

AS205 Vida Inteligente en el Universo

Carbono: átomo de la vida

Dr. Francisco Martínez . Dpto. Ciencias de los Materiales





Imagen de la galaxia M51 tomada con el telescopio espacial de la NASA. Los filamentos oscuros que se encuentran en los brazos espirales corresponden a grandes concentraciones de gas molecular y polvo en los que tienen lugar la formación de las nuevas estrellas

¿Dónde estamos?...



**Vivimos en una galaxia
espiral, un grupo enorme
de 100.000.000.000 de
estrellas.**

**Nuestro Sistema Solar
está situado a unos
30.000 años luz del
centro de la galaxia.**



Visión ``artística`` de nuestra galaxia

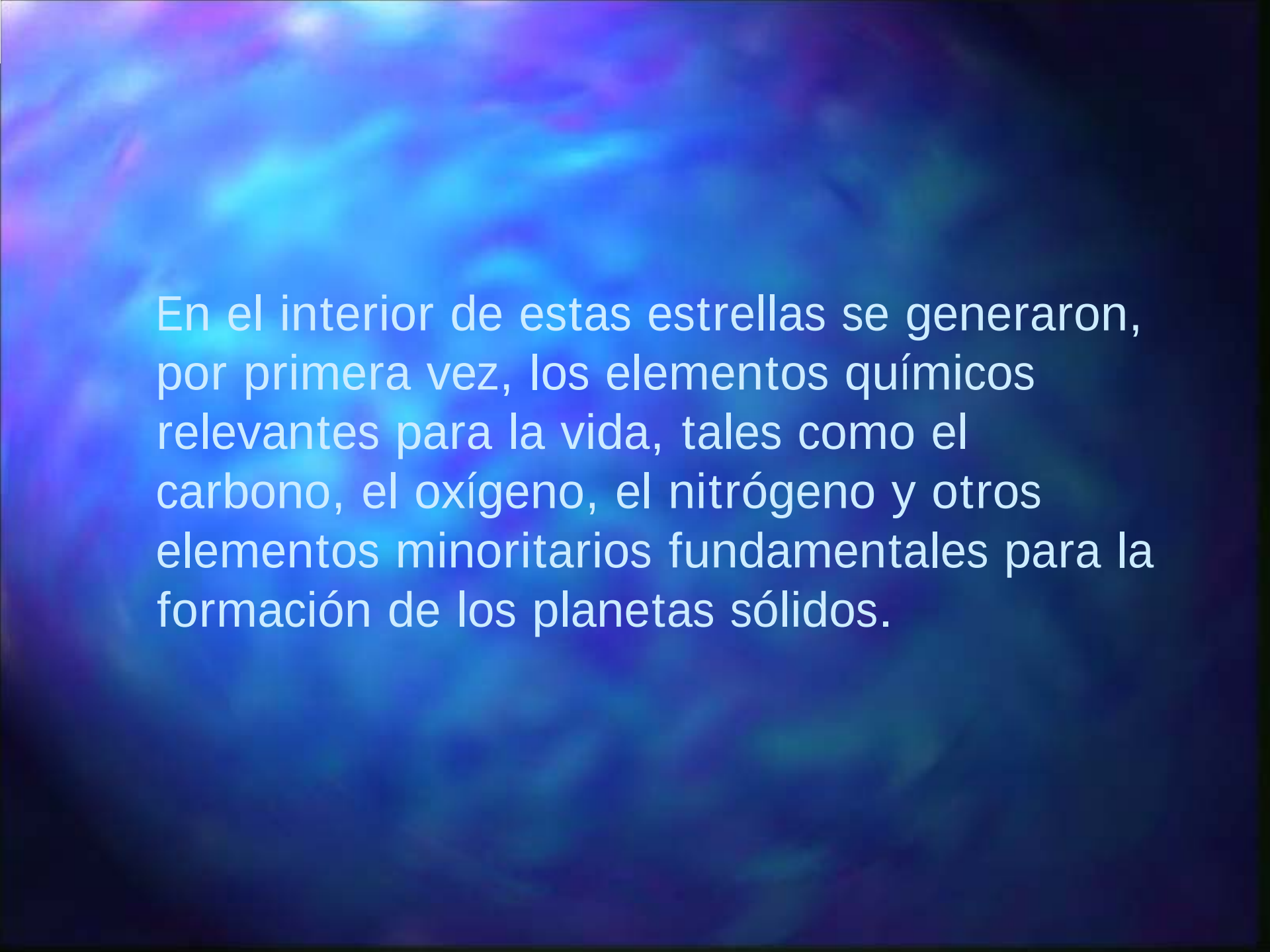
La búsqueda de vida en otros mundos está basada en varias premisas, y la primera de ellas es que cualquier forma de vida debe ser similar a la que única que conocemos, la que existe en nuestro planeta. Puede pensarse que somos muy rígidos al negar la existencia de otras formas de vida diferentes, pero hay motivos para pensar así. En particular, la Comunidad Científica en general está convencida de que toda la vida estará basada en estas dos Semillas de Vida: el carbono y el agua. Uno de los motivos para pensar ello es la abundancia de los elementos en el universo.

