

Ciencia, Humanismo y Sociedad

Teoría Cuántica: Paradigma y contradicciones

ATENEO de Badajoz

Francisco J. Olivares del Valle

Jueves, **19** de junio de 2024

20:00 h

PARADIGMA

Es un **modelo** o **patrón** en cualquier disciplina o contexto que establece un **conjunto de prácticas, normas y creencias aceptadas** que guían el pensamiento y la investigación en esa área.

PARADIGMA

Los paradigmas son **marcos de referencia** que influyen en cómo se interpretan y comprenden los fenómenos del mundo.

PARADIGMA

Científico: Teoría Relatividad,
Teoría de Darwin.

Económico: Capitalismo,
Economía de Mercado.

Social: Feminismo, Derechos
Civiles.

FÍSICA CLÁSICA: Mecánica (Newton);
Conservación energía y momento;
Termodinámica; Electromagnetismo
(Maxwell y Coulomb); Óptica y Gravitación
(Newton).

FÍSICA MODERNA: Relatividad, F. Cuántica;
Teoría de Campos; Modelo Estándar;
Cosmología Moderna

PARADIGMA

No hay nada como la
aparición de un nuevo

Apenas comprendido y
fundamentado en múltiples y
diversas contradicciones
aparentes

Para que proliferen durante mucho
tiempo **equivocas**
interpretaciones

Y **falaces conclusiones**,
ajenas a la realidad

¿Es legal y posible **transferir** el **término** “**cuántico**” con su “**significado preciso**” a cualquier otro **sistema** o **proceso** ajeno a la **física**?

¿Serían equivalentes **tránsitos cuánticos** (discretos) en **procesos energéticos** y saltos **cuánticos** en **procesos de consciencia**? Es decir, los estados de consciencia ¿son objetivos, únicos e identificables?

¿Cuál es la naturaleza de **lo que se quita** o **se pone** (emisión, absorción) en una transición entre **dos estados de consciencia**?

Y hablando de la Medicina cuántica ¿en qué consistiría el espectro de los **estados de curación cuántica** distribuidos de forma discreta y accesibles por absorción o emisión de **porciones de salud**?



¿Qué es el **pensamiento cuántico**?

El pensamiento cuántico es un enfoque mental basado en los **principios de la física cuántica**.

Se fundamenta en la idea de que **la realidad no es invariable ni unívoca, sino que está influenciada por nuestras observaciones y percepciones**.

Según el pensamiento cuántico, **nuestras creencias, intenciones y expectativas pueden afectar la realidad y crear resultados inesperados**.

En vez de ver el mundo como una entidad **aislada e independiente**, se reconoce que todo está interconectado y **existe un potencial infinito de posibilidades**.

¿Qué es el **pensamiento cuántico**?

Este enfoque implica adoptar una **mentalidad abierta, flexible y no exclusiva**.

Se busca superar las limitaciones del **pensamiento lineal tradicional** para **explorar nuevas perspectivas y soluciones creativas** a los desafíos.

En resumen, el **pensamiento cuántico** invita a cuestionar las **suposiciones convencionales sobre cómo funciona el mundo** e **incita a explorar nuevas formas de pensar** para lograr un mayor bienestar personal y colectivo.

¿Tiene esto algo que ver con la física cuántica?

¿En qué medida interviene el término cuántico?

¿Qué es la **espiritualidad cuántica**?

La **espiritualidad cuántica** es una corriente de pensamiento que *combina* conceptos de la **física cuántica** con el de **espiritualidad**.

Se basa en la idea de que **el universo está compuesto por energía** y que **todo está interconectado a nivel cuántico** (¿?).

Según esta perspectiva, la **realidad** no se puede entender únicamente desde un enfoque científico tradicional, sino que se requiere una **comprensión más amplia y holística**.

Se considera que existe una **conciencia universal** o **campo cuántico**, en el cual **todos los fenómenos están conectados** y son **interdependientes**.

¿Qué es la **espiritualidad cuántica**?

La **espiritualidad cuántica** postula también que los **pensamientos y las emociones pueden influir en la realidad material**, ya que en el **mundo subatómico**, las partículas pueden comportarse como **ondas de energía** y manifestarse como **partículas según sea observado**.

Por lo tanto, se cree que **nuestra percepción consciente puede influir en cómo interactuamos con el mundo a nivel energético**.

Sin embargo, es importante destacar que **la relación entre la física cuántica y la espiritualidad no está respaldada por consenso científico**.

Mientras algunos encuentran interesantes conexiones metafóricas entre ambos campos, otros sostienen un punto de vista escéptico sobre estas ideas.

La interpretación de estos conceptos varía **dependiendo del marco filosófico, ideológico o religioso** en el cuál se abordan.

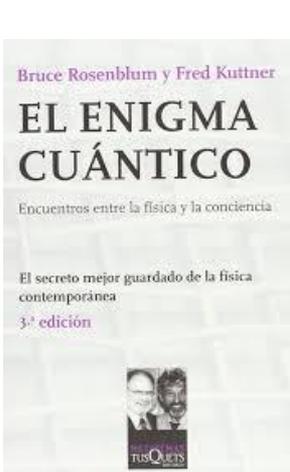
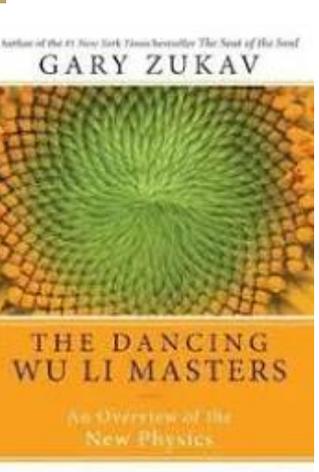
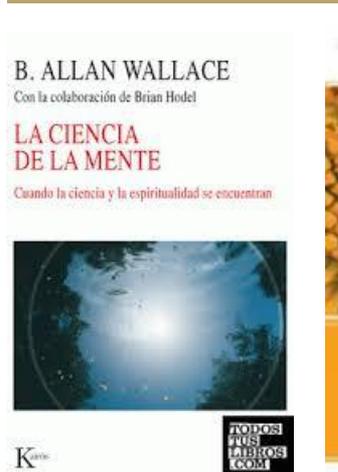
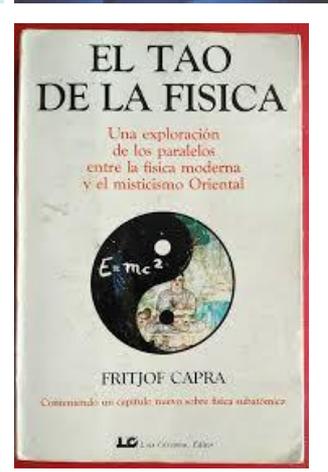
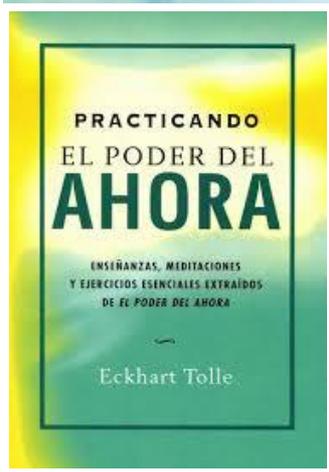
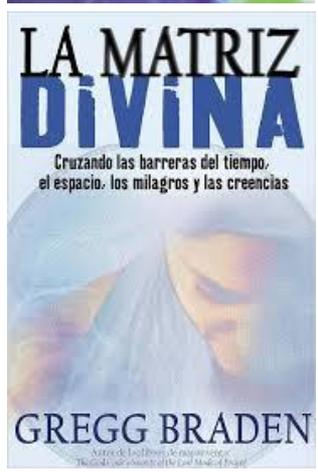
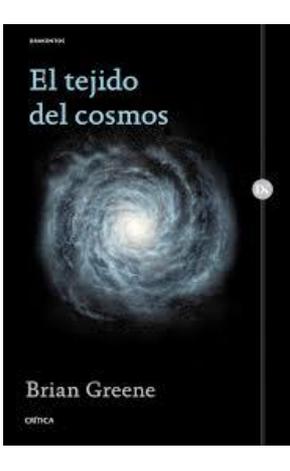
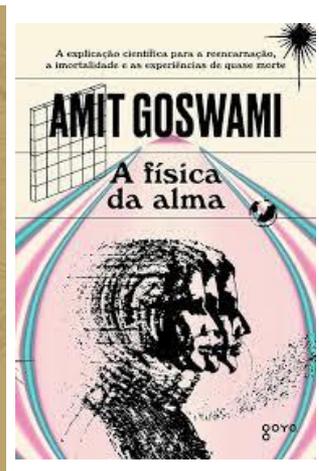
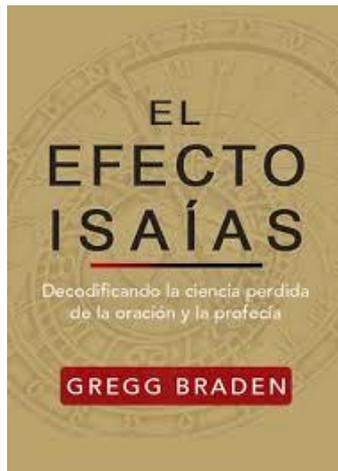
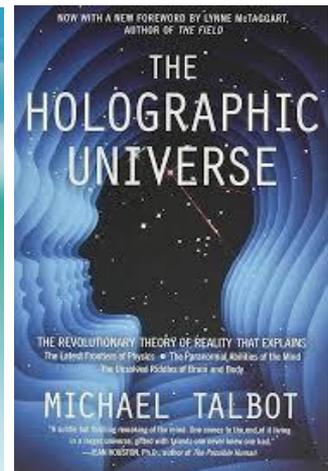
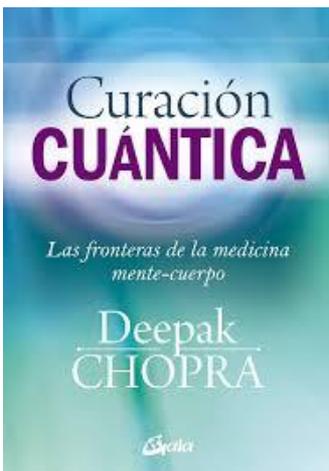
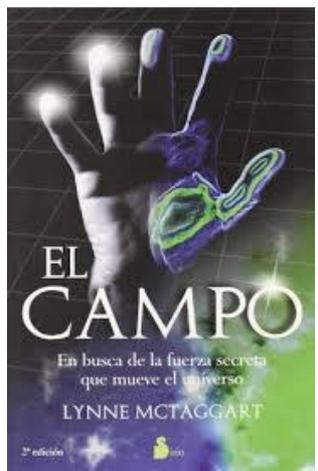
¿Tiene esto algo que ver con la física cuántica?

¿En qué medida interviene el término cuántico?

