

Información General sobre Materiales, Seguridad y Equipos para la Nanotecnología

ESC 211

Traducción: Prof. Rogerio Furlan – Universidad de Puerto Rico en Humacao

© 2013 The Pennsylvania State University

Unidad 3

Visión General de Materiales

Conferencia 1

Átomos, Moléculas y Materiales

Contenido

- Los bloques de construcción básicos de los materiales - Átomos
- Átomos, moléculas y materiales
- Maneras de clasificar los materiales
 - * Tipo de enlace químico
 - * Orgánico e Inorgánico
 - * Fase
 - * Estructura
 - * Propiedades Químicas
 - * Propiedades Físicas

Contenido

- Los bloques de construcción básicos de los materiales - Átomos
- Átomos, moléculas y materiales

Los bloques de construcción básicos - Átomos

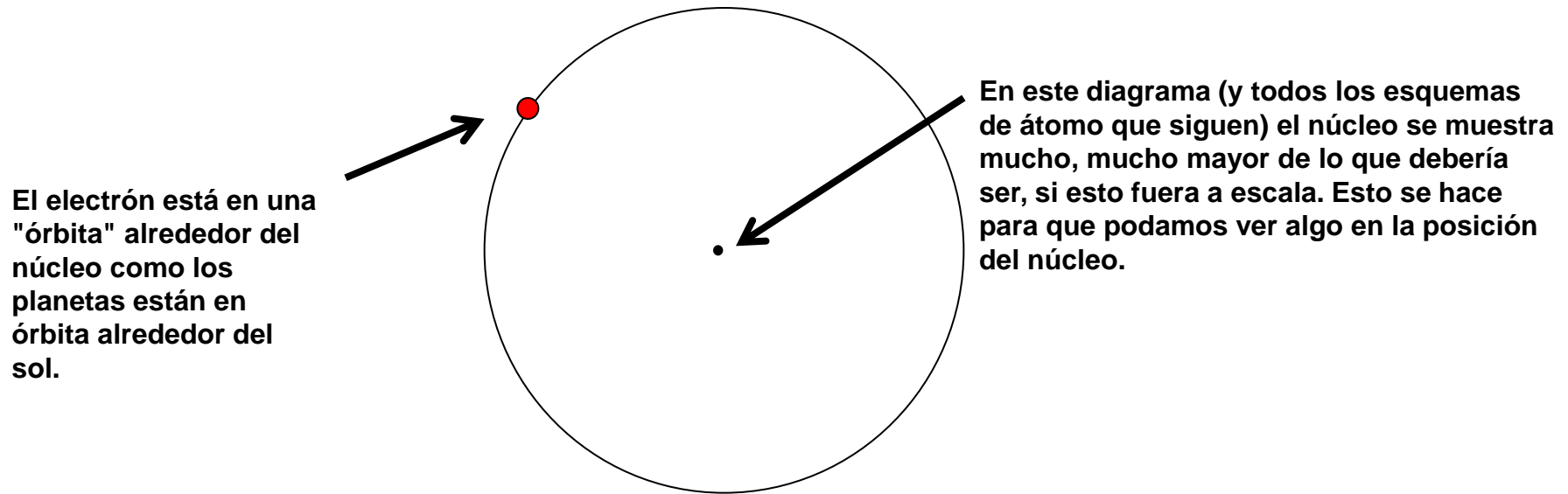
- Un **átomo** es la unidad más pequeña de un elemento.
- Átomos consisten en un **núcleo** muy pequeño, **pesado**, cargado positivamente, rodeado por **electrones** mucho más **livianos**, con carga negativa. Estos electrones se mueven alrededor del núcleo.
- El núcleo del átomo es muy pequeño y muy denso y contiene **protones** cargados positivamente y neutrones eléctricamente neutrales---y la mayoría de la masa del átomo.
- Protones y neutrones tienen una masa de $\sim 1.66 \times 10^{-24}$ g mientras los electrones tienen una masa de $\sim 0.911 \times 10^{-27}$ g.

Los bloques de construcción básicos - Átomos

- Los átomos son **neutrales** (no tienen ninguna carga eléctrica neta) y contienen el mismo número de protones y electrones.
- Si un átomo pierde uno o más de sus electrones o gana uno o más electrones adicionales, ahora tiene una carga eléctrica y se llama un **ion**.

