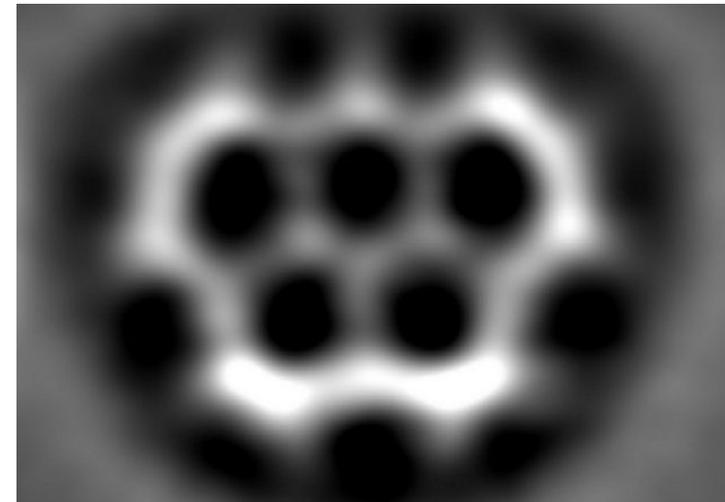
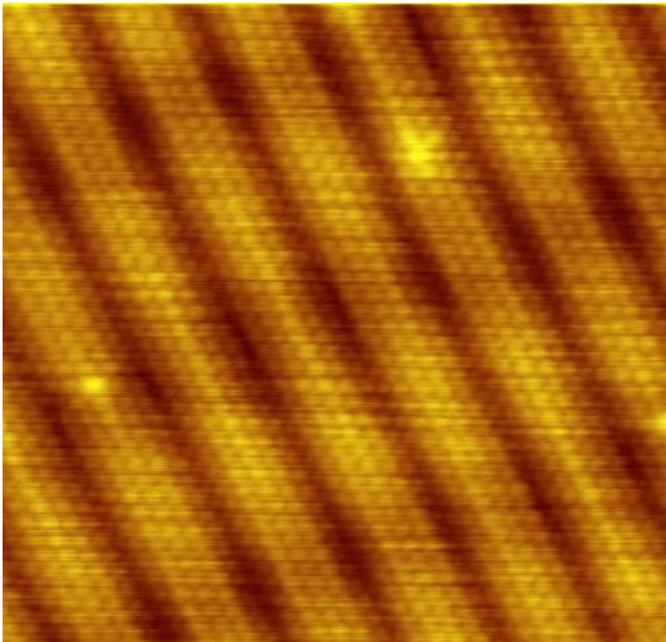


El átomo

Rafael Molina Fernández
Científico Titular

Instituto de Estructura de la Materia
Consejo Superior de Investigaciones Científicas



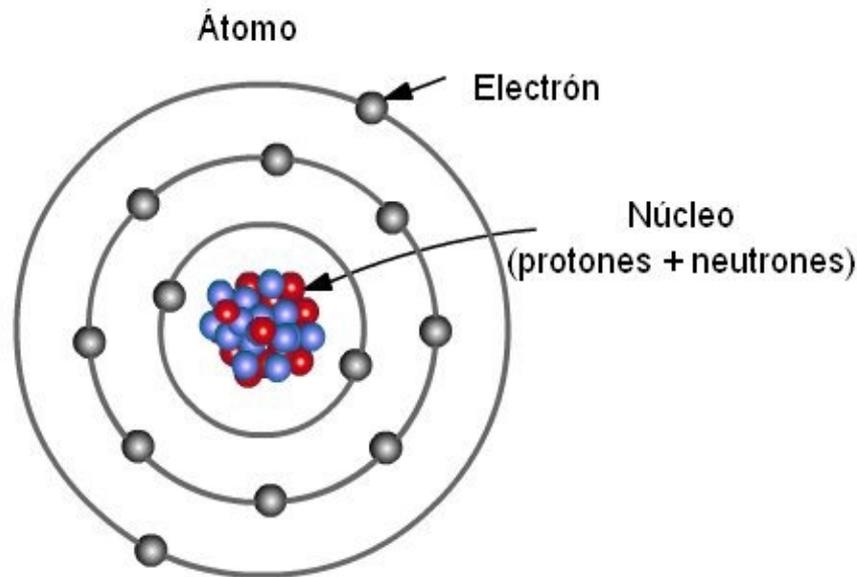
¿Qué es un átomo?

- Cantidad mínima de un elemento químico que mantiene sus propiedades.
- Está compuesto de un núcleo con protones y neutrones y de electrones orbitales en un número característico para cada elemento.
- Los protones tienen carga eléctrica positiva y los electrones tienen carga eléctrica negativa. Su atracción mantiene ligado al átomo.

¿Qué es un átomo?