Existen diversos libros dedicados a la **Espiritualidad Cuántica**; entre otros:

1. *“El Campo: Descubriendo el poder de la conciencia cuántica”* de **Lynne McTaggart**.
2. *“La curación cuántica: Explorando las fronteras de la medicina mente-cuerpo”*, de **Deepak Chopra**.
3. *“El universo holográfico: Una visión nueva y extraordinaria del mundo que conocemos”*, de **Michael Talbot**.
4. *“El efecto Isaías: Decodificando la conexión entre Dios y el universo cuántico”*, de **Gregg Braden**.
5. *“La física del alma: el viaje interior hacia lo infinitamente pequeño y lo infinitamente grande”* de **Amit Goswami**.
6. *“La matriz divina”* de **Gregg Braden**.
7. *“El poder del ahora: Un camino hacia la realización espiritual”* de **Eckhart Tolle**.
8. *“El Tao de la física”* de **Fritjof Capra**.
9. *“La mente cuántica: un diálogo entre la ciencia y el budismo”* de **Alan Wallace**.
10. *“Universos paralelos”* de **Brian Greene**
11. *“Quantum Enigma”* de **Bruce Rosenblum** y **Fred Kuttner**
12. *“The Dancing Wu Li Masters”* de **Gary Zukav**.

Estos libros ofrecen diferentes perspectivas sobre la relación entre la **Física Cuántica** y la **espiritualidad**, explorando **cómo** estos conceptos **pueden influir en nuestra percepción del mundo y nuestra experiencia personal**. Para abordar temas como estos es importante mantener un **espíritu crítico** y estar abierto a diferentes interpretaciones, ya que estas ideas **no están respaldadas por un consenso científico sólido**.



TODOS LOS LIBROS COMEN

TUS QUER

¿Qué es la **metafísica cuántica**?

La **MFC** es una **corriente de pensamiento** que se basa en la **interpretación metafísica de los principios de la física cuántica**.

Algunos **adeptos** a esta corriente sostienen que la **FC puede ser utilizada para explicar fenómenos más allá del ámbito puramente físico**, como la **consciencia**, la **percepción** y el **potencial humano**, o **voluntad de poder**.

La **MFC** propone que las leyes de la **FC no solo se aplican al mundo subatómico, sino también en niveles macroscópicos y a aspectos de la realidad cotidiana**.

Así nuestra **consciencia** y nuestras **creencias pueden influir en eventos a nivel cuántico**, lo cual conlleva implicaciones filosóficas y espirituales significativas.

¿Qué es la **metafísica cuántica**?

Si bien algunos científicos y filósofos critican esta interpretación por considerarla una **extrapolación injustificada de los principios científicos hacia el ámbito metafísico**, otros ven valor en explorar las posibles implicaciones más allá del **paradigma materialista convencional**.

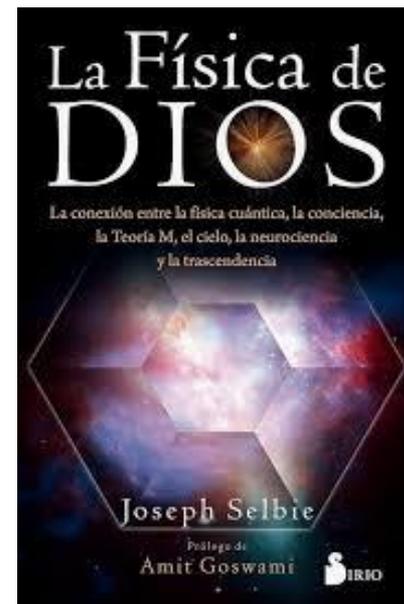
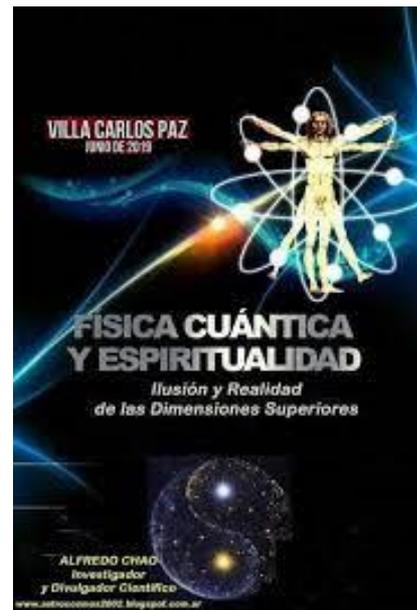
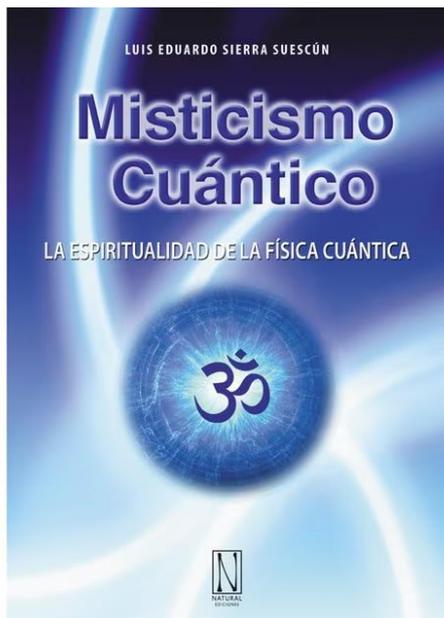
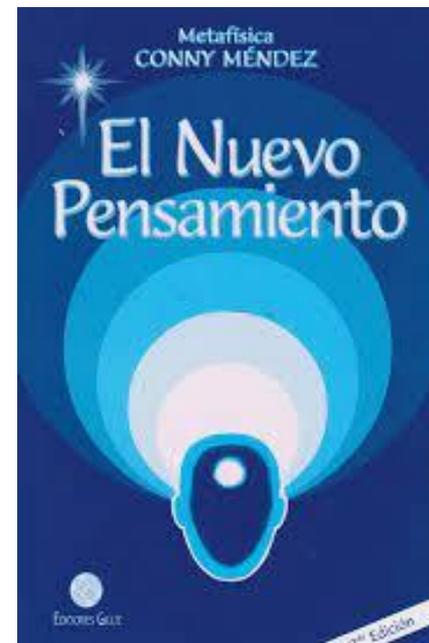
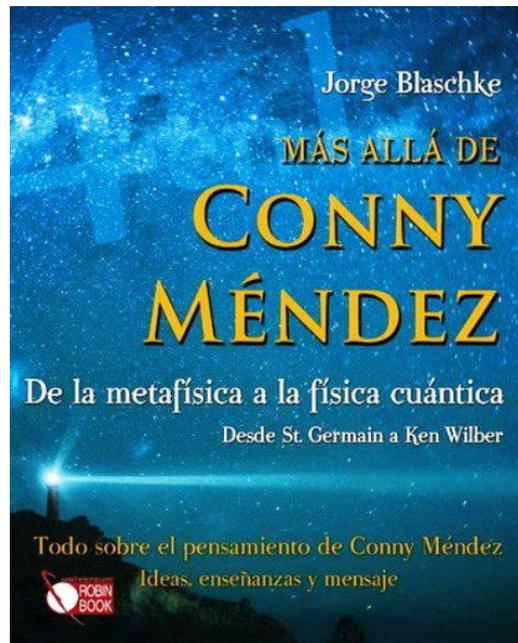
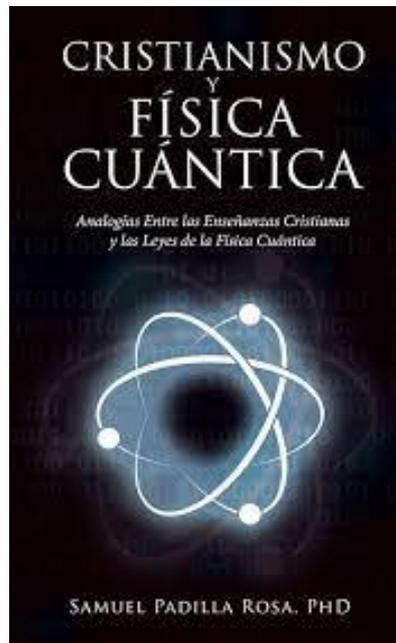
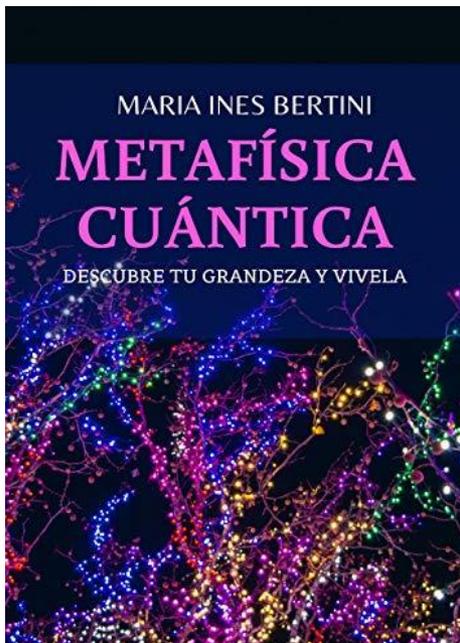
La **MFC** busca **integrar conocimientos científicos con conceptos tradicionales sobre el ser humano y su relación con el universo**.

Es importante tener en cuenta que esta perspectiva sigue siendo objeto de **debate y controversia** dentro de la comunidad científica.

¿Tiene esto algo que ver con la física cuántica?

¿En qué medida interviene el término cuántico?

¿Qué es la **metafísica cuántica**?



Dr. Manuel Arrieta

UN SALTO CUÁNTICO

De la medicina ancestral a la medicina cuántica



INDIGO

El término “**Medicina Cuántica**” expresa un **enfoque alternativo** de la Medicina que **combina** conceptos de la **Física Cuántica** con la **Medicina tradicional**.

Los defensores de la Medicina Cuántica creen que la salud y la enfermedad pueden estar influidas por las **propiedades cuánticas de las partículas** y la **energía**, en el cuerpo humano.

Algunos conceptos comunes en la medicina cuántica incluyen:

1. “**Energía y vibraciones**”: Se cree que todo en el universo, incluido el cuerpo humano, está compuesto de energía que vibra a diferentes frecuencias (¿?). La salud óptima se logra **cuando estas vibraciones están en armonía** (¿?) (Resonancia).
2. “**Campos energéticos**”: La medicina cuántica a menudo se enfoca en **equilibrar y armonizar los campos energéticos del cuerpo**, a veces llamados “campos bioenergéticos” o “campos de energía sutil”.

Dr. Manuel Arrieta

UN SALTO CUÁNTICO

De la medicina ancestral a la medicina cuántica



INDIGO

3. “**Curación a nivel subatómico**”: La idea es que la curación puede ocurrir a nivel subatómico o cuántico (¿?), *donde las partículas subatómicas interactúan y afectan la salud del cuerpo.*

4. “**Interconexión y consciencia**”: Se sugiere que hay una interconexión (¿?) entre la *mente*, el *cuerpo* y el *espíritu*, y que la consciencia *puede influir* en la salud física.