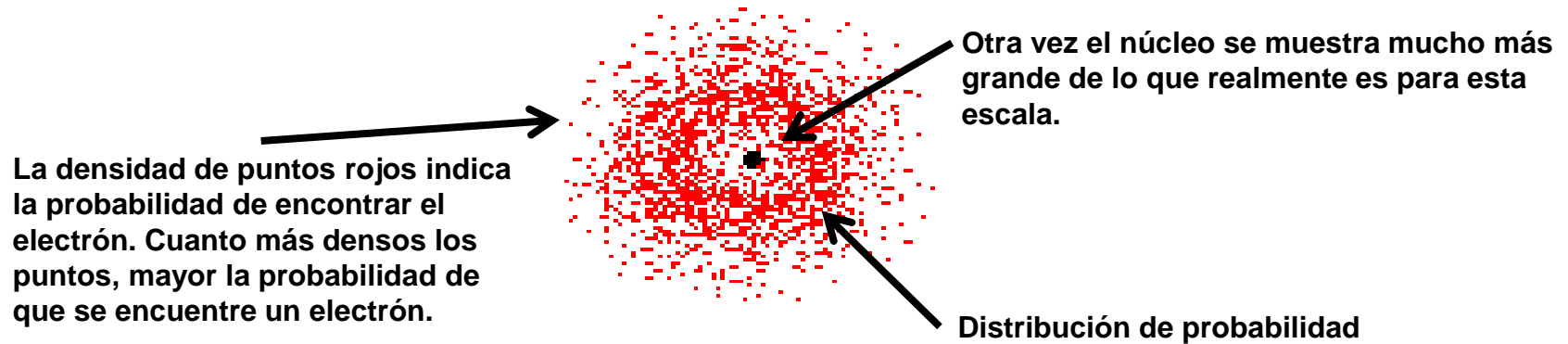
**¿Como los electrones se
mueven alrededor del núcleo
de un átomo?**

La Imagen Original del Átomo del Hidrógeno: El Modelo Planetario



Este es el modelo planetario del hidrógeno, que es el átomo más simple ya que tiene sólo un electrón. Se trata de un modelo de “planetario” (“sol + la tierra”).

Imagen de la Actualidad del Átomo del Hidrógeno: el Modelo de Probabilidad



Este es el modelo de probabilidad del hidrógeno, que es el átomo más simple ya que tiene sólo un electrón.

La Imagen Original de un Átomo con Múltiples Electrones: el Modelo Planetario

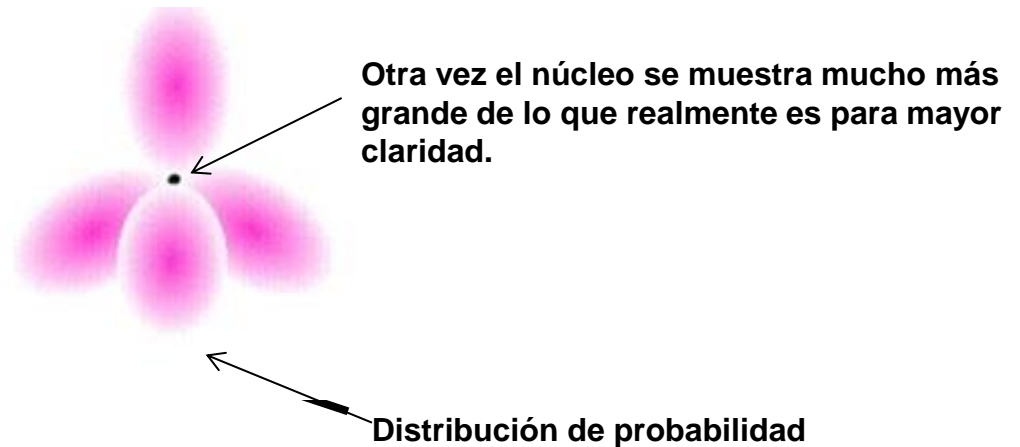


Aquí se muestra el modelo planetario para el silicio (Si), que tiene 14 electrones. Cuanto más energético un electrón, más lejos se encuentra su orbital del núcleo en este modelo “planetario”.

¿Qué son **Electrones de Valencia** y qué son **Electrones Internos**?

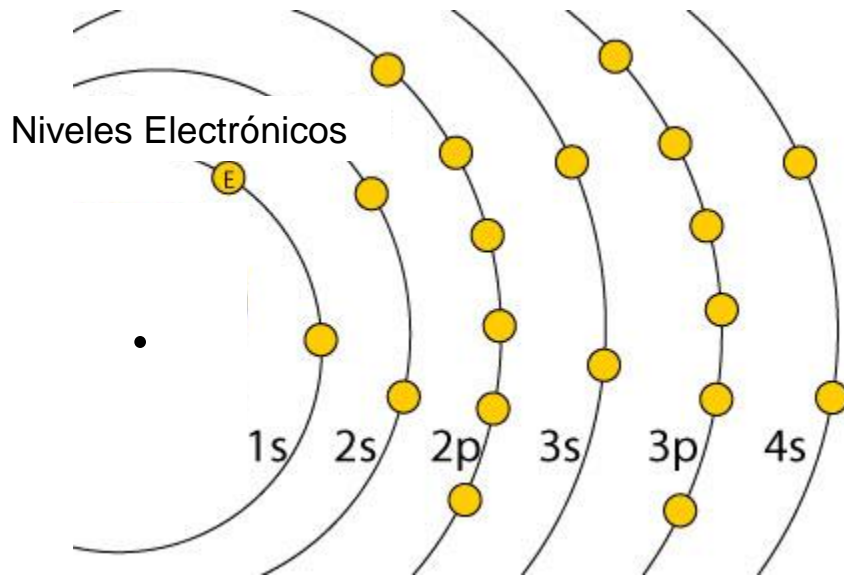
- Los electrones al rededor del núcleo son **electrones de valencia** o **electrones internos**.
- Electrones internos son los que están más cerca del núcleo. Ellos están estrechamente unidos al núcleo. Generalmente no participan en actividades como las reacciones químicas y las corrientes eléctricas. Si pensamos de ellos en "términos de personas", son antisociales.
- Electrones de Valencia están más lejos del núcleo y están menos ligados. Se relacionan con actividades de interés para los seres humanos como la realización de reacciones químicas y la obtención de corrientes eléctricas. Si pensamos de ellos en "términos de personas", son muy sociables.
- La parte más interna del átomo ("Core") se refiere a los electrones internos + el núcleo.