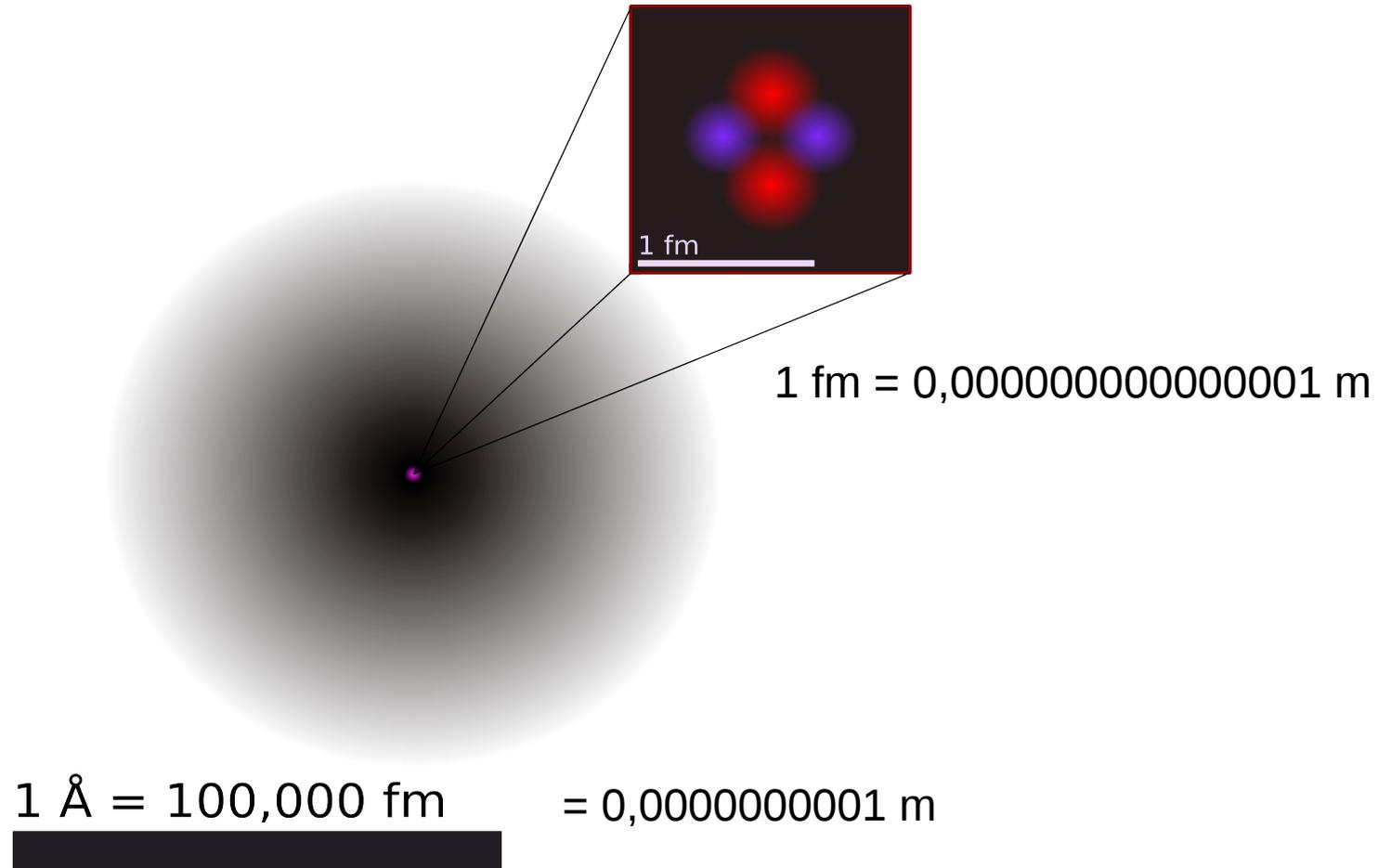
- Cantidad mínima de un elemento químico que mantiene sus propiedades.
- Está compuesto de un núcleo con protones y neutrones y de electrones orbitales en un número característico para cada elemento.
- Los protones tienen carga eléctrica positiva y los electrones tienen carga eléctrica negativa. Su atracción mantiene ligado al átomo.

Mg

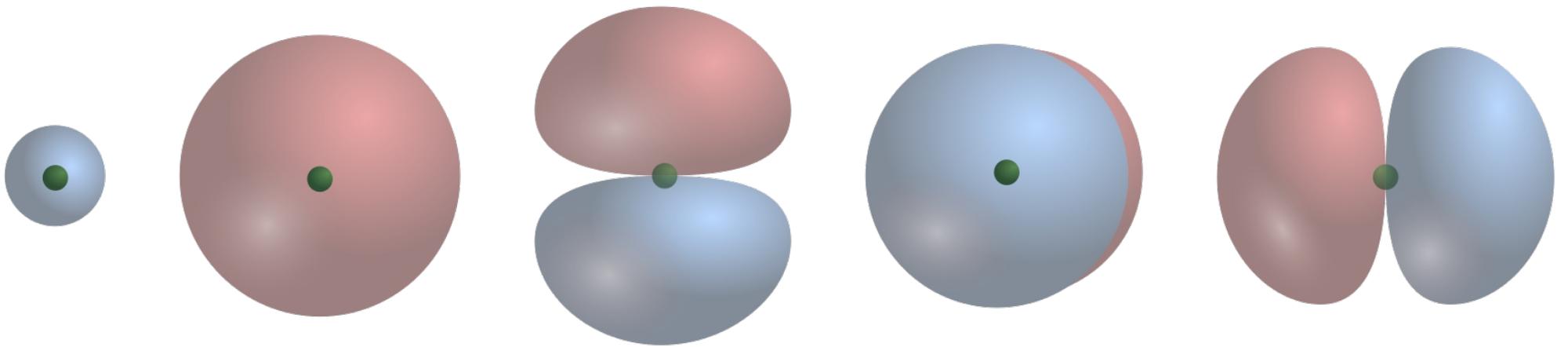


Tamaño del átomo

He



Orbitales electrónicos



1s

2s

$2p_x$

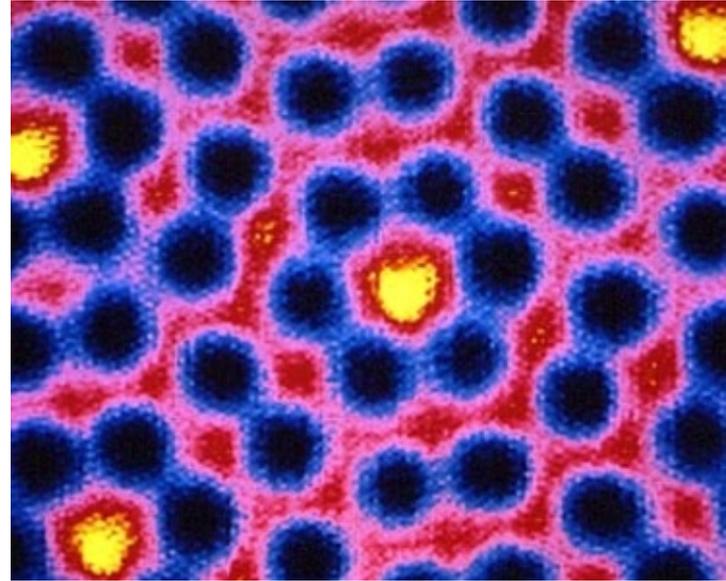
$2p_y$

$2p_z$

¿Por qué sabemos que existen los
átomos?