Es importante notar que la Medicina Cuántica es **controvertida y no está respaldada por la evidencia científica convencional.**

Muchos científicos y médicos consideran que las **afirmaciones** de la Medicina Cuántica **no están basadas en principios científicos sólidos** y advierten contra su uso como sustituto de la Medicina basada en evidencias.

¿Tiene esto algo que ver con la física cuántica?

¿En qué medida interviene el término cuántico?

¿Qué es la **Curación cuántica**?

La curación cuántica es un **enfoque terapéutico** que se basa en los principios de la FC para promover la **sanación** y el **bienestar**.

Se fundamenta en la idea de que **todo en el universo está compuesto por energía y que podemos influir en ésta energía para mejorar nuestra salud**.

Según la **curación cuántica**, las enfermedades y los desequilibrios físicos, emocionales o mentales son el resultado de **bloqueos o perturbaciones en el flujo de energía del cuerpo**.

A través de diversas técnicas y modalidades, como la **visualización creativa**, la **meditación**, las **afirmaciones positivas** o incluso mediante **dispositivos tecnológicos específicos**, se busca **liberar estos bloqueos y restaurar el equilibrio energético** del individuo.

¿Qué es la **Curación cuántica**?

La curación cuántica no pretende reemplazar a los tratamientos médicos tradicionales, sino complementarlos. Su objetivo es proporcionar una *perspectiva holística sobre la salud* y **fomentar una conexión entre mente, cuerpo y espíritu** para promover una mayor calidad de vida.

Aunque existen testimonios anecdóticos positivos sobre los beneficios de la curación cuántica, **su eficacia no ha sido respaldada científicamente** en gran medida debido a su **naturaleza compleja e intangible**.

¿Tiene esto algo que ver con la física cuántica?

¿En qué medida interviene el término cuántico?

¿Qué es el **entrelazamiento cuántico**?

El entrelazamiento cuántico es un fenómeno fundamental de la **FC** en el cual **dos** o **más** partículas se encuentran tan fuertemente **correlacionadas** que **el estado cuántico de cada una no puede describirse independientemente, sino que está íntimamente relacionado con el estado del sistema en su conjunto.**

Las propiedades físicas de las partículas entrelazadas están intrínsecamente ligadas entre sí.

Cuando dos partículas están entrelazadas, cualquier cambio o medición realizada en una de ellas **instantáneamente afecta al estado y a las propiedades medibles de la otra**, sin importar qué tan lejos se encuentren.

Esta **conexión instantánea a distancia** es lo que intrigó a Albert Einstein y otros científicos, quienes lo llamaron "**acción espeluznante a distancia**".

¿Qué es el **entrelazamiento cuántico**?

El entrelazamiento cuántico tiene varias implicaciones importantes.

Por ejemplo, permite la **teleportación cuántica**, donde **la información** sobre el estado de una partícula puede transferirse instantáneamente a otra partícula distante **sin necesidad de un medio físico**.

El **entrelazamiento** es crucial para muchos avances en tecnologías como la **criptografía cuántica** y los **ordenadores cuánticos**.

El estudio del entrelazamiento ha llevado a una profunda comprensión y desarrollo teórico sobre **cómo funcionan los sistemas cuánticos** y ha desafiado nuestra intuición basada en la física clásica.

Aunque **el mecanismo exacto detrás del entrelazamiento aún no se comprende** completamente, su existencia ha sido confirmada experimentalmente (¿?) mediante diversos experimentos e investigaciones científicas.

Principio de exclusión o Antisimetría

Es un Principio **necesario** que **impide formalmente** que **dos partículas másicas idénticas** se **interpenetren**; es decir que dos partículas idénticas coincidan en un mismo punto del **espacio-tiempo**. **Si así ocurriera ambas dejarían de existir**.

Este hecho suele expresarse diciendo que las dos partículas se encuentran **correlacionadas en el espacio y el tiempo**.

Como consecuencia de ello, y sin que ninguna fuerza actúe sobre las partículas, **nada impedirá que las dos partículas sigan correlacionadas a cualquier valor** que, para cada una de ellas, tomen las **variables espacio-temporales**.

Principio de exclusión o Antisimetría

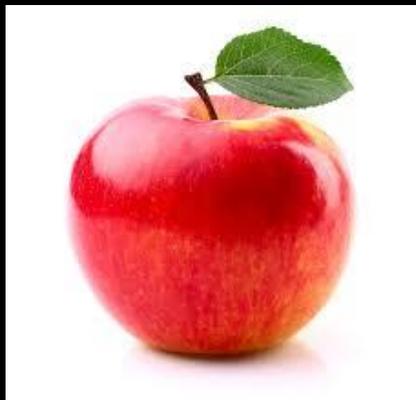
La función de onda que las describe, Ψ , permanecerá siendo **antisimétrica** sea cual sea su distancia espacio-temporal.

Las dos partículas estarán entrelazadas, y cualquier cambio o medición realizada en una de ellas instantáneamente afectará al estado y a las propiedades medibles de la otra, sin importar qué tan lejos se encuentren.

No hay que perder de vista que, según lo anterior, **el entrelazamiento es un fenómeno imaginario, con fundamentación exclusivamente teórica, que no necesariamente tiene un reflejo en la realidad física.**



El símbolo "=", también llamado *signo igual*, es un **símbolo** que establece la **identidad completa** (substancia y forma) entre dos objetos y/o fenómenos.





1643 - 1727

$$F - m \cdot a = 0$$

Fuerza
aplicada

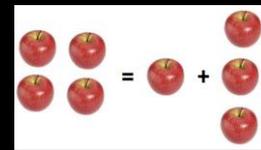


Resistencia al cambio
de movimiento o reposo

Aceleración o cambio
en la velocidad

Para que esta “**ecuación**” se cumpla, **es necesario** que:

1. El **valor numérico** de **F** sea **idéntico** al valor numérico de **m·a**
2. La **substancia** (contenido o **unidades**) de **F** sea **idéntica** a la de **m·a**

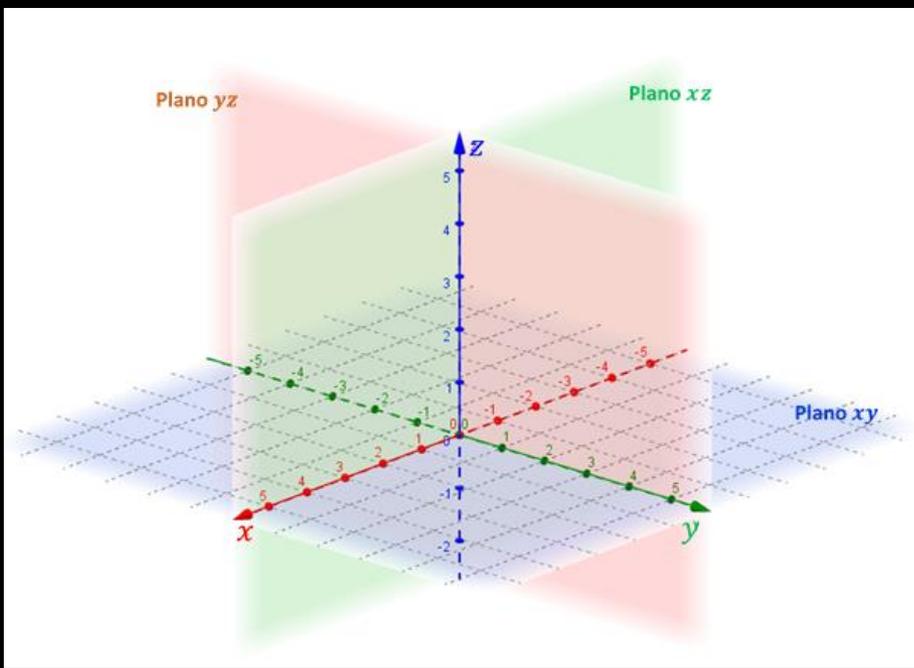


Ecuación de Newton (Dinámica de los cuerpos en movimiento):

$$F = m \cdot a$$



1643 - 1727



Ecuaciones de Newton

$$F_{x_i} = m_i \cdot a_{x_i}$$

$$F_{y_i} = m_i \cdot a_{y_i}$$

$$F_{z_i} = m_i \cdot a_{z_i}$$

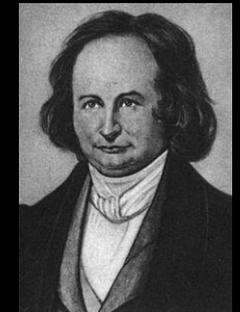
$$\frac{\partial H}{\partial p} = \dot{q}$$

$$\frac{\partial H}{\partial q} = -\dot{p}$$

Ecuaciones de Hamilton



W.R. Hamilton
1805-1865



K.G.J. Jacobi
1804-1861

Ecuación de Hamilton - Jacobi:

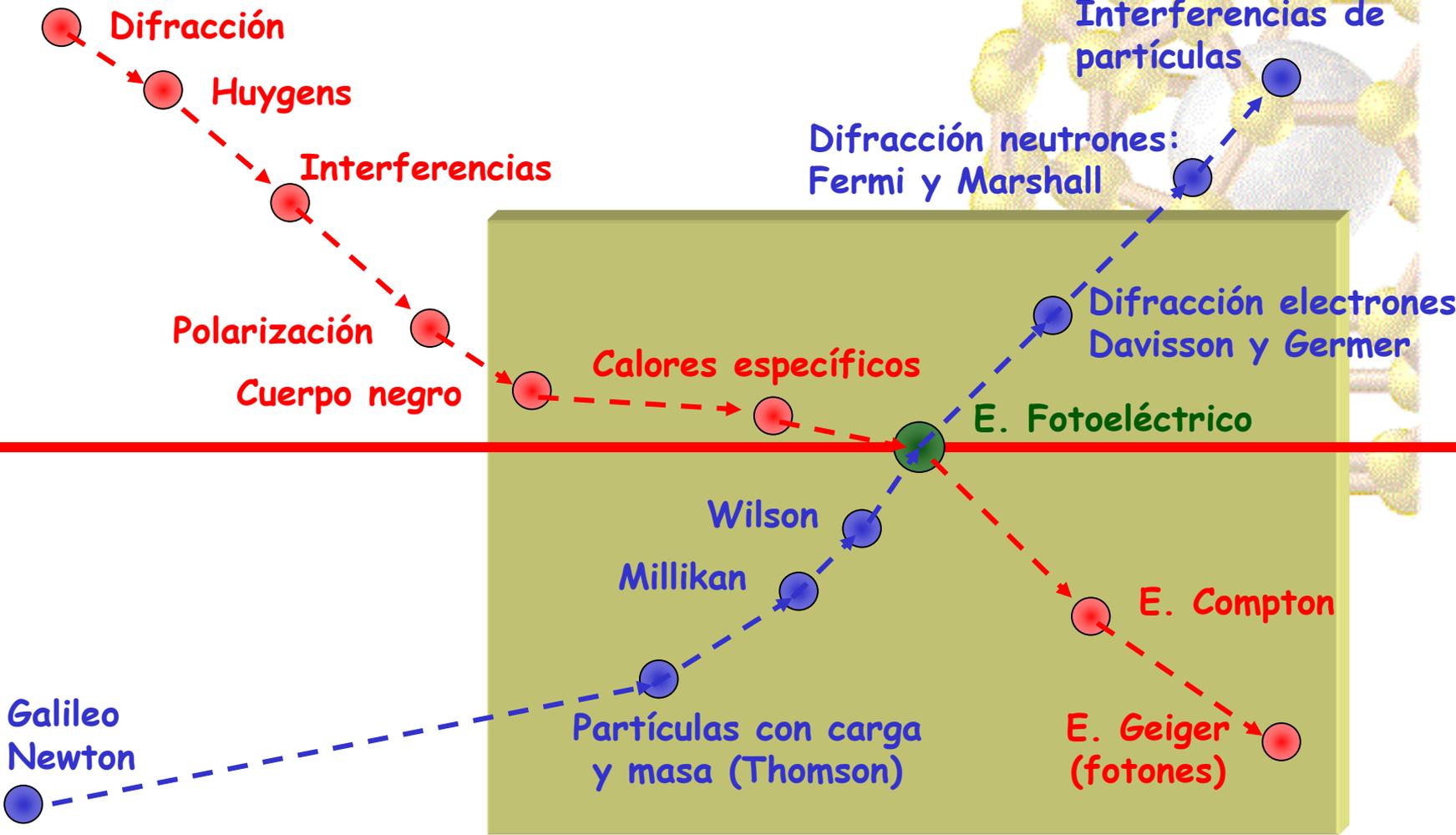
$$H = \boxed{H} \left(\begin{array}{c} \text{posición} \\ q_1, q_2, \dots, q_{3N}, \end{array} \begin{array}{c} \text{cantidad movimiento} \\ \frac{\partial S}{\partial q_1}, \frac{\partial S}{\partial q_2}, \dots, \frac{\partial S}{\partial q_{3N}}, \end{array} t \right) + \frac{\partial S}{\partial t} = \boxed{E}$$

Ondas y campos como sistemas físicos (Medios continuos)

Partículas como elementos últimos de la materia (Medios discretos)

Vía de la energía: Explicación del comportamiento de la radiación electromagnética (ondas y campos)

$$\frac{\partial^2 \Phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Phi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \Phi}{\partial z^2} = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \Phi}{\partial t^2}$$



Vía de la materia: Explicación del comportamiento de las partículas materiales

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial L}{\partial \dot{q}_k} - \frac{\partial L}{\partial q_k} = 0$$

1600 1700 1800 1820 1840 1860 1900 1910 1920 1930 1940

Energía

$$E = c^2 \cdot m$$

Materia

Corpuscular

$$E = h \cdot \nu$$

$$E = \hbar \cdot \omega$$

$$p = \hbar \cdot k$$



$$\lambda \cdot p = h$$



$$p = mv \quad E = T + V$$

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial L}{\partial \dot{q}_n} - \frac{\partial L}{\partial q_n} = 0$$

$$H(q_1, q_2, \dots; \frac{\partial S_0}{\partial q_1}, \frac{\partial S_0}{\partial q_2}, \dots) = E$$

Ondulatoria

$$c = \lambda \cdot \nu$$

$$\frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial z^2} = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \Psi}{\partial t^2}$$

Energía por unidad de volumen:

$$\mathcal{U} = \frac{1}{8\pi} (E^2 + B^2)$$

$$E = h \cdot \nu$$

$$E = \hbar \cdot \omega$$

$$p = \hbar \cdot k$$

Ecuación del movimiento:



Ecuación del movimiento para los cuantones

Partículas $\rightarrow H(q_1, q_2, \dots; \frac{\partial S_0}{\partial q_1}, \frac{\partial S_0}{\partial q_2}, \dots) = E \rightarrow$ Matrices var. dinámicas

$$p \equiv [p_{nm}]$$

$$q \equiv [q_{nm}]$$

$$\{p, q\} = \frac{\hbar}{i}$$

$$\frac{\partial^2 \Psi}{\partial q_1^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial q_2^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial q_3^2} = -\frac{\omega^2}{v^2} \Psi$$

Ondas estacionarias

$$\Psi \equiv \Psi(q_1 q_2 q_3)$$

$$\begin{cases} \frac{\partial \Psi}{\partial t} = i\omega \Psi \\ \frac{\partial^2 \Psi}{\partial t^2} = -\omega^2 \Psi \end{cases}$$

Condiciones cuánticas

$$E = \hbar \cdot \omega$$

$$p = \hbar \cdot k$$

$$\frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial z^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \Psi}{\partial t^2}$$

$$\Psi \equiv \Psi(q_1 q_2 q_3; t) \rightarrow \Psi = Ae^{i(k\vec{r} - \omega t)}$$

Ondas

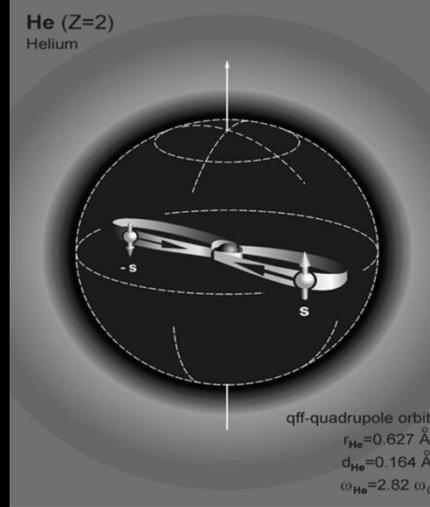
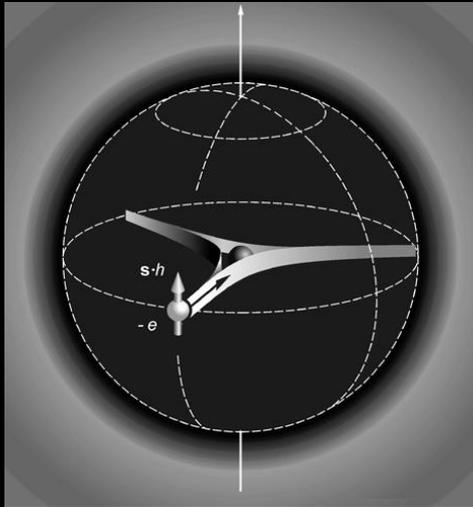
Ecuación de Schrödinger

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \left[\frac{\partial^2 \Psi}{\partial q_1^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial q_2^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial q_3^2} \right] + V\Psi = E\Psi$$

$$\Psi \equiv \Psi(q_1 q_2 q_3)$$

$$E = T + V$$

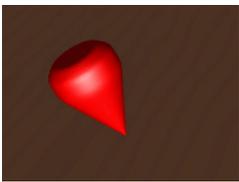
Microsistemas físicos



1887-1961

Ecuación de Schrödinger

Se introduce la constante de Planck en la Ecuación de Hamilton - Jacobi



ACCION → energía × tiempo

Determina la **curvatura** de Ψ en las tres direcciones espaciales:

$$\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$$

Constante de Planck

operador **Laplaciano**, describe cómo la función Ψ cambia su forma en el espacio

Unidad **imaginaria**: igual a la raíz cuadrada de -1

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 \Psi + V \Psi$$

$$= i\hbar \frac{\partial \Psi}{\partial t}$$

Masa de la partícula descrita

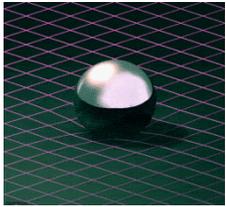
Describe la fuerza que actúa sobre la partícula

Describe como Ψ cambia su forma en el tiempo

Resistencia al movimiento

Determina las ligaduras de la partícula

Pendiente temporal (tasa de cambio)



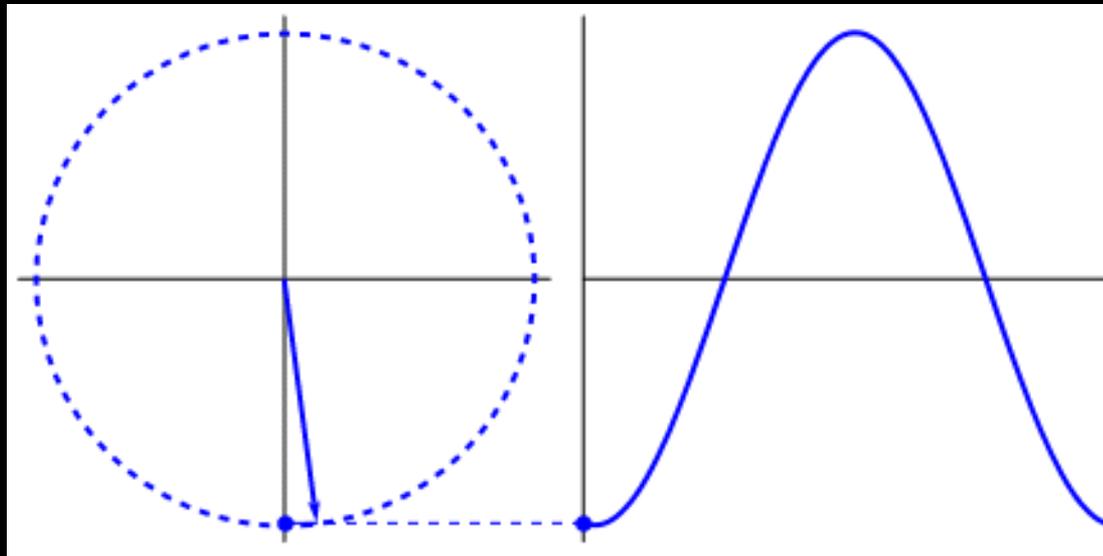
Ψ (espacio, tiempo)

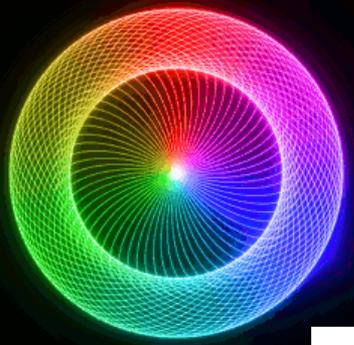
Constante
(Amplitud)

Ondulación

Pulsación

$$\Psi = A_0 \cdot e^{i(k\vec{r} - \omega t)}$$





h

Cuantones



1 ergio = 1×10^{-7} julios

1 ergio = 2.389×10^{-8} cal

1 ergio = 624,15 GeV = $6,2415 \times 10^{11}$ eV

1 ergio = 1 dyn cm = $1 \text{ g.cm}^2.\text{s}^{-2}$

6.62×10^{-27} erg·seg

0.000 000 000 000 000 000 000 000 000 006 627

Lenguaje inadecuado:

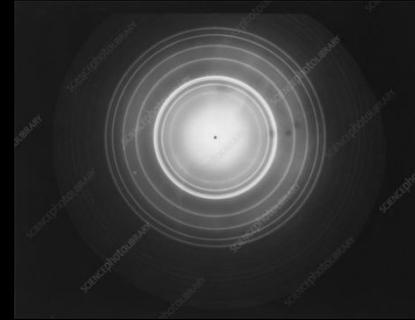
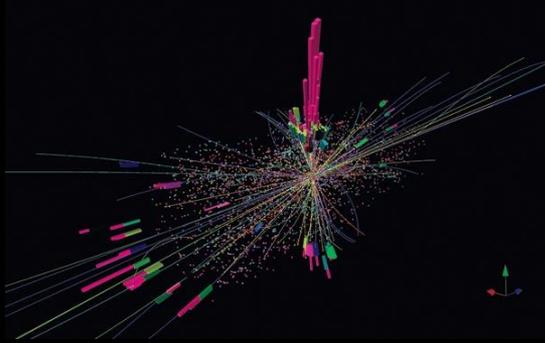
1. En el dominio cuántico (cambios en la *acción* $\sim \hbar$), las partículas “*llegan a ser ondas*” o las ondas “*se transforman en partículas*”.
2. Los objetos cuánticos tienen una esencia dual, a la vez *onda* y *corpúsculo*.