Imagen de Hoy de un Átomo del Múltiples Electrones: el Modelo de Probabilidad



Esta fotografía muestra sólo la distribución de probabilidad para los 4 electrones de Valencia del Si. Cada lóbulo de probabilidad puede considerarse como una muestra de donde se encuentra uno de los 4 electrones de Valencia del Si. No se muestran las distribuciones de probabilidad para los 10 electrones del núcleo de Si para tratar de mantener las cosas más claras.

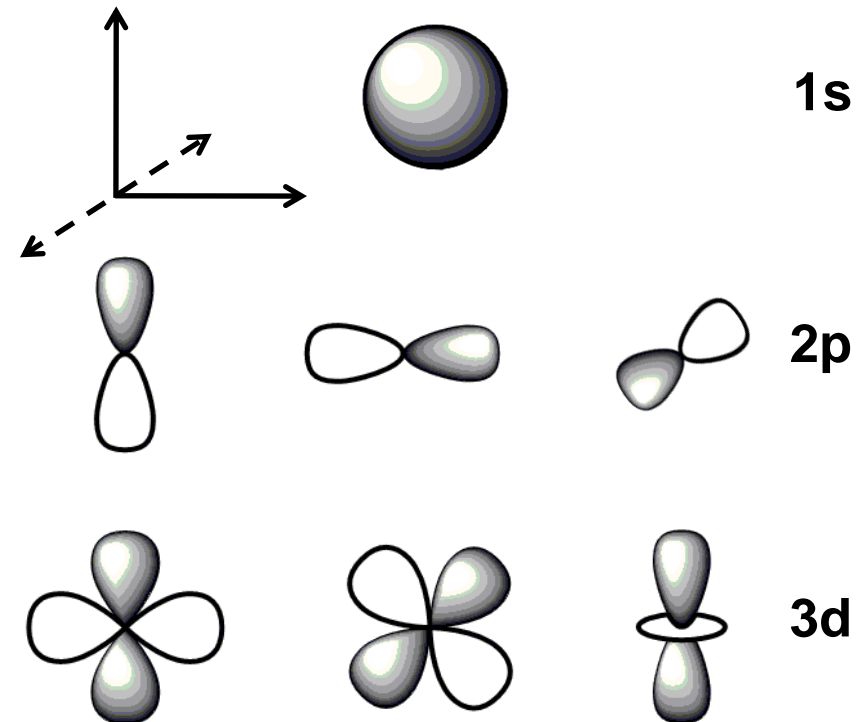
Electrones de la órbita del núcleo como los planetas que orbitan el sol



Dominio público: Imagen de uso libre generada por el personal de CNEU

Modelo de Probabilidad (Moderno)

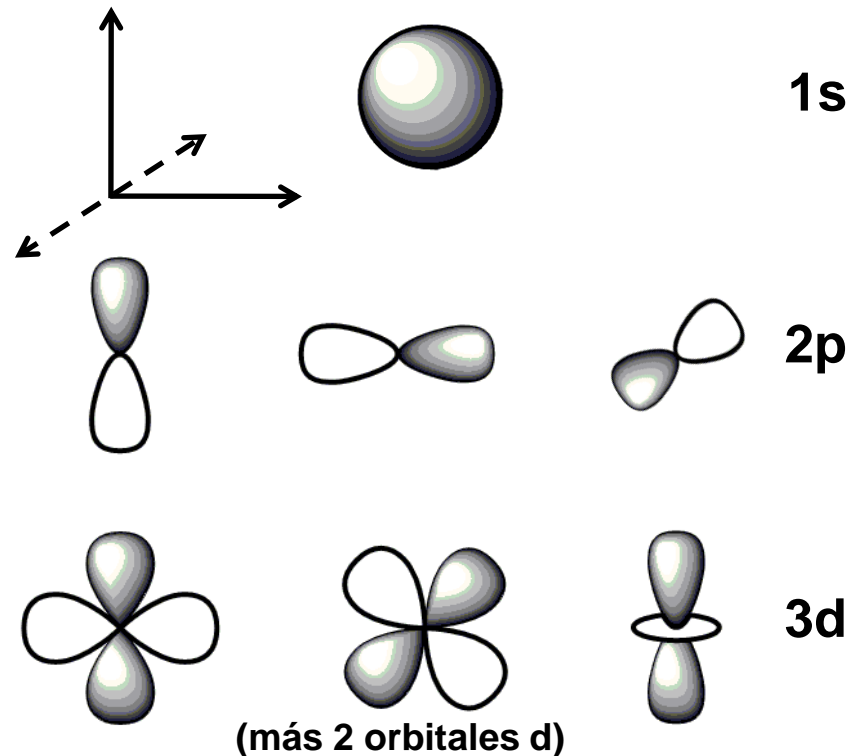
Orbitales son formas
tridimensionales complejas descritas
por números cuánticos
Cada orbital puede contener 2
electrones