¿Por qué sabemos que existen los átomos?

Porque los hemos visto.



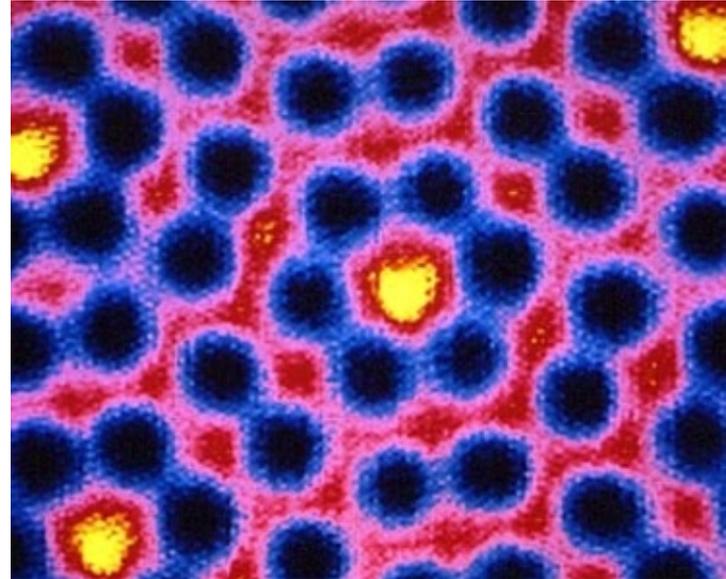
IBM

¿Por qué sabemos que existen los átomos?

Porque los hemos visto.



NASA



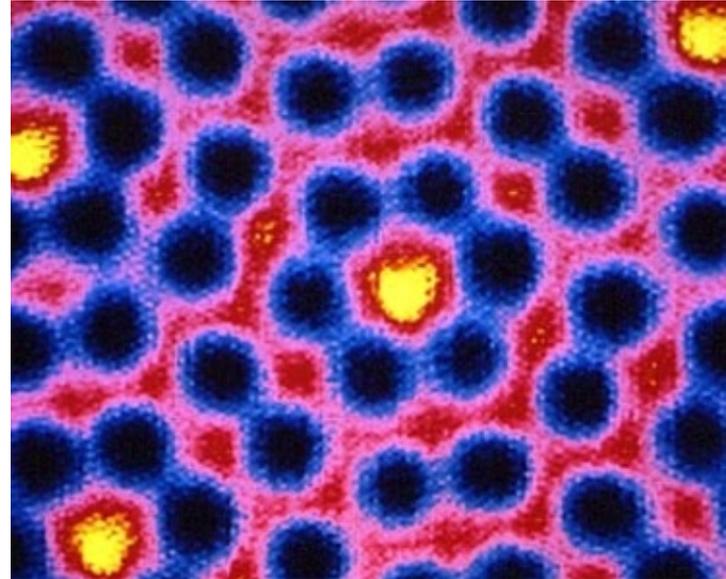
IBM

¿Por qué sabemos que existen los átomos?

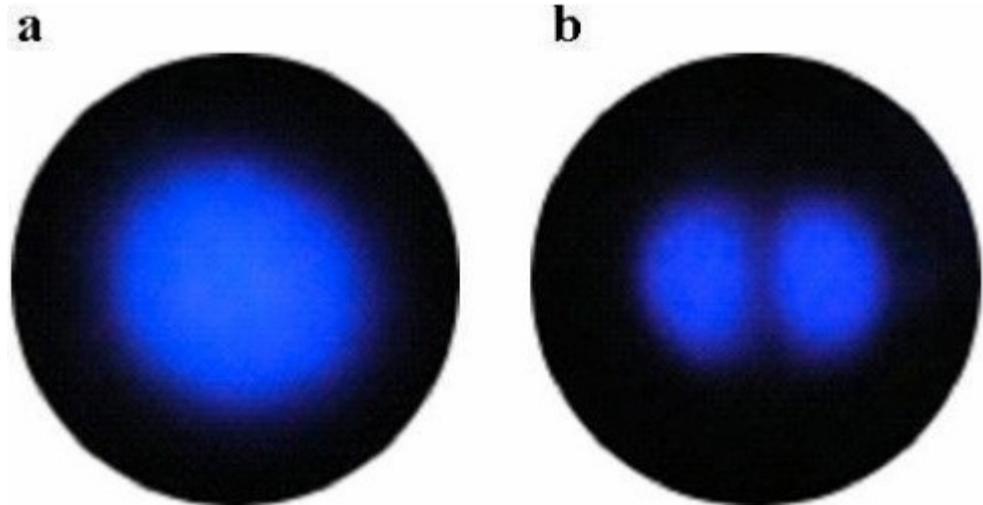
Porque los hemos visto.