Lenguaje adecuado:

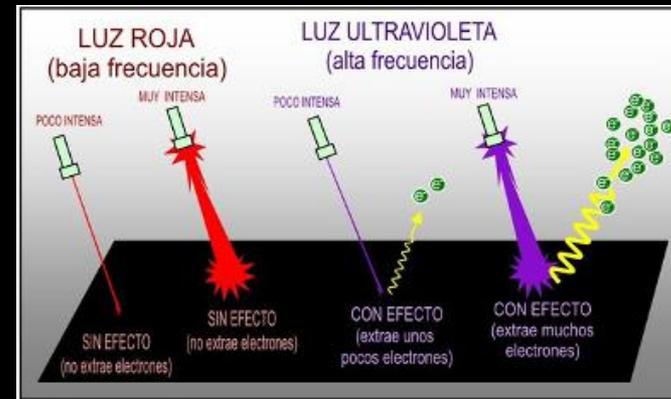
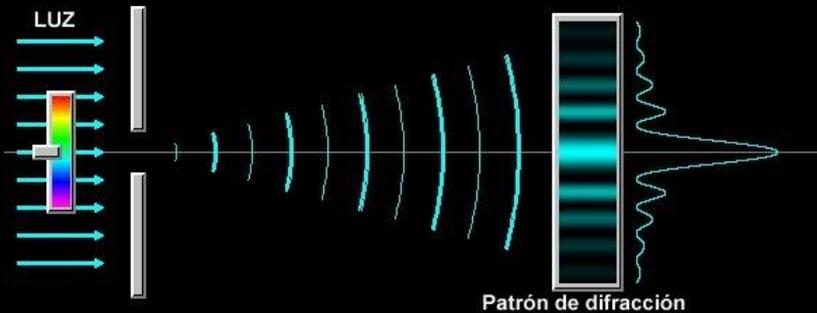
Existen *entidades*, con características muy concretas y diferenciadas, que son propiamente *cuánticas*: **cuantones**.

Desde el punto de vista de la teoría cuántica, no existe más que una clase de objetos, los **cuantones**:

Electrones: colisiones (**partículas**) y difracción (**ondas**)

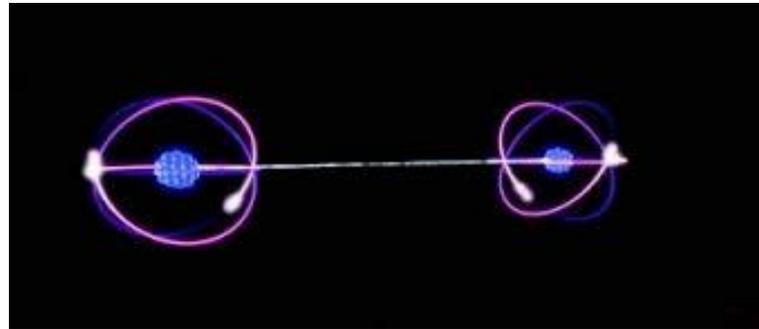


Luz: difracción (**ondas**) y efecto fotoeléctrico (**partículas** o fotones)



Estos **cuantones**, en ciertas condiciones (para valores de la **acción** característica muy superiores a \hbar) pueden presentar, unos y otros, los dos aspectos (complementarios), y ser aproximadamente descritos o bien como partículas o bien como ondas.

Principio de EXCLUSIÓN O ANTISIMETRÍA



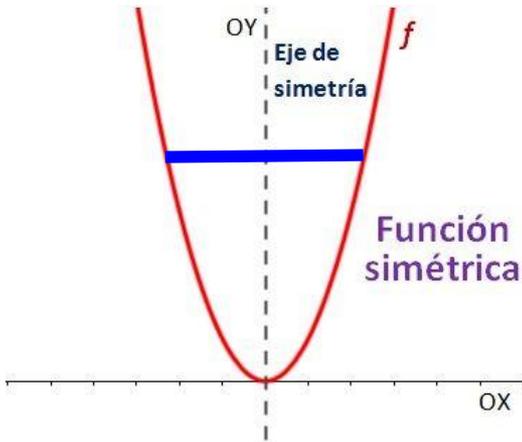
Un requisito **MATERIAL** (experimental) que condiciona la descripción **FORMAL** (teórica), *la cual conduce* a la **PARADOJA física** del **ENTRELAZAMIENTO**

Principio de exclusión o Antisimetría

Una función matemática es antisimétrica si satisface la propiedad de **cambiar de signo** cuando **se intercambian dos variables** (o elementos) en su dominio:

En otras palabras, si $f(x, y)$ es una función antisimétrica de dos variables, entonces

$$f(y, x) = -f(x, y)$$



Simétrica (par)

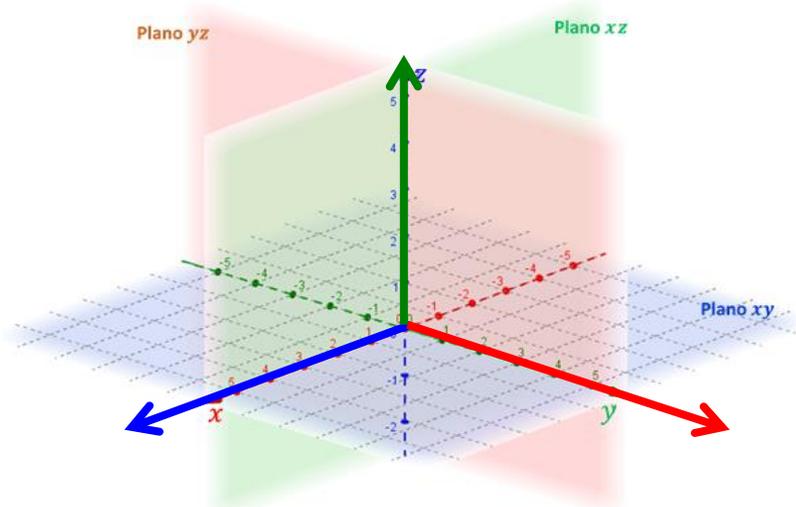
$$f(x) = f(-x)$$

$$f(x) = x^2 = f(-x)$$

Antisimétrica (impar)

$$f(x) = x^3$$

$$f(-x) = -x^3 = -f(x)$$



$$\begin{matrix} \vec{x} \\ \vec{y} \\ \vec{z} \end{matrix} \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix}$$

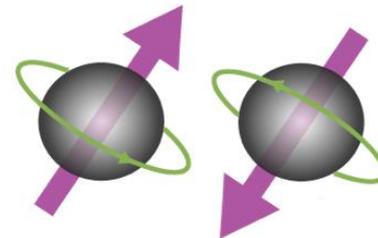
Principio de exclusión o Antisimetría

$$\begin{matrix} \vec{x} \\ \vec{y} \\ \vec{z} \end{matrix} \begin{vmatrix} a_{11} & 0 & 0 \\ 0 & a_{22} & 0 \\ 0 & 0 & a_{33} \end{vmatrix}$$

$$\Psi(\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2, \dots, \mathbf{x}_N) = \frac{1}{\sqrt{N!}} \begin{vmatrix} \chi_1(\mathbf{x}_1) & \chi_1(\mathbf{x}_2) & \cdots & \chi_1(\mathbf{x}_N) \\ \chi_2(\mathbf{x}_1) & \chi_2(\mathbf{x}_2) & \cdots & \chi_2(\mathbf{x}_N) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \chi_N(\mathbf{x}_1) & \chi_N(\mathbf{x}_2) & \cdots & \chi_N(\mathbf{x}_N) \end{vmatrix}.$$

Cuando se **intercambian dos columnas** (vectores) el **determinante** (la función) **cambia de signo** y **cuando dos columnas** (vectores) **son iguales** (idéticos) **la función se anula**.

Está **prohibido** que **dos** partículas **con masa** tengan las mismas coordenadas espacio-temporales, pues la función se hace **cero**: se encuentran **correlacionadas**



La propia función introduce el entrelazamiento: ¡se presienten! ¿?

Principio de exclusión o Antisimetría

Es un Principio necesario que impide que **dos partículas másicas idénticas** se interpenetren; es decir que dos partículas idénticas coincidan en un punto del espacio-tiempo. **Si así ocurriera ambas dejarían de existir.**

Este hecho suele expresarse diciendo que las dos partículas se encuentran **correlacionadas en el espacio y el tiempo.**

Como consecuencia de ello, y sin que ninguna fuerza actúe sobre las partículas, **nada impedirá que las dos partículas sigan correlacionadas a cualquier valor que, para cada una de ellas, tomen las variables espacio-temporales.**

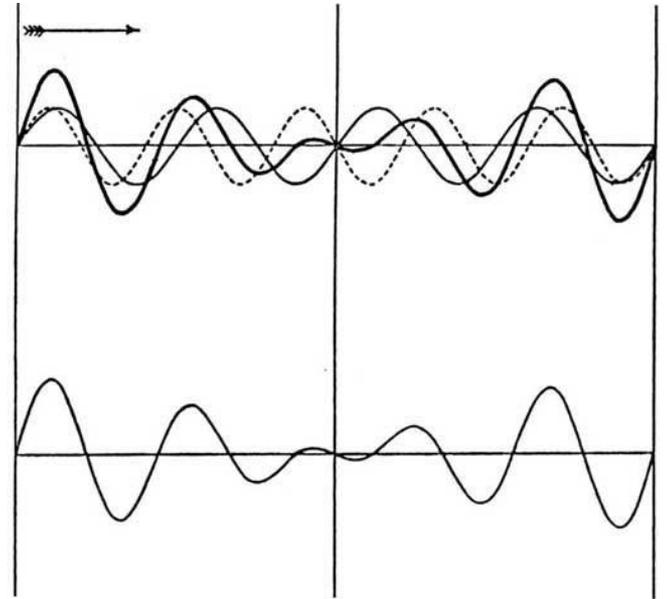
La función de onda que las describe permanecerá siendo **antisimétrica** sea cual sea su distancia espacio-temporal.