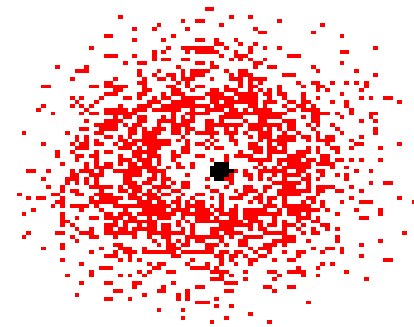
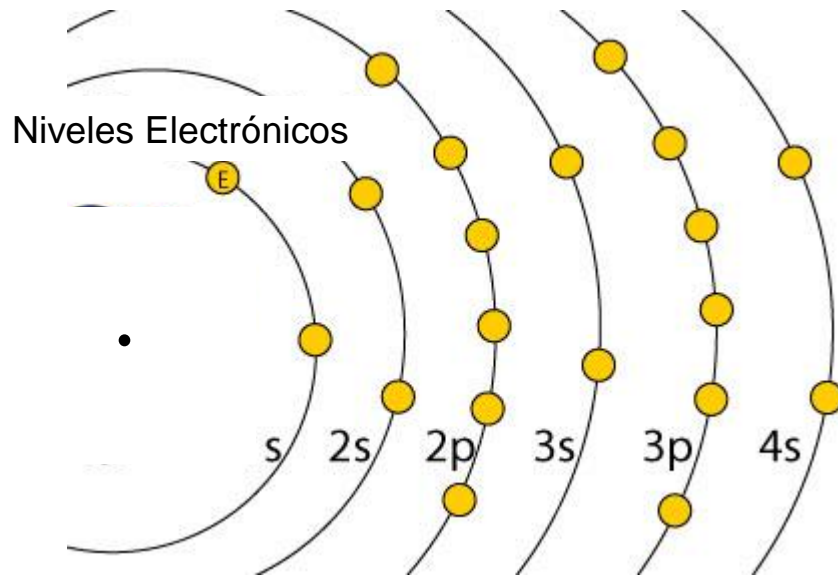
(más 2 orbitales d)

Orbitales son regiones en donde es más probable encontrar los electrones

Estas distribuciones de probabilidad que describen el comportamiento del electrón alrededor de un núcleo se explican por la Mecánica Cuántica



El orbital 1s

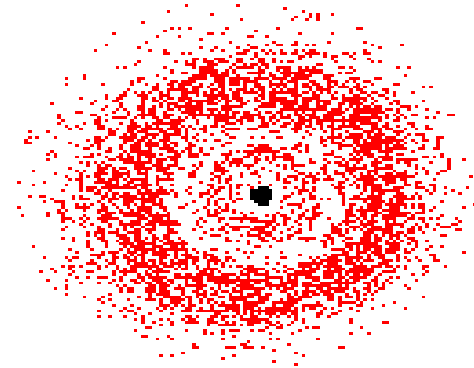
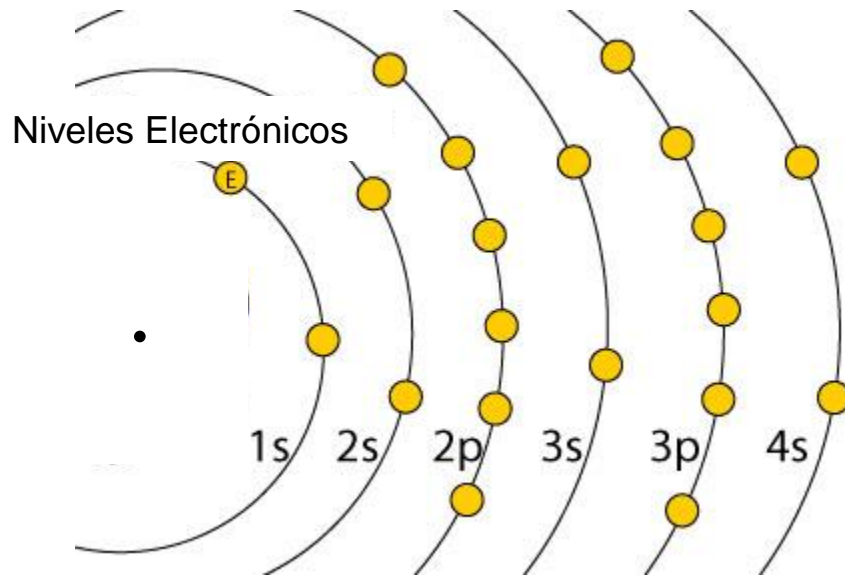


Orbital 1s

En este diagrama, el núcleo se muestra mucho más grande de lo que es realmente en esta escala.