NASA

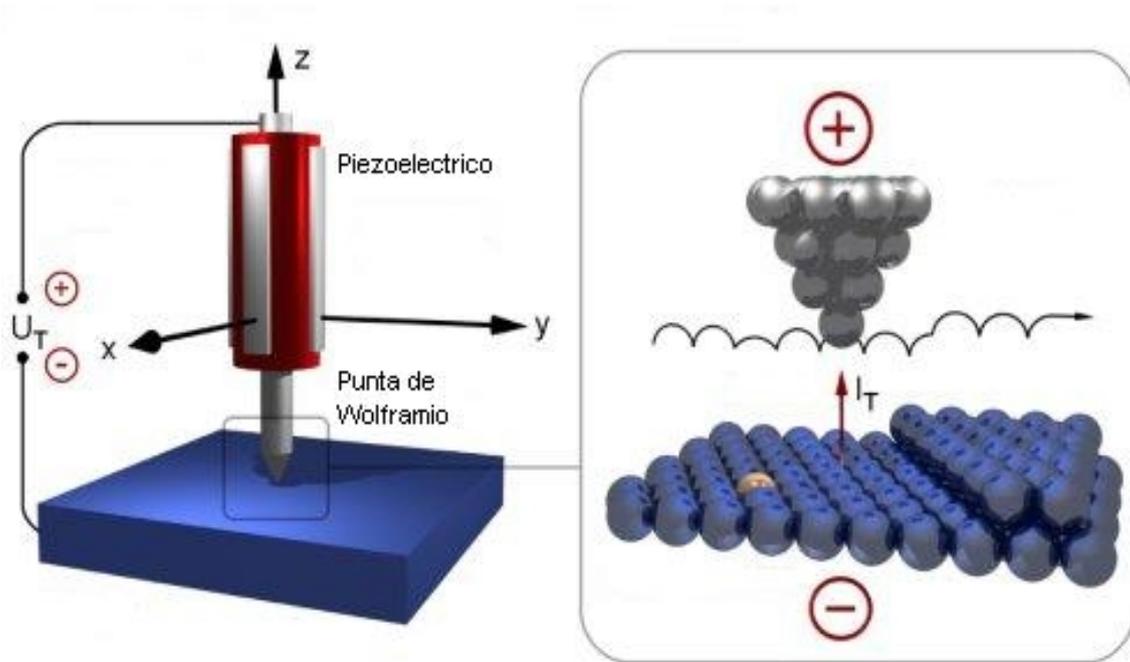


IBM



Mikhailovskij et al. PRB 2009,

Microscopio de efecto túnel

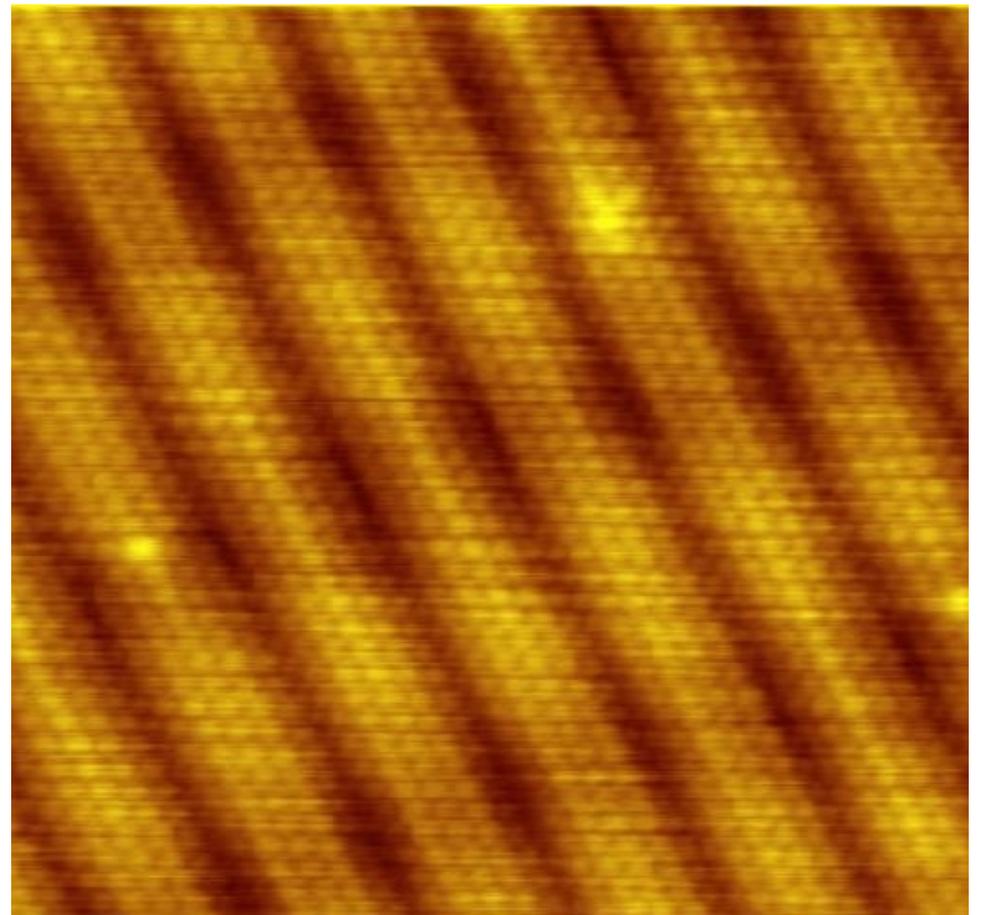
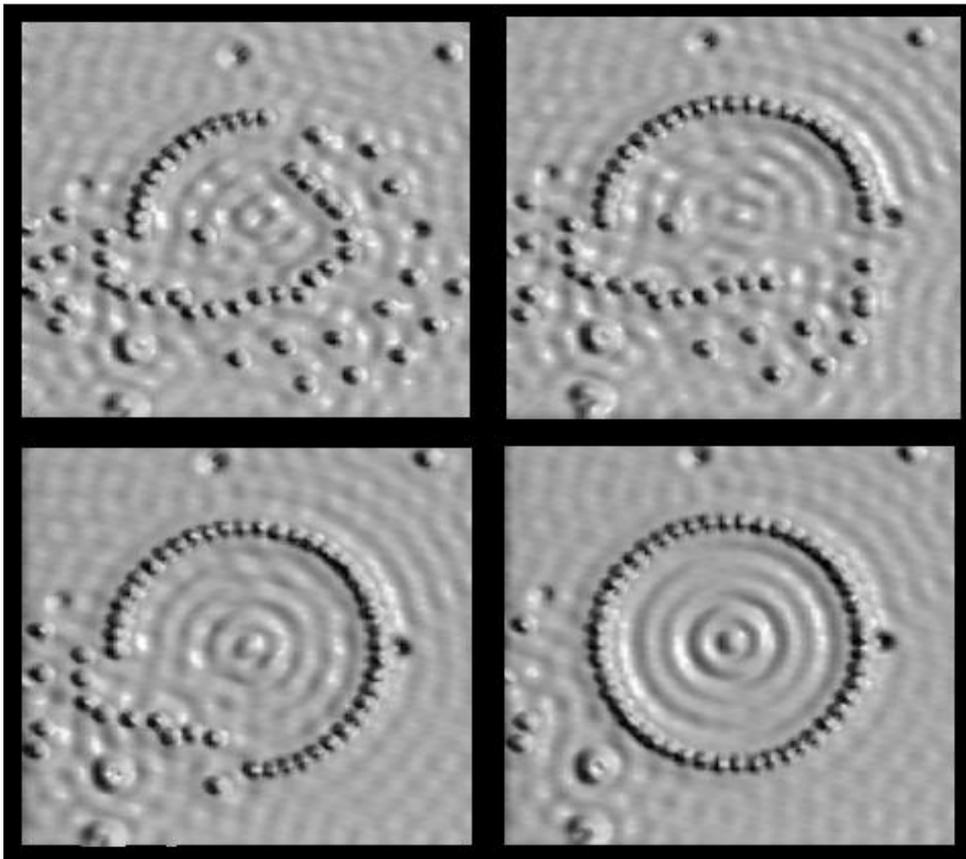