Las dos partículas estarán entrelazadas, y cualquier cambio o medición realizada en una de ellas instantáneamente afectará al estado y a las propiedades medibles de la otra, sin importar qué tan lejos se encuentren.

No hay que perder de vista que, según lo anterior, **el entrelazamiento es un fenómeno imaginario, con fundamentación exclusivamente teórica, que no necesariamente tiene un reflejo en la realidad física.**

Principio de **SUPERPOSICIÓN**

$$\left\{ \begin{array}{l} \Psi_1 \rightarrow E_1 \\ \Psi_2 \rightarrow E_2 \\ \Psi_3 \rightarrow E_3 \\ \dots \end{array} \right. \quad \Phi = \sum_i^n C_i \Psi_i$$



El **ESTADO** Φ (físico) en el que se encuentra un **sistema cuántico** es una **combinación lineal** de todos los posibles estados (teóricos) Ψ_i que pudieran construirse para describirlo (infinitos).

EL EXPERIMENTO DE LA DOBLE RENDIJA CON ELECTRONES

(*Tomomura y col., 1989*)

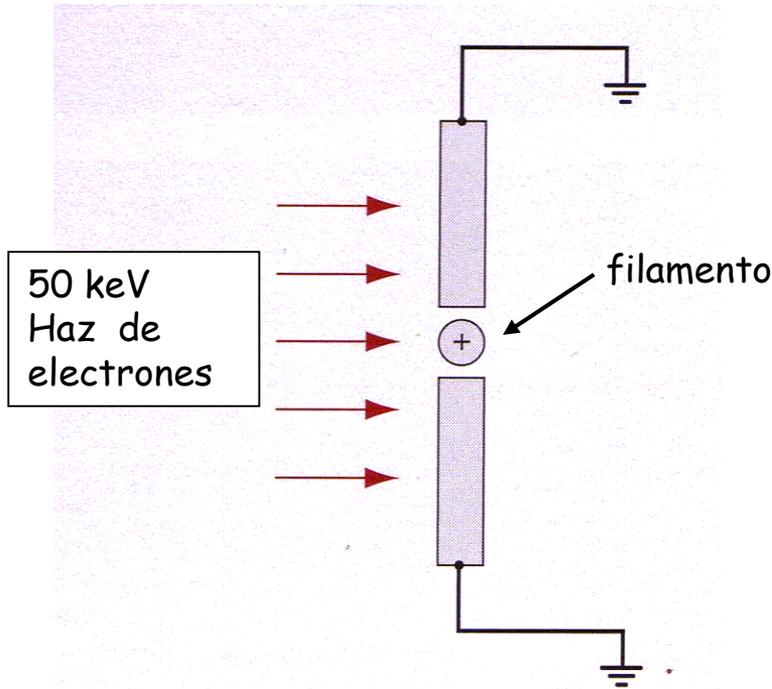
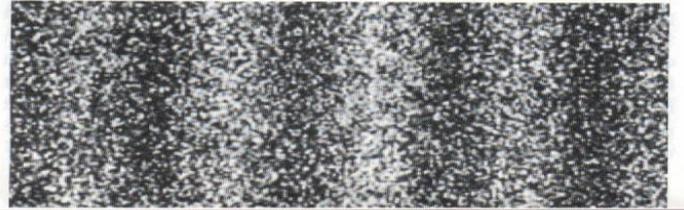
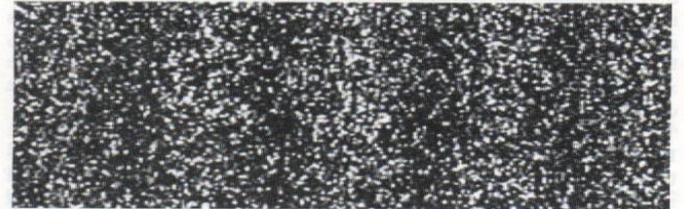
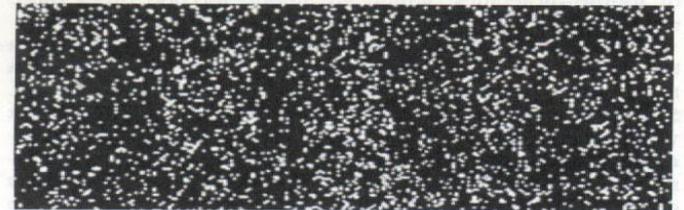
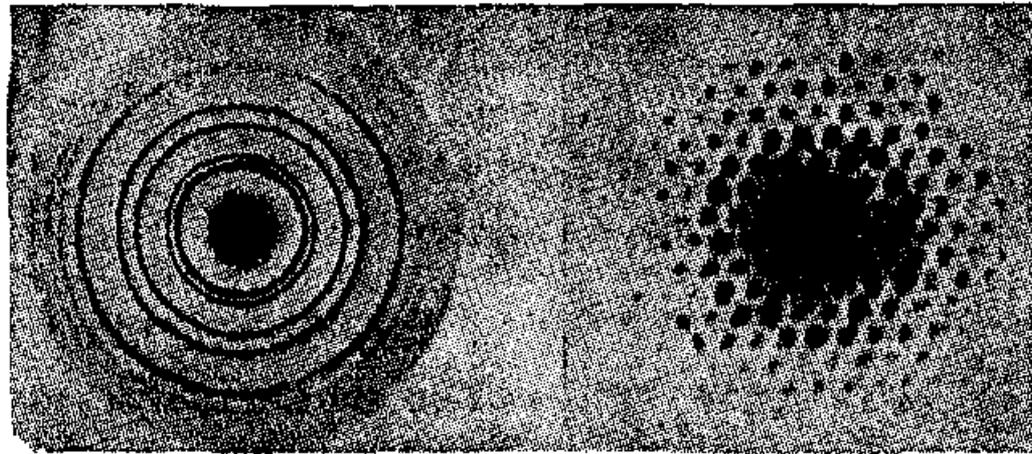


FIGURE 39-8 The buildup of an interference pattern by a beam of electrons in a two-slit interference experiment like that of Fig. 39-6. Matter waves, like light waves, are *probability waves*. From top to bottom the approximate numbers of electrons involved are 7, 100, 3000, 20,000, and 70,000.



Nota: Los electrones llegan a la pantalla uno a uno, de forma aparentemente aleatoria, pero después de que han impactado muchos, aparece un patrón de interferencias

La "onda" asociada con el electrón hace referencia a la probabilidad de que éste incida en cada una de las posiciones accesibles de la pantalla....

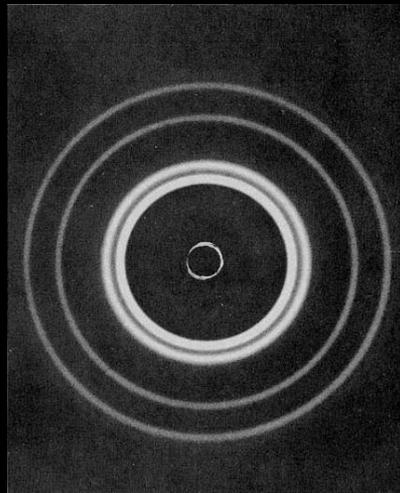


a)

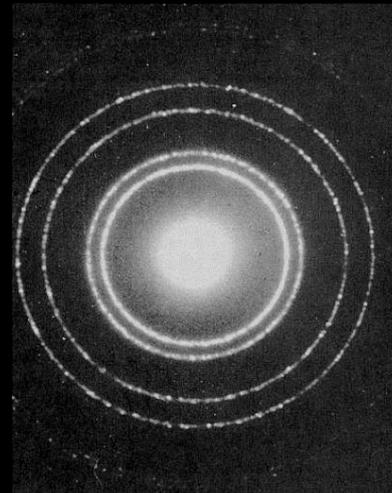
b)

a) **Electrones** de 36000 eV difractados por una lámina de **plata**

b) **Electrones** de 68000 eV difractados por una lámina de **mica**



Difracción de Rayos X



Difracción de Electrones

$$\Psi \equiv \Psi(x, y, z, t; n, l, m)$$

(x, y, z) : coordenadas **espaciales** (positivas y negativas)

(t) : coordenada **temporal** (solo positiva)

(n, l, m) : números **cuánticos** (uno por cada coordenada espacial)

$$n = 0, 1, 2, \dots \infty$$

l, m = valores acotados o no

$$\Psi \equiv N \times \Psi_{n,l,m}(x, y, z) \times e^{-\frac{iEt}{\hbar}}$$

Todas las infinitas soluciones de la **ecuación de Schrödinger** pueden representar al sistema físico estudiado, unas con mayor significación que otras.