Distribución de Probabilidad del orbital más interno

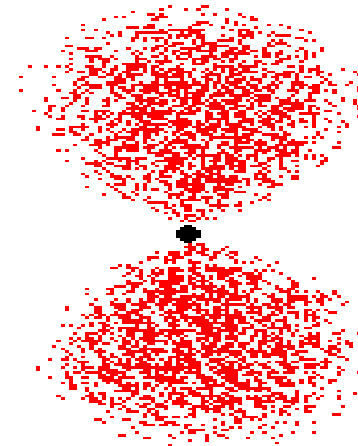
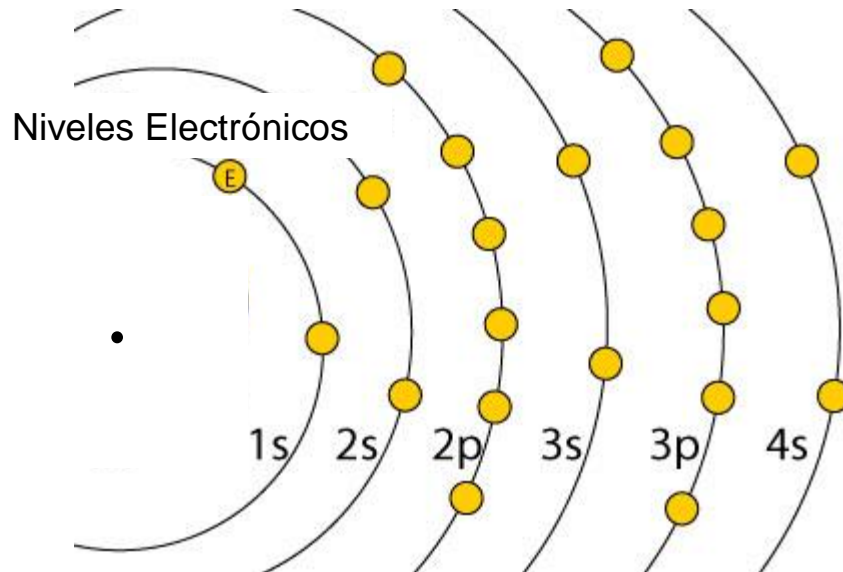
El orbital 2s



Orbital 2s

Distribución de Probabilidad del próximo orbital más interno

El Orbital 2p



Un orbital p

Distribución de Probabilidad del próximo orbital más interno

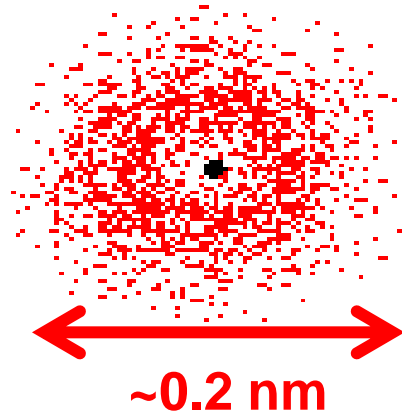
Los bloques de construcción básicos - Átomos

- El **número atómico de un átomo** corresponde al número total de sus electrones (así como el número total de protones,) ya que deben ser iguales en número.
- La **masa atómica de un átomo** da la masa de sus protones, neutrones + electrones. Electrones son muy pequeños, por lo que contribuyen poco a la masa atómica.
- Todos los átomos con el mismo número atómico (es decir, el mismo número de electrones) tienen las mismas **propiedades químicas** y son el mismo **elemento**.
- Un elemento puede encontrarse en la naturaleza con diferentes números de neutrones en el núcleo. Se trata de diferentes **isótopos** del elemento. Todos los isótopos de un elemento tienen el mismo número atómico (el mismo número de electrones) y por lo tanto las mismas propiedades químicas.