Esquema básico de un microscopio de efecto túnel



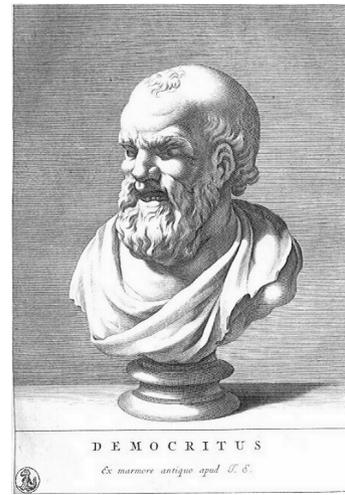
Binnig y Rohrer (1981)
Premio Nobel de Física en 1986

Instituto de Química-Física Rocasolano



Atomismo filosófico

- Filósofos griegos: **Leucipo, Demócrito**
- Atomismo hindú (paramāṇu): **Carvaka, Ajivika, Vaisheshika.**



- El universo está constituido por pequeñas partículas indivisibles denominadas átomos.
- Las propiedades de las sustancias dependen del número y las interacciones entre los átomos que las componen.

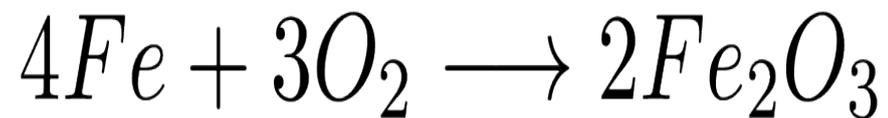
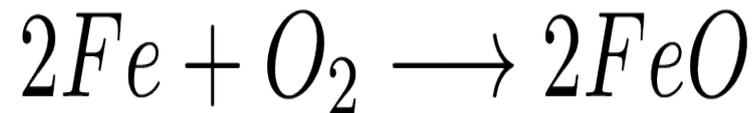
Atomismo científico: química

- Ley de **Lavoisier**: conservación de la masa (1785).
- Ley de **Proust**: proporciones definidas (1804).
- Ley de **Dalton**: proporciones múltiples (1808).

Atomismo científico: química

- Ley de **Lavoisier**: conservación de la masa (1785).
- Ley de **Proust**: proporciones definidas (1804).
- Ley de **Dalton**: proporciones múltiples (1808).

Reacción química



Teoría atómica de Dalton (1805)



Tabla Periódica de los Elementos

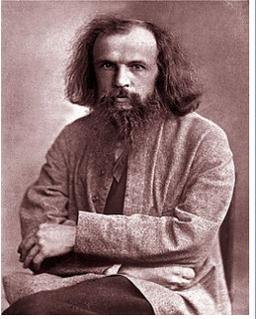
1 IA 1 H Hidrógeno 1.00794	2 IIA 4 Be Berilio 9.012182											13 IIIA 5 B Boro 10.811	14 IVA 6 C Carbono 12.0107	15 VA 7 N Nitrógeno 14.00674	16 VIA 8 O Oxígeno 15.9994	17 VIIA 9 F Flúor 18.9984032	18 VIIIA 2 He Helio 4.002602																		
3 Li Litio 6.941	11 Na Sodio 22.989770	12 Mg Magnesio 24.3050	19 K Potasio 39.0983	20 Ca Calcio 40.078	21 Sc Escandio 44.955910	22 Ti Titanio 47.867	23 V Vanadio 50.9415	24 Cr Cromo 51.9961	25 Mn Manganeso 54.938049	26 Fe Hierro 55.8457	27 Co Cobalto 58.933200	28 Ni Níquel 58.6934	29 Cu Cobre 63.546	30 Zn Zinc 65.409	31 Ga Galio 69.723	32 Ge Germanio 72.64	33 As Arsénico 74.92160	34 Se Selenio 78.96	35 Br Bromo 79.904	36 Kr Kriptón 83.798															
37 Rb Rubidio 85.4678	38 Sr Estroncio 87.62	39 Y Itrio 88.90585	40 Zr Circonio 91.224	41 Nb Niobio 92.90638	42 Mo Molibdeno 95.94	43 Tc Tecnecio (98)	44 Ru Rutenio 101.07	45 Rh Rodio 102.90550	46 Pd Paladio 106.42	47 Ag Plata 107.8682	48 Cd Cadmio 112.411	49 In Indio 114.818	50 Sn Estaño 118.710	51 Sb Antimonio 121.760	52 Te Teluro 127.60	53 I Yodo 126.90447	54 Xe Xenón 131.293	55 Ba Bario 137.327	56 Ra Radio (226)	57 to 71 Lantánidos	72 Hf Hafnio 178.49	73 Ta Tántalo 180.9479	74 W Wolframio 183.84	75 Re Renio 186.207	76 Os Osmio 190.23	77 Ir Iridio 192.217	78 Pt Platino 195.078	79 Au Oro 196.96655	80 Hg Mercurio 200.59	81 Tl Talio 204.3833	82 Pb Plomo 207.2	83 Bi Bismuto 208.98038	84 Po Polonio (209)	85 At Astatido (210)	86 Rn Radón (222)
87 Fr Francio (223)	88 Ra Radio (226)	89 to 103 Actínidos	104 Rf Rutherfordio (261)	105 Db Dubnio (262)	106 Sg Seaborgio (266)	107 Bh Bohrio (264)	108 Hs Hassio (269)	109 Mt Meitnerio (268)	110 Ds Darmstadtio (271)	111 Rg Roentgenio (272)	112 Uub Ununbio (285)	113 Uut Ununtrio (284)	114 Uuq Ununquadio (289)	115 Uup Ununpentio (288)	116 Uuh Ununhexio (292)	117 Uus Ununseptio	118 Uuo Ununoctio																		

- Alcalinos
- Alcalinotérreos
- Metales de transición
- Lantánidos
- Actínidos
- Metales del bloque p
- No metales
- Gases nobles
- C** Solid
- Br** Liquid
- H** Gas
- Tc** Synthetic

Atomic masses in parentheses are those of the most stable or common isotope.