El carbono, junto con el nitrógeno y el oxígeno, son elementos ligeros muy abundantes. Son los más abundantes después del hidrógeno y el helio. El helio no forma compuestos, por lo que no puede formar parte de la vida. Y el hidrógeno está en el agua (formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno).

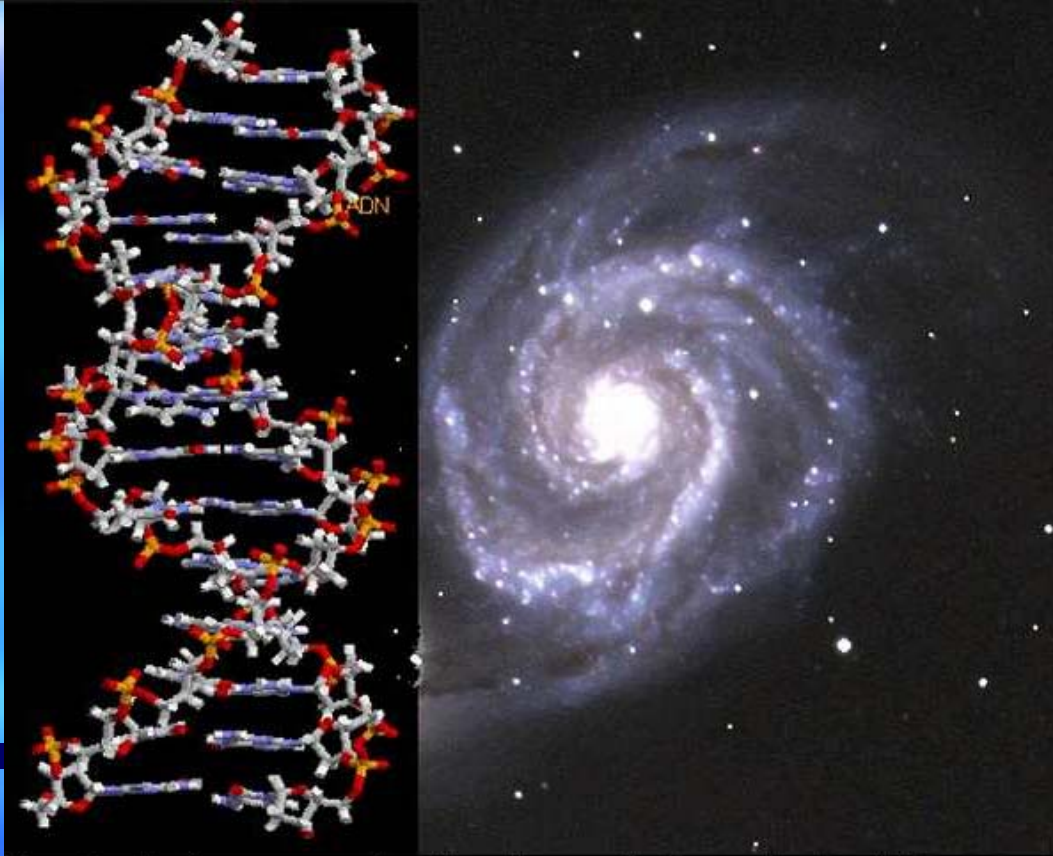
ENTENDER EL ORIGEN DE LA VIDA ES UNO DE LOS GRANDES RETOS que tenemos ante nosotros. Una de las preguntas clave es si la vida ha aparecido solo en la Tierra como resultado de unas condiciones favorables o es un hecho consustancial a las leyes físicas que rigen nuestro Universo.

