMAS MACROSCOPICOS

- IRREVERSIBILIDAD -

MICRO

vs.

MACRO

● COTIDIANO: SIMETRIA ES LA EXCEPCION

● HUEVO CASCAO NO SE PUEDE EMPOLLAR



● R DISTINGUIBLE DE Q



\* NI HUEVO NI ABECEDARIO SON LEYES FUNDAMENTALES

\* KAON : DESCRIPTO POR LEYES  
FUNDAMENTALES (QUARKS)

MACRO

MATERIA NO VIVA



MEZCLA RACEMICA DE MOLECULAS

(N° D = N° I)

MATERIA VIVA

"USA UNA SOLA MANO"

MOLECULAS HOMOQUIRALES

# MOLECULAS HOMOQUIRALES

PROTEINAS SOLO AMINOACIDOS I

CODIFICADOS POR DNA SOLO

HELICOIDALES D CONTENIENDO

SOLO AZUCARES D



3! INCLUYE 2! →

CUANDO ACTUA EL ELECTROMAGNETISMO

TAMBIEN ACTUA LA FUERZA DEBIL

(DEBIL  $\sim 10^{-3}$  E.M.)

(INTERFERENCIA  $\gamma$ - $\gamma^0$ )



● PEQUEÑA DIFERENCIA :  $E_D \neq E_I$

{ SEMILLA DE ASIMETRIA AMPLIFICADA  
POR REACCIONES AUTOCATALITICAS

BIOLOGIA

IMPORTANCIA VITAL

DE LAS ASIMETRIAS

QUIRALIDAD

HUELLA

DE LA FISICA FUNDAMENTAL

A NIVEL

MOLECULAS BIOLÓGICAS

MEDIR  $\sin^2 \theta_w$  CON TUBOS  
DE ENSAYO !

# ¿ ELECCION DE LA "BUENA" MANO ?

SCIENCE 5377 (31/JUL/98)

- OBSERVATORIO ANGLO-AUSTRALIAN  
DETECTÓ: RADIACION INFRARROJA  
FUERTEMENTE POLARIZADA  
PROVENIENTE DE OH<sup>-</sup>C-1 (ORION)
- INDUJO ASIMETRIA QUIRAL EN  
MOLECULAS ORGANICAS INTERESTELARES ?
- COMETAS Y/O METEORITOS LAS  
TRAJERON A LA TIERRA ?

(EXCESO DE AMINOACIDOS **L** EN EL  
METEORITO "MURCHISON")

## FINALE

"LA VIDA TAL COMO SE NOS  
MANIFIESTA ES UNA FUNCION  
DE LA ASIMETRIA DEL  
UNIVERSO Y SUS CONSECUENCIAS...  
PUEDO IMAGINAR QUE TODAS LAS  
ESPECIES VIVIENTES SON  
PRIMORDIALMENTE, EN SU  
ESTRUCTURA Y EN SU FORMA  
EXTERNA, FUNCION DE LA  
ASIMETRIA COSMICA"

L. PASTEUR  
(CIRCA 1880)

Canon In D.