Design Copyright © 1997 Michael Davah (michael@dayah.com) http://www.dayah.com/periodic/

57 La Lantano 138.9055	58 Ce Cerio 140.116	59 Pr Praseodimio 140.90765	60 Nd Neodimio 144.24	61 Pm Prometio (145)	62 Sm Samario 150.36	63 Eu Europio 151.964	64 Gd Gadolinio 157.25	65 Tb Terbio 158.92534	66 Dy Disprobio 162.500	67 Ho Holmio 164.93032	68 Er Erbio 167.259	69 Tm Tulio 168.93421	70 Yb Iterbio 173.04	71 Lu Lutecio 174.967
89 Ac Actinio (227)	90 Th Torio 232.0381	91 Pa Protactinio 231.03688	92 U Uranio 238.02891	93 Np Neptunio (237)	94 Pu Plutonio (244)	95 Am Americio (243)	96 Cm Curio (247)	97 Bk Berkelio (247)	98 Cf Californio (251)	99 Es Einstenio (252)	100 Fm Fermio (257)	101 Md Mendelevio (268)	102 No Nobelio (269)	103 Lr Lawrencio (262)



Dmitri Mendeléeiev 1869

Atomismo científico: física



Boltzmann 1844-1906

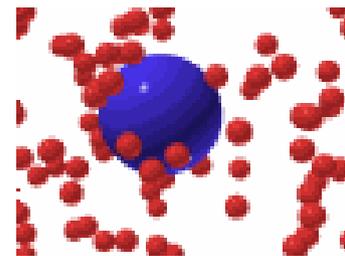
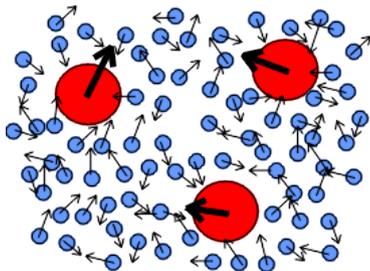
- Hasta mediados del s. XIX hay dos áreas diferenciadas de la física: Mecánica y termodinámica.
- Mecánica: **leyes de Newton**, reversibles en el tiempo.
- Termodinámica: **Segunda Ley**, procesos irreversibles.
- **Maxwell**, **Boltzmann** y otros utilizan la hipótesis atómica para derivar las leyes termodinámicas del comportamiento de los gases de las leyes de Newton de la mecánica (teoría cinética y física estadística).
- La temperatura es el movimiento aleatorio de los átomos.
- **Einstein** (1905) usó la teoría atómica para explicar teóricamente el movimiento Browniano, **Perrin**(1909) confirmó experimentalmente su teoría.

Atomismo científico: física



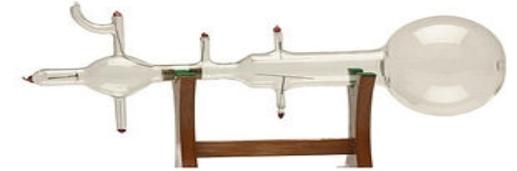
Boltzmann 1844-1906

- Hasta mediados del s. XIX hay dos áreas diferenciadas de la física: Mecánica y termodinámica.
- Mecánica: **leyes de Newton**, reversibles en el tiempo.
- Termodinámica: **Segunda Ley**, procesos irreversibles.
- **Maxwell**, **Boltzmann** y otros utilizan la hipótesis atómica para derivar las leyes termodinámicas del comportamiento de los gases de las leyes de Newton de la mecánica (teoría cinética y física estadística).
- La temperatura es el movimiento aleatorio de los átomos.
- **Einstein** (1905) usó la teoría atómica para explicar teóricamente el movimiento Browniano, **Perrin**(1909) confirmó experimentalmente su teoría.



Visión moderna de los átomos

¡El átomo no es indivisible!



- Radioactividad (Becquerel) (1896).
- Descubrimiento del electrón (Thompson) (1897).
- Descubrimiento del núcleo y del protón (Rutherford) (1919).
- Descubrimiento del neutrón (Chadwick) (1932).

Leyes de la física atómica

Ecuaciones fundamentales (**mecánica cuántica**):

- Ecuación de **Schrödinger** (1925).
- Ecuación de **Dirac** (1928).

$$i\hbar \frac{\partial}{\partial t} \psi(r, t) = -\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 \psi(r, t) + V(r, t) \psi(r, t)$$

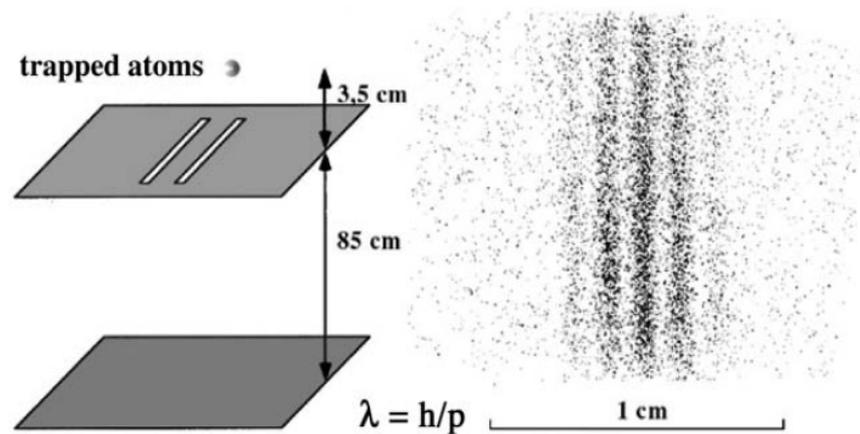
Explicación cuántica de la tabla periódica

~~1s~~
~~2s 2p~~
~~3s 3p 3d~~
 4s 4p 4d 4f
 5s 5p 5d 5f ...
 6s 6p 6d 6f ...
 7s 7p ...