Todo comenzó hace unos 14.000 millones de años, con la gran explosión que dio origen al Universo con las leyes físicas que lo rigen. Cuando el Universo tenía unos 300 millones años y unos 4.000 grados de temperatura se produjo un hecho importantísimo para la química: los núcleos de hidrógeno, helio, litio y berilio capturaron los electrones y dieron lugar a los primeros átomos.

- n En esta época el Universo era químicamente demasiado pobre como para que se pudieran formar moléculas complejas relacionadas con la vida. Sin embargo, a medida que el Universo siguió expandiéndose y enfriándose tuvo lugar un fenómeno extraordinario y fundamental para la aparición de la vida: la formación de la primera generación de estrellas.



En el interior de estas estrellas se generaron, por primera vez, los elementos químicos relevantes para la vida, tales como el carbono, el oxígeno, el nitrógeno y otros elementos minoritarios fundamentales para la formación de los planetas sólidos.



Las dos imágenes revelan la misma e insinuante simetría, como si el universo y la vida siguiesen los mismos modelos.

*La lista de coincidencias cósmicas que han favorecido nuestra existencia en el universo es tan larga que el físico de Princeton, Freeman Dyson, comentó: "Cuando más examino este universo surgido del Big Bang, y los detalles de su arquitectura, encuentro más evidencias de que, en algún sentido, **el universo sabía que nosotros íbamos a llegar**". A esta concatenación de coincidencias tan propiciadoras para que surja la vida, se le llama Principio Antrópico.*

Nuestro Sol, con una vida activa de unos 10.000 millones de años, posibilita el doble de tiempo necesario para que la inteligencia surgiese sobre la Tierra. El universo y la dinámica de sus leyes son como son para que pueda existir el hombre.

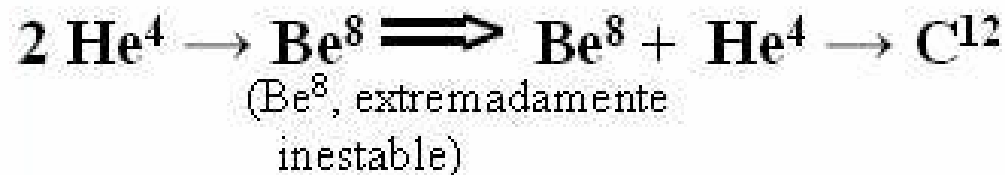
Esta visión tan poética y humanista del Principio Antrópico que manifiestan bastantes científicos y que huye de toda religión es, tal vez, la dura condición de no querer afrontar que el género humano es un mero accidente cósmico, donde nuestro bello planeta es una pequeñísima parte de un universo hostil el cual se desarrolló a partir de una primera condición inexplicable y desconocida, y que su futuro se enfrenta a su extinción en un frío sin fin (universo abierto) o hacia un calor insoportable (universo cerrado).

¿Cómo se podía explicar la proliferación de carbono en el universo?. En 1958, el astrofísico Fred Hoyle (1915-2001), predijo acertadamente que para la nucleosíntesis del carbono se tenía que dar lo que se llama una resonancia nuclear, es decir, en la colisión del núcleo inestable de berilio con el núcleo de helio se desprende idéntico nivel de masa-energía que el que va adquirir el elemento a formar, el carbono.

-La triple colisión simultánea de 3 núcleos de helio es una rareza de resultado inapreciable:



-Síntesis del carbono en 2 procesos:



-En el 2º proceso los núcleos constituyentes manifiestan una resonancia, una «voluntad» implícita por absorberse (fusionarse).



7.65 megaelectrón-voltios

Pues la colisión de los núcleos desprende el mismo nivel de energía-masa que la que adquiere el elemento a formar, C^{12}
Esto significa una alta eficiencia de las colisiones.