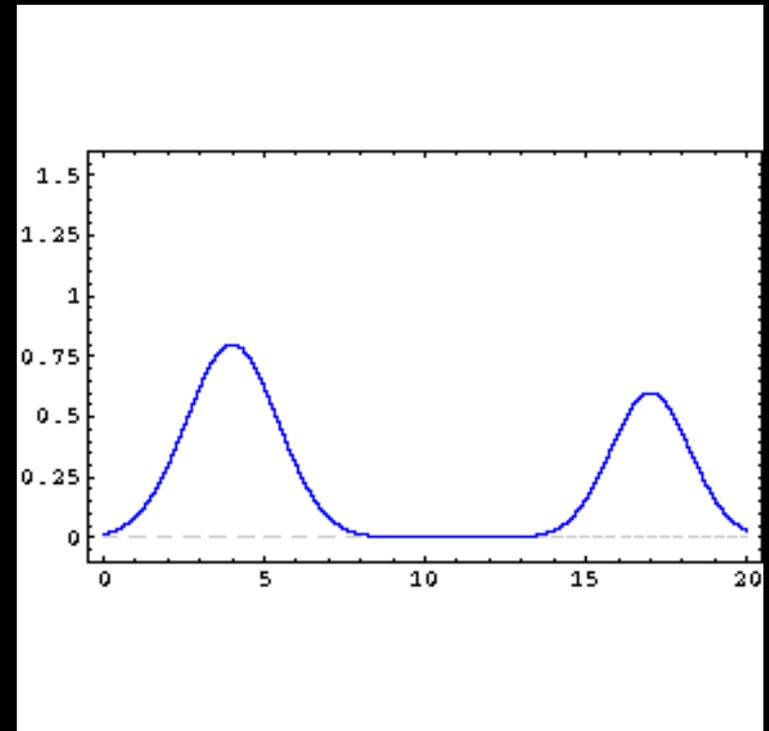
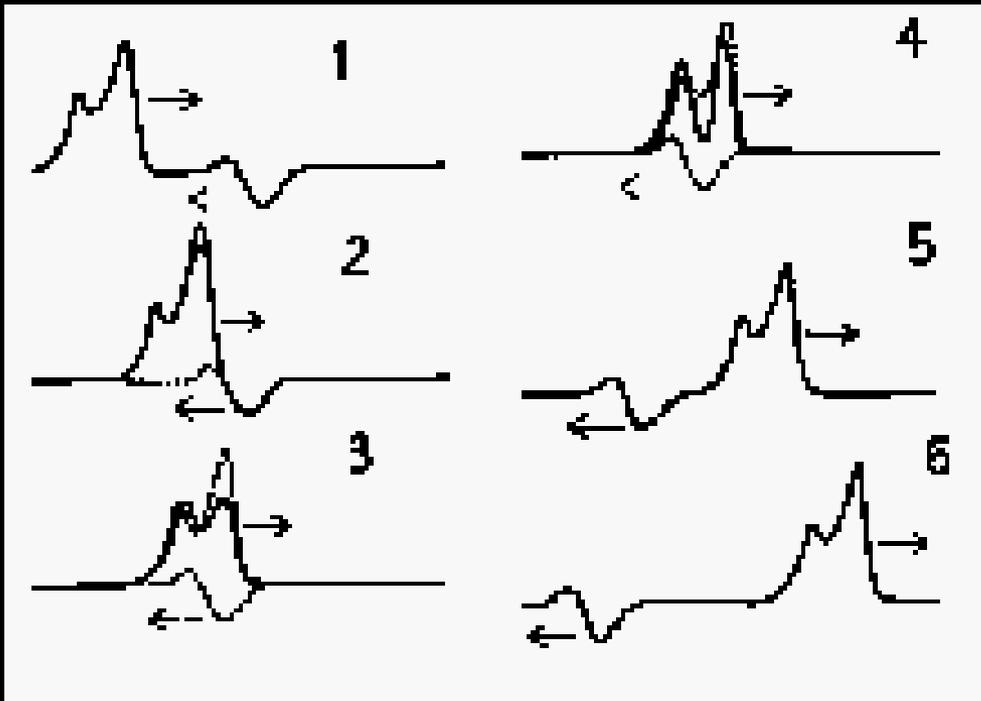
En la realidad, la función que dará cuenta completa del sistema será una función construida con todas ellas, en forma de **combinación lineal**:

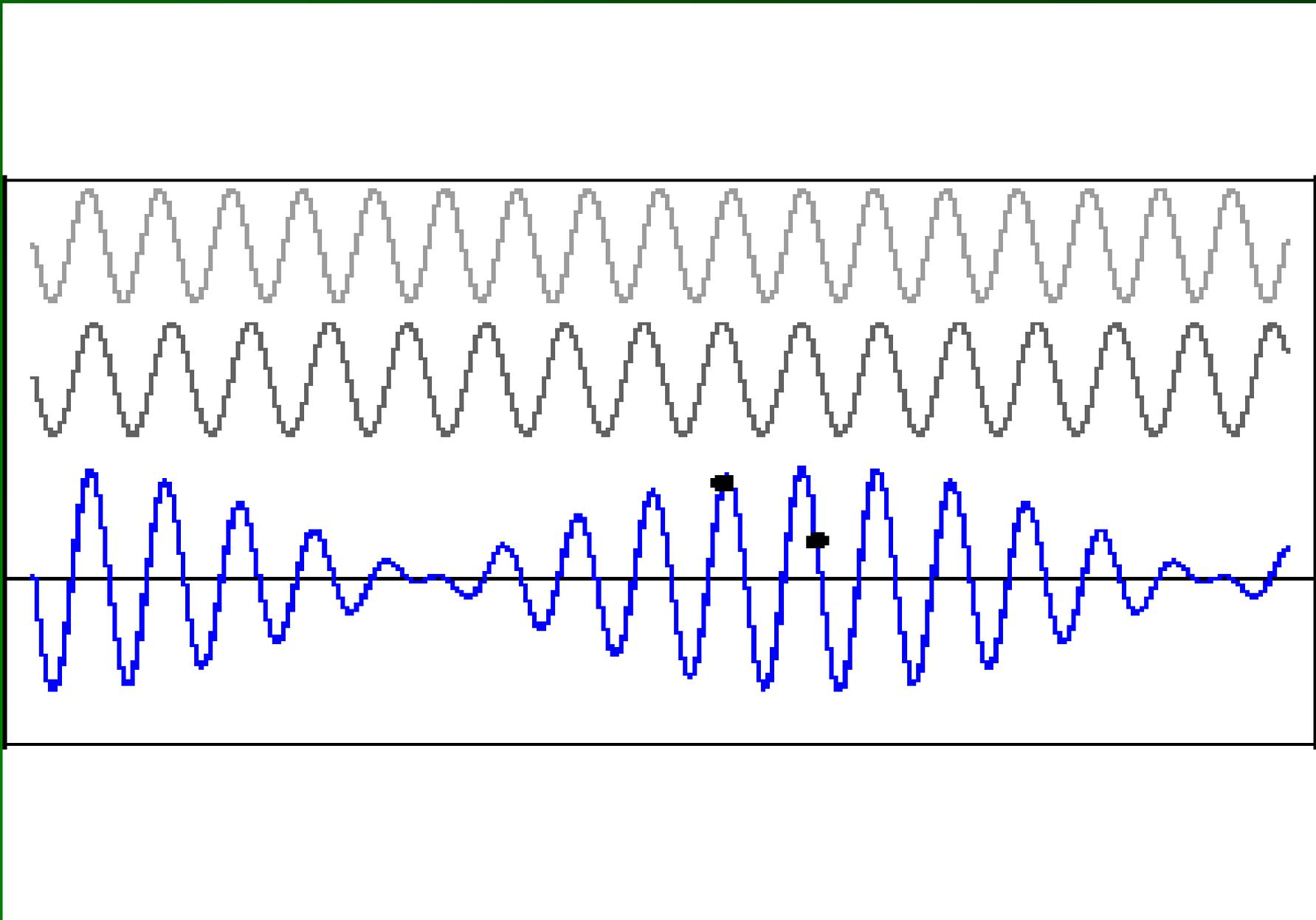
$$\Psi \equiv \sum_{n,l,m}^{\infty} c_{n,l,m} \Psi_{n,l,m} (x, y, z, t)$$

Principio de Superposicion de estados:

Una onda estacionaria con forma arbitraria puede construirse (generarse) mediante una **combinacion lineal** de **modos normales** (ondas estacionarias linealmente independientes).

$$\Psi(\vec{r}, t) = c_1 \Psi_1(\vec{r}, t) + c_2 \Psi_2(\vec{r}, t) + \dots = \sum_k c_k \Psi_k(\vec{r}, t)$$





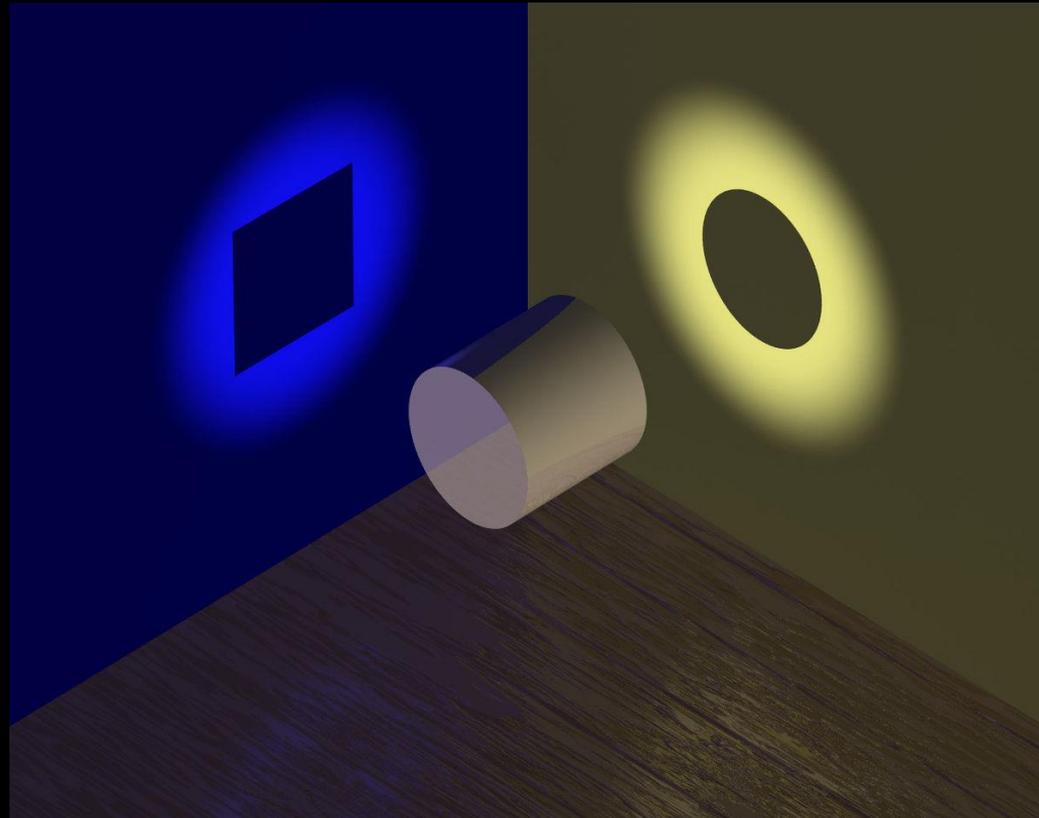
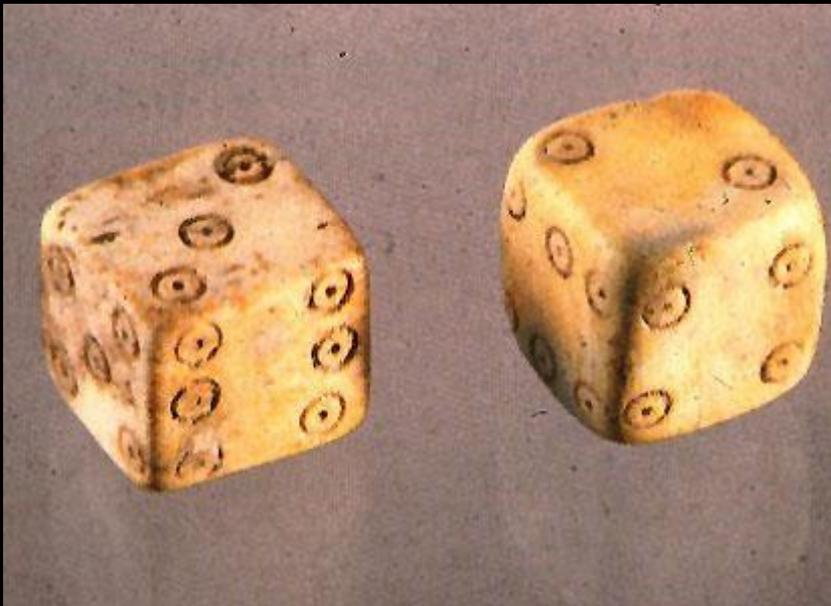
Principio de **COMPLEMENTARIEDAD**

Onda y partícula son aspectos ***complementarios***, aunque incompatibles, de ***la misma cosa*** y de la ***misma situación real***.