Configuración electrónica de algunos elementos							
Elemento	Orbitales						Configuración
	1s	2s	2p _x	2p _y	2p _z	3s	
H	↑						1s ¹
He	↑↓						1s ²
Li	↑↓	↑					1s ² 2s ¹
C	↑↓	↑↓	↑	↑			1s ² 2s ² 2p ²
N	↑↓	↑↓	↑	↑	↑		1s ² 2s ² 2p ³
O	↑↓	↑↓	↑↓	↑	↑		1s ² 2s ² 2p ⁴
F	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑		1s ² 2s ² 2p ⁵
Ne	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓		1s ² 2s ² 2p ⁶
Na	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ¹

Propiedades cuánticas

- Los átomos son **ondas y partículas** a la vez.

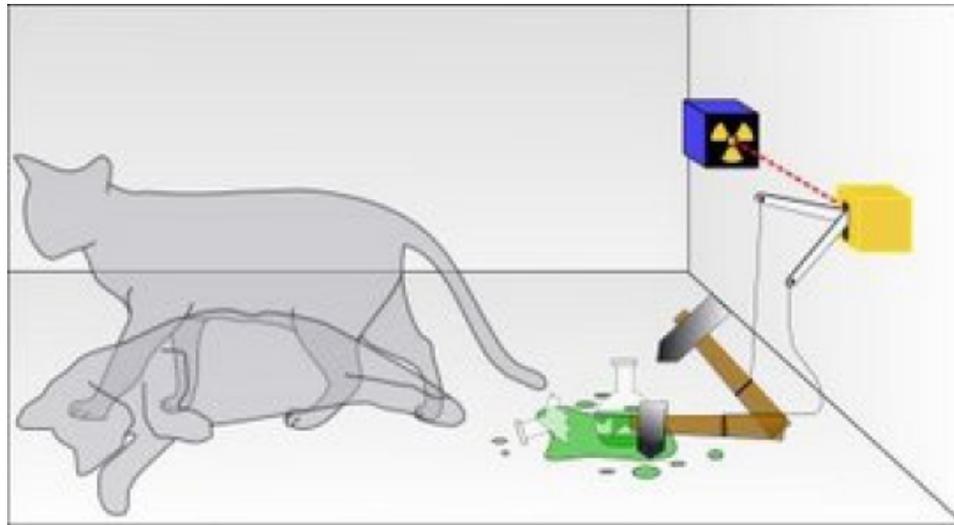


- Principio de incertidumbre de Heisenberg.

No se puede conocer a la vez la velocidad y la posición de una partícula.

Propiedades cuánticas

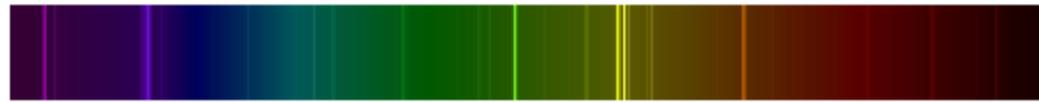
- Principio de superposición



- Entrelazamiento cuántico

Espectroscopía: El **porqué** de los **colores**

● Mercurio



● Oxígeno



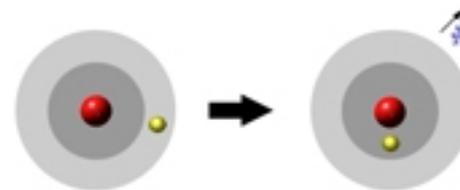
● El Sol



Absorción



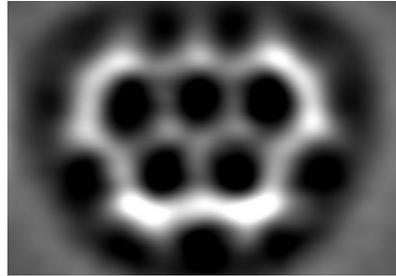
Emisión



$$E_{\gamma} = E_1 - E_0$$

Éxitos de la física cuántica y la teoría atómica

- Enlace molecular.

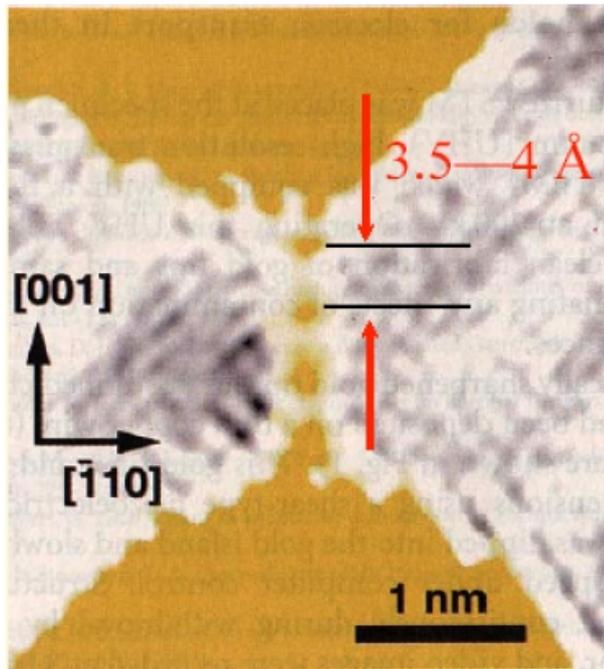


- Propiedades de los sólidos: conductividad, calor específico,...
- Semiconductores, superconductores, ferromagnetismo,...