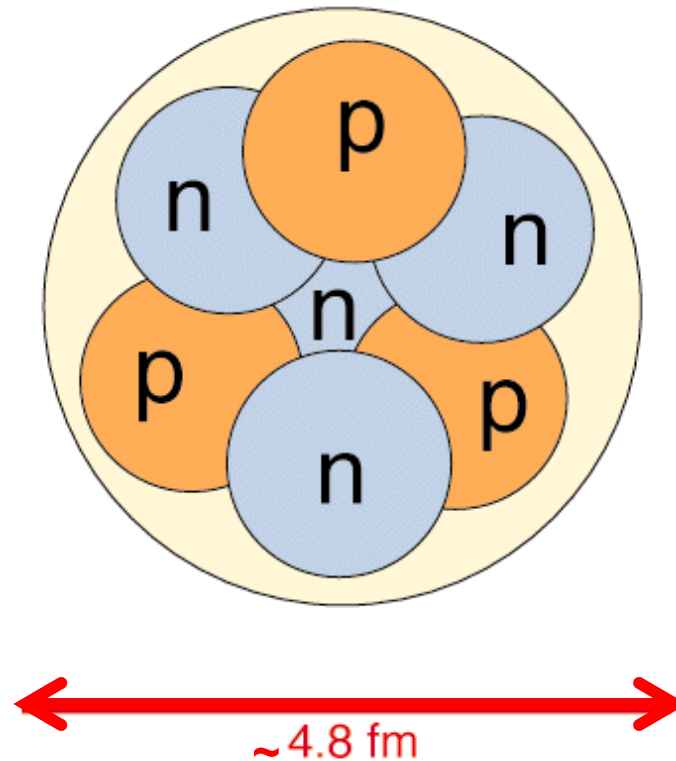
Los bloques de construcción básicos - Átomos

- Como ejemplo, el hidrógeno se encuentra en grandes cantidades en la naturaleza sin neutrones en su núcleo.
Su núcleo es simplemente un protón!
- Sin embargo, existen isótopos del hidrógeno en la naturaleza con un o con dos neutrones en el núcleo. El primero se refiere a menudo como el deuterio y el último como el tritio.
- Los primeros 92 elementos son naturales con número atómico = 1 siendo el hidrógeno (H) y número atómico = 92 siendo uranio (U). De estos 92 tipos de átomos, los elementos Tecnecio (número atómico = 43) y Prometio (número atómico = 61) son muy raros en la tierra y sólo se producen en cantidades muy, muy pequeñas.

El tamaño de un Átomo (Utilizando Hidrógeno como Ejemplo)



El Tamaño de un Núcleo (Utilizando Litio como Ejemplo)



Esta es una representación esquemática del núcleo del Litio 7. Como se observa el núcleo tiene 3 protones (lo que da al núcleo una carga de +3 y lo hace el núcleo de un átomo del elemento Litio) y 4 neutrones (dando una masa total igual a 7). Note que el femtómetro (fm) es 1,000,000 veces menor que un nanómetro (nm) (www.cartage.org.lb/.../WhatIsNuclear/SizeNucleus/SizeNucleus.htm).

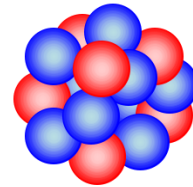
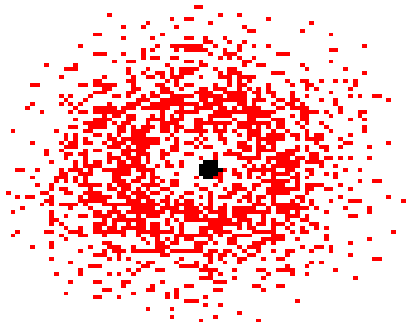
Nombres de las Fracciones de un Metro

Multiple	Prefix	Symbol
10^{-1}	Decímetro	d
10^{-2}	Centímetro	c
10^{-3}	Milímetro	m
10^{-6}	Micrómetro	μ
10^{-9}	Nanómetro	n
10^{-12}	Picómetro	p
10^{-15}	Femtómetro	f
10^{-18}	Atómetro	a

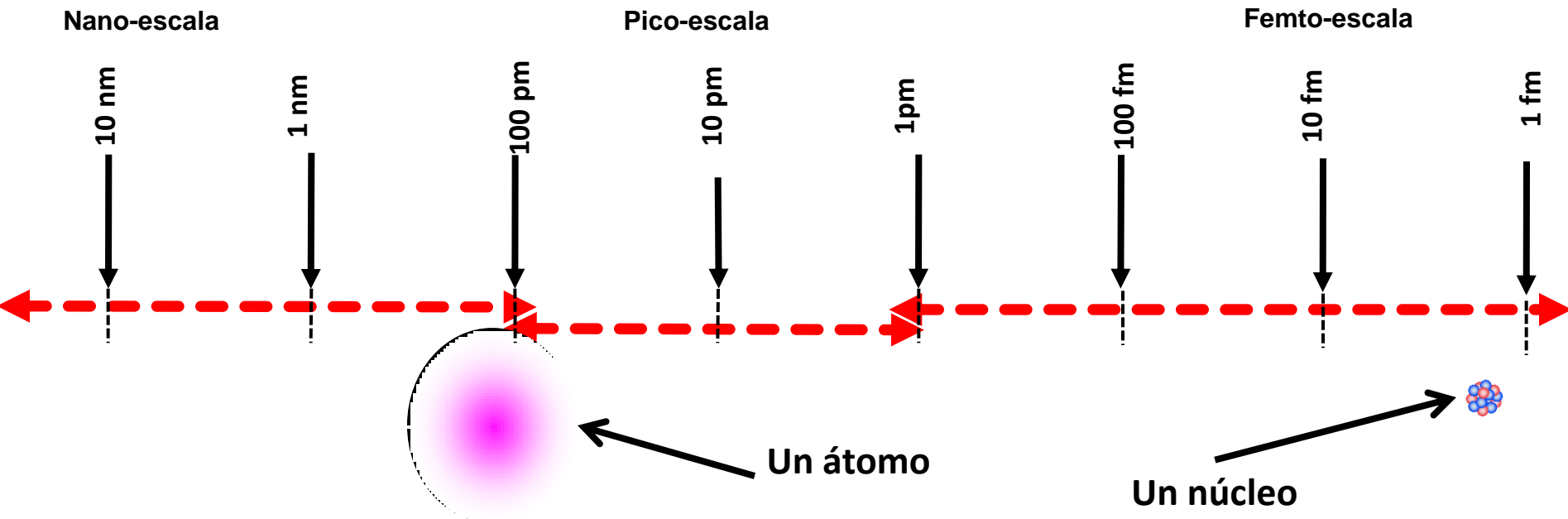
Dominio público: Imagen de uso libre generada por el personal de CNEU