Hidrógeno 1H (1p:0n)



Helio 4He (2p:2n)



Carbono 12C (6p:6n)



Oxígeno 16O (8p:8n)



Deuterio 2H (1p:1n)



Tritio 3H (1p:2n)



Helio 3He (2p:1n)

Nota:



Protón (carga = +e)



Neutrón (carga= 0)

Los núcleos constituyentes manifiestan una resonancia, una simpatía o voluntad implícita, por crear la masa resultante. Ello obliga a que el fugaz núcleo de berilio y el núcleo de helio se absorban (fusionen) con una afinidad muy pronunciada. Sólo así se podía contrarrestar el poco tiempo disponible para que colisionen estos dos núcleos. Esta resonancia o nivel de energía para el carbono, Fred Hoyle, la estableció en 7.65 megaelectrón-voltios , un nivel de energía preciso en el cual los dos núcleos constituyentes se pegan anormalmente bien.

LA PRIMERA GENERACIÓN DE ESTRELLAS

Origen de los Átomos del Sistema Solar

Estrellas masivas ($M > 8 M_{\odot}$)...

Fusionan elementos que siguen al Carbono y el Oxígeno...

Carbono → Oxígeno, Magnesio, Neón

Oxígeno → Silicio, Azufre

Silicio → Hierro, Níquel

Así se producen algunos de los más abundantes elementos en planetas terrestres (Mg, Si, Fe, Ni)

Es de esta única forma como el carbono, el átomo más implicado en la vida, prolifera con gran eficacia en el universo. De no ser por esta accidentada casualidad la síntesis del carbono en las estrellas quedaría drásticamente mermada..

Esta especie de voluntad y empeño que pone la naturaleza estelar por generar el carbono propició el misticismo no religioso de Fred Hoyle al defender la idea de que un superintelecto, un diseñador, preparó las leyes de la física con el objetivo de que pudieran fabricarse los elementos orgánicos indispensable para dar ese salto prodigioso de la química a la bioquímica, la vida

F. Holey. Universo Inteligente (1983)

El porqué del carbono. La vida en la Tierra está basada en el carbono, hasta tal punto que no conocemos ningún compuesto relacionado con la vida en el que no esté presente (la única excepción podría ser el agua). El carbono presenta unas propiedades químicas muy interesantes, que explican su posición de privilegio:

En primer lugar, el carbono tiene valencia 4. La valencia es el número de uniones que es capaz de formar un átomo con cualquier otro, y el carbono puede hacerlo con otros cuatro, uno de los valores más altos posibles en la química (al menos para átomos pequeños).

En segundo lugar, el carbono es capaz de unirse a sí mismo para formar largas cadenas, o incluso redes tridimensionales, y se trata de uniones muy fuertes; el caso más extremo lo tenemos cuando cada átomo de carbono se une a otros cuatro, constituyendo así una estructura formada sólo por carbono: esa estructura es el diamante, la sustancia más dura conocida. Sin llegar a tales extremos, es evidente que la unión de 2 ó 3 átomos de carbono será muy fuerte. Además, a esas cadenas o redes de carbono pueden unirse otros átomos, especialmente los otros antes mencionados, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno.

Se forman así muchísimos compuestos enormemente complejos, justamente el tipo de complejidad que hace posible la vida. ¿Sería posible otro elemento que sustituyera al carbono? Tendría que ser un elemento abundante, y que formara gran cantidad de uniones consigo mismo y con otros elementos. De los cinco elementos más abundantes, ya descartamos al helio porque no forma compuestos. El hidrógeno y el oxígeno tienen valencia 1 y 2, por lo que sólo pueden formar compuestos muy sencillos. En teoría, podría haber una cadena formada por átomos de oxígeno, pero lo más parecido es el peróxido de hidrógeno, formado por 2 átomos de hidrógeno y dos de oxígeno (es el principal componente del agua oxigenada)

El nitrógeno tiene valencia 3, y puede unirse a otros tres átomos. Sin embargo, no se conocen cadenas de varios átomos de nitrógeno. Por lo tanto, sólo nos queda el carbono, entre los 5 elementos más abundantes del universo. ¿Y no hay algún otro que, sin ser tan abundante, sea lo suficientemente abundante para tenerlo en cuenta? El mejor candidato es el silicio, elemento muy abundante en las rocas y, por lo tanto, en cualquier planeta tipo terrestre. El silicio forma, con el oxígeno la sílice, que forma las arenas de las playas. Y la mayoría de las rocas son silicatos, es decir derivados de sílice. Además, el silicio tiene valencia 4, igual que el carbono. ¿Puede haber vida basada en el silicio?