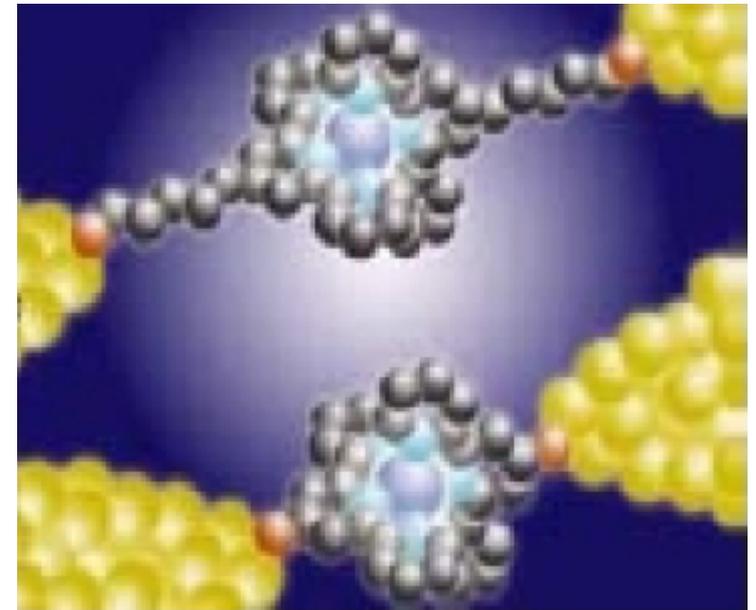
Tecnología atómica

Hay mucho espacio ahí abajo.

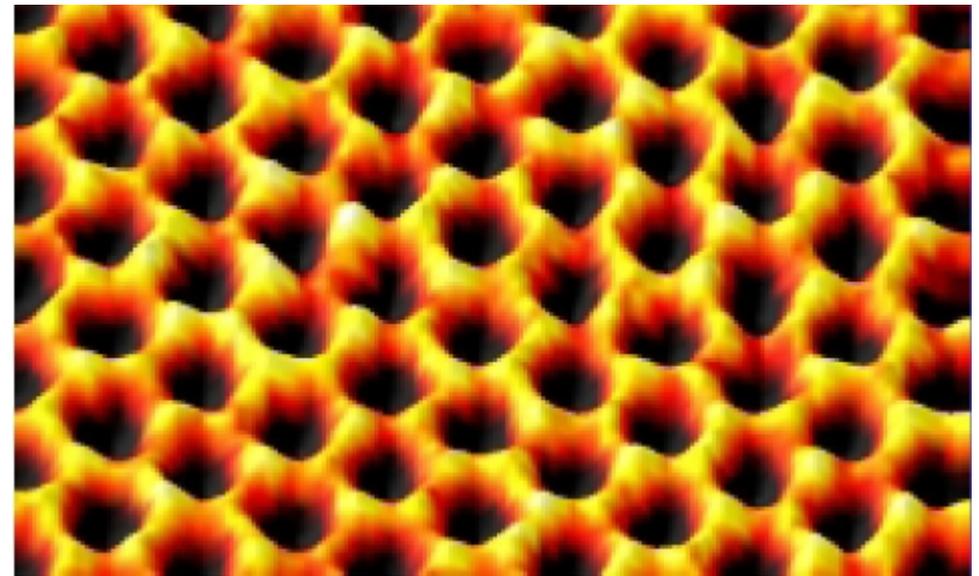
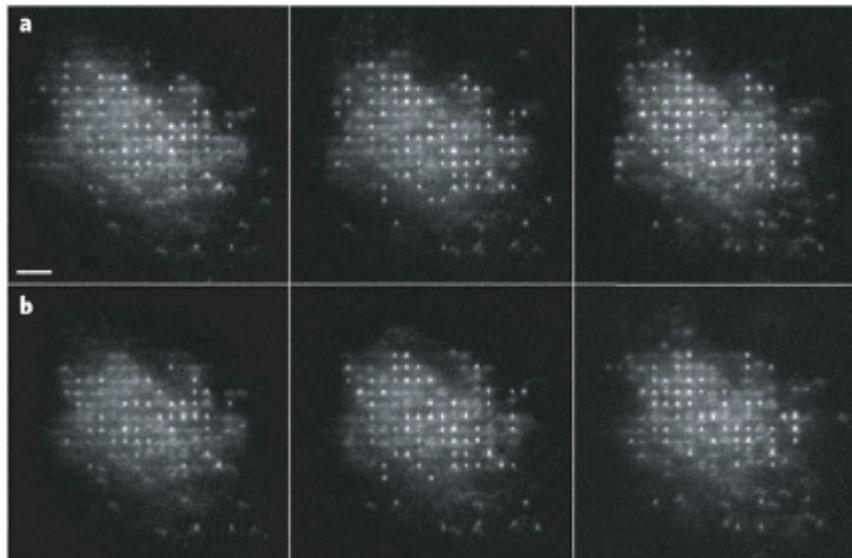
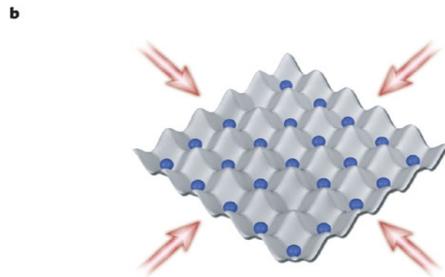
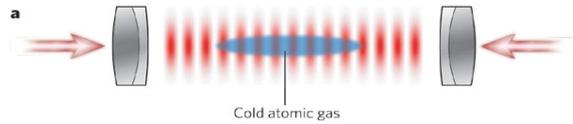
R. Feynman



Ohnishi *et al.* Nature (1998). Smits *et al.* Phys. Rev. Lett. **91**, 076805 (2003).



Tecnología atómica



J.C. Meyer et al. Nano Lett.. 8, 3582 (2008).

Nelson, K. D., Li, X. & Weiss, D. S. Nature Phys. 3, 556–560 (2007)

Reloj atómico

Hasta 1967: Un segundo es la fracción $1/86400$ de la duración que tuvo el día solar medio entre los años 1750 y 1890

A partir de 1967: Un segundo es la duración de **9 192 631 770 oscilaciones** de la radiación emitida entre los dos niveles hiperfinos del estado fundamental del isótopo 133 del **átomo de cesio** a una temperatura de 0 K.



El reloj más exacto jamás construido está en el NIST en Estados Unidos y utiliza átomos de estroncio para mantener la precisión de un segundo durante 15.000 millones de años (2009-2015).

¡Gracias por su atención!