Así que un átomo es casi 10^5 veces más grande que su núcleo!

El átomo está en la nano-escala; el núcleo está en la escala de femto.



Nanotecnología: Frontera Final del constructor (Richard Smalley)



Periodic Table of the Elements

1																	18					
H	He																	He				
3	4																	11	12			
Li	Be																	B	C			
5	6																	7	8	9	10	
Na	Mg																	Al	Si	P	S	
11	12																	13	14	15	16	17
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36					
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr					
39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56					
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe					
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54					
57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74					
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn					
55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72					
87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104					
Fr	Ra	Ac	Rf	Ha	Sg	Bh	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb					
101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118					
119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136					
Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr									
90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107					

**Podemos ver una
sistematización en las
propiedades químicas de los
elementos ordenándoles por
el número atómico. Este
orden se llama la
Tabla Periódica**

La Organización de los Elementos: la Tabla Periódica

- Los elementos se organizan en grupos (I-VIII) y períodos según el **número atómico**; es decir, según el número de electrones.
- Elementos en el mismo grupo tienen el mismo número de electrones en la **Capa de la Valencia**.
- Los elementos con la configuración más estable son los **"gases nobles"** encontrados en el grupo VIII (ocho electrones en la Capa de Valencia) y son generalmente inertes.

Periodic Table of the Elements

Atomic Number

Symbol

Element

Density

Atomic Weight

Crystal Structure

IA

11.008

H

Hydrogen

0.0899*

IIA

36.941

Li

Lithium

0.53

IIA

9.012

Be

Beryllium

1.85

IIA

22.990

Na

Sodium

0.97

IIA

24.305

Mg

Magnesium

1.74

IIIB

39.098

K

Potassium

0.86

IIIB

40.08

Ca

Calcium

1.55

IIIB

44.956

Sc

Scandium

3.0

IVB

47.867

Ti

Titanium

4.50

VB

50.942

V

Vanadium

5.8

VIB

51.996

Cr

Chromium

7.18

VIB

54.931

Mn

Manganese

7.43

VIII

55.845

Fe

Iron

7.86

VIII

58.933

Co

Cobalt

8.90

VIII

58.693

Ni

Nickel

8.90

IB

63.546

Cu

Copper

8.96

IIB

65.39

Zn

Zinc

7.14

IIB

69.723

Ga

Gallium

5.91

IIB

72.61

Ge

Germanium

5.32

V

74.922

As

Arsenic

5.73

V

78.96

Se

Selenium

4.80

VIIA

79.904

Br

Bromine

3.12

VIIA

83.80

Kr

Krypton

3.74*

V

85.468

Rb

Rubidium

1.53

V

87.62

Sr

Strontium

2.6

V

89.906

Y

Yttrium

4.5

V

91.224

Zr

Zirconium

6.49

V

92.906

Nb

Niobium

8.55

V

95.94

Mo

Molybdenum

10.2

(98)

101.07

Tc

Technetium

11.5

V

102.906

Ru

Ruthenium

12.2

V

106.42

Pd

Palladium

12.0

V

107.868

Ag

Silver

10.5

V

112.411

Cd

Cadmium

8.65

V

114.818

In

Indium

7.31

V

118.71

Sn

Tin

7.30

V

121.76

Sb

Antimony

6.69

V

127.60

Te

Tellurium

6.24

V

126.905

I

Iodine

4.92

(210)