Carbono vs. Silicio

Grupo IV de la tabla periódica de los elementos contiene el carbón (C), el silicio (Si) y varios metales pesados. El carbón, por supuesto, es el "ladrillo de construcción" de la vida como sabemos. ¿Es tan posible que exista un planeta en otro Sistema Solar donde el silicio sustituya al carbón?

Varias historias basadas en ciencia ficción han imaginado formas de vida basadas en el Silicio, diversas criaturas salidas de doradas arenas....Las novelas son una buena y entretenida lectura pero pero hay algunos problemas con la química.

PERIODIC TABLE

Atomic Properties of the Elements

NIST

National Institute of Standards and Technology
Technology Administration, U.S. Department of Commerce

18
VIII A

Frequently used fundamental physical constants																		Physics Laboratory physics.nist.gov		Standard Reference Data Group www.nist.gov/srd		2 He																															
For the most accurate values of these and other constants, visit physics.nist.gov/constants 1 second = 9 182 631 770 periods of radiation corresponding to the transition between the two hyperfine levels of the ground state of ¹³³ Cs																																																					
speed of light in vacuum c 299 792 458 m s⁻¹ (exact) Planck constant h 6.6261×10^{-34} J s ($h = h/2\pi$) elementary charge e 1.6022×10^{-19} C electron mass m_e 9.1094×10^{-31} kg $m_e c^2$ 0.5110 MeV proton mass m_p 1.6726×10^{-27} kg α 1/137.036 Rydberg constant R_∞ $10\,973\,732$ m⁻¹ $R_\infty hc$ 13.6057 eV Boltzmann constant k 1.3807×10^{-23} J K⁻¹																		Solids Liquids Gases Artificially Prepared																																			
																		13 B		14 C		15 N		16 O		17 F		18 Ne																									
																		5 Boron		6 Carbon		7 Nitrogen		8 Oxygen		9 Fluorine		10 Neon																									
																		10.811		12.0107		14.0067		15.9994		18.9984032		20.1797																									
																		1s ² 2s ² 2p		1s ² 2s ² 2p		1s ² 2s ² 2p		1s ² 2s ² 2p		1s ² 2s ² 2p		1s ² 2s ² 2p																									
																		8.2980		11.2603		14.5341		13.8181		17.4228		21.5645																									
																		13 Al		14 Si		15 P		16 S		17 Cl		18 Ar																									
																		Aluminum		Silicon		Phosphorus		Sulfur		Chlorine		Argon																									
																		26.981538		28.0855		30.973761		32.065		35.453		39.948																									
																		[Ne]3s ² 3p		[Ne]3s ² 3p ²		[Ne]3s ² 3p ³		[Ne]3s ² 3p ⁴		[Ne]3s ² 3p ⁵		[Ne]3s ² 3p ⁶																									
																		5.9858		8.1517		10.4867		10.3600		12.9676		15.7596																									
																		19 K		20 Ca		21 Sc		22 Ti		23 V		24 Cr		25 Mn		26 Fe		27 Co		28 Ni		29 Cu		30 Zn		31 Ga		32 Ge		33 As		34 Se		35 Br		36 Kr	