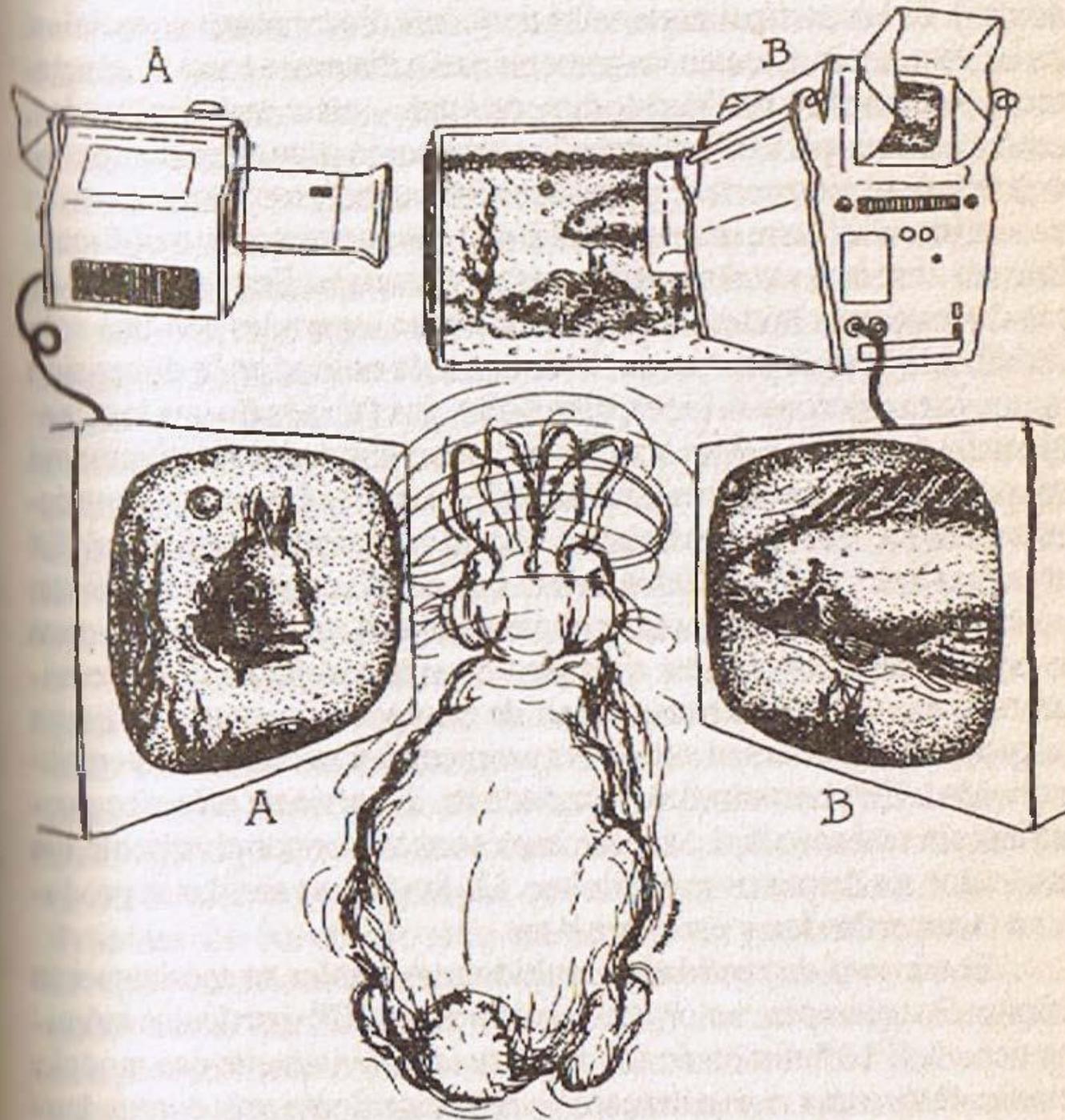
Según el modo de observación, un sistema cuántico aparecerá como onda o como partícula.

Para describirlo completamente ***es necesario considerar ambos aspectos***.

Las diferencias de comportamiento entre **objetos clásicos** y **objetos cuánticos** deben reflejarse necesariamente en los **conceptos que los describen**.



Complementariedad



La verdadera revolución introducida por la

Mecánica Cuántica,

aparece al vincular ambos aspectos (el ondulatorio y el corpuscular) por medio de la constante \hbar .

0.000 000 000 000 000 000 000 000 000 001 054

Ergios · segundo

Si tenemos en cuenta el *contenido dimensional* de \hbar podemos darle forma a las tres relaciones más **fundamentales** de la Mecánica Cuántica.

Partícula

Onda



$$\omega = 2\pi\nu = \frac{2\pi}{\tau}$$

Pulsación (t)

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}$$

Ondulación (x)

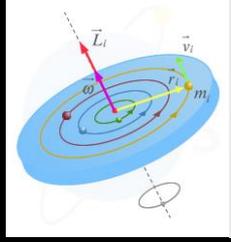
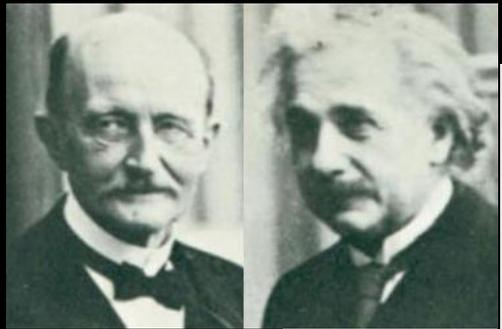
$m = \text{entero}$

Número Onda ($\pm m$)

$$E = \hbar \omega$$

$$p = \hbar k$$

$$J_z = \hbar m$$



$h=0.000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 006\ 627$ Ergios · segundo

En los tres casos, la constante \hbar **establece una ligadura entre un concepto clásico corpuscular** (energía, cantidad de movimiento, momento angular) **y un concepto clásico de tipo ondulatorio** (pulsación, ondulación, número de onda angular). Si \hbar se hace igual a 0 desaparece tal vinculación y, por consiguiente, el doble comportamiento de los cuantones.

Principio de **INDETERMINACIÓN**

En mecánica cuántica, la relación de indeterminación de Heisenberg o ***principio de indeterminación*** establece la *imposibilidad de que determinados pares de magnitudes físicas observables y complementarias sean conocidas con precisión arbitraria*

Principio de Indeterminación

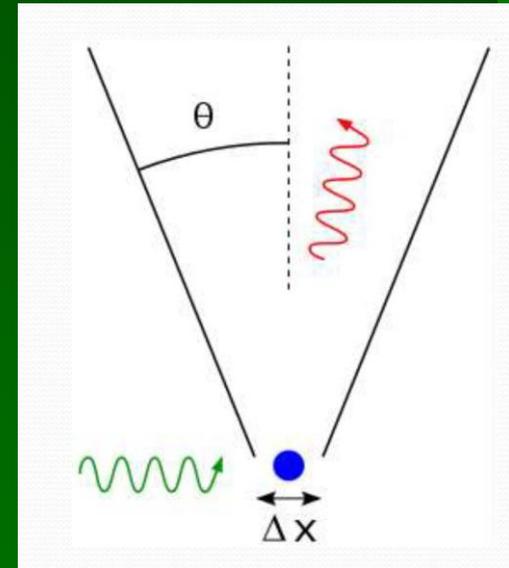
Al revés que en el mundo macroscópico, a nivel cuántico, magnitudes como **velocidad** y **posición** no son independientes o no son las adecuadas para describir los entes cuánticos. Se cumple la relación de Heisenberg:

$$\Delta x \cdot \Delta p \geq \frac{\hbar}{2}$$

El microscopio de Heisenberg: **Medir es perturbar**

Para poder “ver” al electrón, inicialmente en reposo, tenemos que enviarle un fotón luminoso que “rebote” sobre dicho electrón. Al recibir al fotón rebotado en un detector, en la lente de un microscopio, sabiendo de dónde vino el fotón podemos determinar la posición inicial del electrón.

Pero, al enviarle al electrón un fotón que posee un momento $p=h/\lambda$, al chocar el fotón con el electrón habrá una transferencia de momento que pondrá en movimiento al electrón que estaba en reposo, y ahora **su posición** se vuelve incierta.



$$\Delta\chi\Delta\rho \geq \frac{\hbar}{2}$$

$$\Delta x\Delta p \geq \frac{\hbar}{2}$$

$$\Delta E \cdot \Delta t \geq \frac{\hbar}{2\pi}$$

Para finalizar, algunas cuestiones interesantes;

¿*Cómo es que las partículas fundamentales se mueven discontinuamente de un punto a otro sin pasar por el espacio intermedio?*

¿*Cómo poseen el **momento angular** de $\frac{1}{2}\hbar$ cuando son virtualmente puntos?*

¿*Cuánta de la energía de un electrón está almacenada en su **campo electromagnético**?*

¿*Cómo exhibe las propiedades tanto de las **ondas** como de las **partículas**?*

¿*Está una partícula fundamental hecha de algún **bloque de construcción** aún más fundamental?*

Cuando se **supone** que las partículas fundamentales están hechas de **espacio-tiempo**, entonces estas propiedades **contra-intuitivas** pueden **explicarse** mejor.

Así, se vuelven *conceptualmente comprensibles* y *matemáticamente cuantificables*. Además, tal modelo da *predicciones* correctas sobre la *gravedad* y los *campos eléctricos*.

Para la mayoría de los científicos, esta suposición inicial de que *el universo es sólo el espacio-tiempo* parecerá inicialmente imposible.

¿*Cómo pueden obtenerse la materia, la luz, las galaxias y las fuerzas de la naturaleza a partir de lo que parece ser el vacío del espacio-tiempo?*

El modelo de MC del espacio-tiempo propuesto hoy *está lejos de ser un vacío sin características*.

Además de tener propiedades bien conocidas como la *velocidad de la luz* y una *constante gravitatoria*, también tiene una *impedancia* y un *módulo de masa*.

Lo más importante es que la versión de la MC del espacio tiempo está llena de actividad. La *energía en el cero absoluto* (-273,15 K) implica que *el vacío tiene una gran densidad de energía (masa)*.

FIN