131.29

Xe

Xenon

5.89*

V

132.905

Cs

Cesium

1.87

V

137.327

Ba

Barium

3.5

V

138.906

La

Lanthanum

6.7

V

178.49

Hf

Hafnium

13.1

V

180.948

Ta

Tantalum

16.6

V

183.84

W

Tungsten

19.3

V

186.207

Re

Rhenium

21.0

V

190.23

Os

Osmium

22.4

V

192.217

Ir

Iridium

22.5

V

195.08

Pt

Platinum

21.4

V

196.967

Au

Gold

19.3

V

200.59

Hg

Mercury

13.53

V

204.383

Tl

Thallium

11.85

V

207.2

Pb

Lead

11.4

V

208.980

Bi

Bismuth

9.74

(209)

232.038

Po

Polonium

9.4

(210)

238.029

At

Astatine

9.1*

(222)

231.29

Rn

Radon

9.1*

(223)

226.025

Fr

Francium

5

(226)

227.028

Ra

Radium

10.07

(227)

227.028

Ac

Actinium

10.07

V

140.115

Ce

Cerium

6.77

V

140.908

Pr

Praseodymium

6.77

V

144.24

Nd

Neodymium

7.00

(145)

150.36

Pm

Promethium

6.475

V

150.36

Sm

Samarium

7.54

V

151.965

Eu

Europium

5.26

V

157.25

Gd

Gadolinium

7.89

V

158.925

Tb

Terbium

8.27

V

162.50

Dy

Dysprosium

8.54

V

164.930

Ho

Holmium

8.80

V

167.26

Er

Erbium

9.05

V

168.934

Tm

Thulium

9.33

V

173.04

Yb

Ytterbium

6.98

(269)

174.967

Lu

Lutetium

9.84

V

232.038

Th

Thorium

11.7

V

231.036

Pa

Protactinium

15.4

V

238.029

U

Uranium

18.90

V

237.048

Np

Neptunium

20.4

(244)

244.0

Pu

Plutonium

19.8

(243)

243.0

Am

Americium

13.67

(247)

247.0

Cm

Curium

13.511

(247)

247.0

Bk

Berkelium

-

(251)

251.0

Cf

Californium

-

(252)

252.0

Es

Einsteinium

-

(257)

257.0

Fm

Fermium

-

(258)

258.0

Md

Mendelevium

-

(259)

259.0

No

Nobelium

-

(269)

269.0

Lr

Lawrencium

-

Crystal Structures

Cubic, face centered

Cubic, body centered

Cubic

Orthorhombic

Rhombohedral

Hexagonal

Monoclinic

Tetragonal

Key

Commonly used in ion implantation

-p type dopant

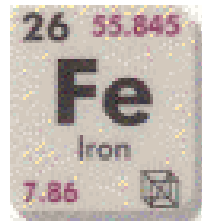
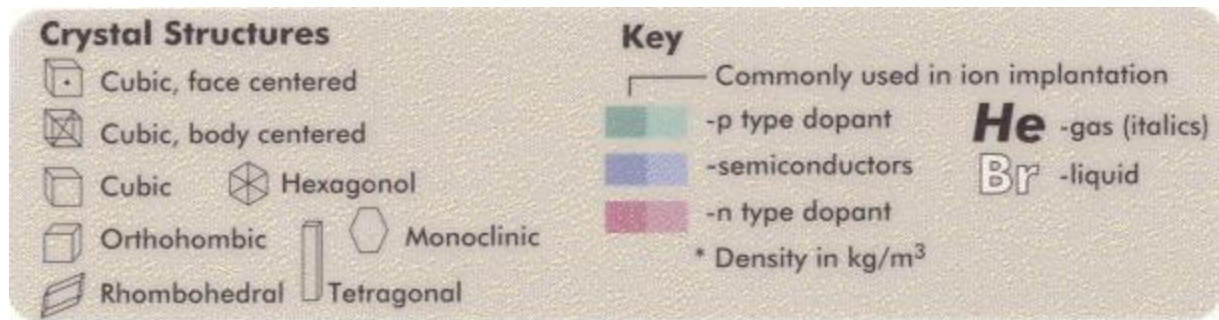
-semiconductors

-n type dopant

* Density in kg/m³

He -gas (italics)

Br -liquid



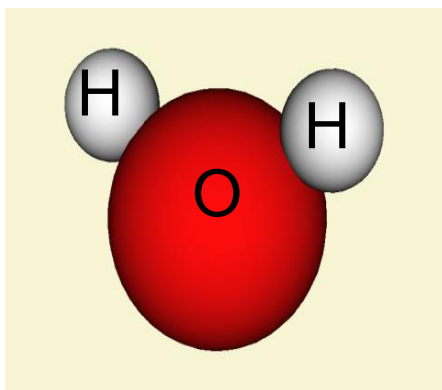
Courtesía de Eaton Corporation

Juntando los bloques básicos

- Moléculas son:
 - Dos o más átomos unidos entre sí.
- Materiales son:
 - Muchos átomos, moléculas o ambos **enlazados**.

Moléculas

Un ejemplo sencillo: la molécula de agua y su enlace químico



**El modelo
de pelotas**



**Modelo de
distribución de
probabilidad**

Materiales

**Muchos átomos, moléculas o
ambos enlazados juntos.**