																		Potassium		Calcium		Scandium		Titanium		Vanadium		Chromium		Manganese		Iron		Cobalt		Nickel		Copper		Zinc		Gallium		Germanium		Arsenic		Selenium		Bromine		Krypton	
																		39.0983		40.078		44.955910		47.867		50.9415		51.9961		54.938049		55.845		58.933200		58.6934		63.546		65.409		72.64		78.96		79.904		83.798					
																		[Ar]4s		[Ar]4s		[Ar]3d ¹ 4s		[Ar]3d ² 4s		[Ar]3d ³ 4s		[Ar]3d ⁵ 4s		[Ar]3d ⁵ 4s		[Ar]3d ⁶ 4s		[Ar]3d ⁷ 4s		[Ar]3d ⁸ 4s		[Ar]3d ¹⁰ 4s		[Ar]3d ¹⁰ 4s		[Ar]3d ¹⁰ 4s		[Ar]3d ¹⁰ 4s		[Ar]3d ¹⁰ 4s		[Ar]3d ¹⁰ 4s		[Ar]3d ¹⁰ 4s		[Ar]3d ¹⁰ 4s	
																		4.3407		6.1132		6.5615		6.8281		6.7462		6.7665		7.4340		7.9024		7.8810		7.7264		9.3942		9.3942		9.3942		9.7524		9.7524		11.8138		13.9996			
																		37 Rb		38 Sr		39 Y		40 Zr		41 Nb		42 Mo		43 Tc		44 Ru		45 Rh		46 Pd		47 Ag		48 Cd		49 In		50 Sn		51 Sb		52 Te		53 I		54 Xe	
																		Rubidium		Strontium		Yttrium		Zirconium		Niobium		Molybdenum		Technetium		Ruthenium		Rhodium		Palladium		Silver		Cadmium		Indium		Tin		Antimony		Tellurium		Iodine		Xenon	
																		85.4678		87.62		88.90585		91.224		92.90638		95.94		(98)		101.07		102.90550		106.42		107.8682		112.411		118.710		121.760		127.60		126.90447		131.293			
																		[Kr]5s		[Kr]5s		[Kr]4d ¹ 5s		[Kr]4d ² 5s		[Kr]4d ⁴ 5s		[Kr]4d ⁵ 5s		[Kr]4d ⁶ 5s		[Kr]4d ⁷ 5s		[Kr]4d ⁸ 5s		[Kr]4d ¹⁰ 5s		[Kr]4d ¹⁰ 5s		[Kr]4d ¹⁰ 5s		[Kr]4d ¹⁰ 5s		[Kr]4d ¹⁰ 5s		[Kr]4d ¹⁰ 5s		[Kr]4d ¹⁰ 5s		[Kr]4d ¹⁰ 5s			
																		4.1771		5.6949		6.2173		6.6339		6.7589		7.0824		7.28		7.3605		7.4589		8.3369		7.5762		8.9938		5.7864		7.3439		8.6084		9.0096		10.4513		12.1298	
																		55 Cs		56 Ba		57 La		58 Ce		59 Pr		60 Nd		61 Pm		62 Sm		63 Eu		64 Gd		65 Tb		66 Dy		67 Ho		68 Er		69 Tm		70 Yb		71 Lu			
																		Cesium		Barium		Lanthanum		Cerium		Praseodymium		Neodymium		Promethium		Samarium		Europium		Gadolinium		Terbium		Dysprosium		Holmium		Erbium		Thulium		Ytterbium		Lutetium			
																		132.90545		137.327		138.9055		140.116		140.90765		144.24		150.36		151.964		157.25		158.92534		162.500		164.93032		167.259		168.93421		173.04		174.967					
																		[Xe]6s		[Xe]6s		[Xe]5d ¹ 6s		[Xe]4f ¹ 5d ¹ 6s		[Xe]4f ³ 6s		[Xe]4f ⁴ 6s		[Xe]4f ⁵ 6s		[Xe]4f ⁶ 6s		[Xe]4f ⁷ 6s		[Xe]4f ⁷ 5d ¹ 6s		[Xe]4f ⁹ 6s		[Xe]4f ¹⁰ 6s		[Xe]4f ¹¹ 6s		[Xe]4f ¹² 6s		[Xe]4f ¹³ 6s		[Xe]4f ¹⁴ 6s		[Xe]4f ¹⁴ 5d ¹ 6s			
																		3.8939		5.2117		6.8251		5.5387		5.5250		5.582		5.6437		5.6704		6.1498		5.8638		5.9389		6.0215		6.1077		6.1843		6.2542		5.4259					
																		87 Fr		88 Ra		89 Ac		90 Th		91 Pa		92 U		93 Np		94 Pu		95 Am		96 Cm		97 Bk		98 Cf		99 Es		100 Fm		101 Md		102 No		103 Lr			
																		Francium		Radium		Actinium		Thorium		Protactinium		Uranium		Neptunium		Plutonium		Americium		Curium		Berkelium		Californium		Einsteinium		Fermium		Mendelevium		Nobelium		Lawrencium			
																		[Rn]7s		[Rn]7s		[Rn]6d ¹ 7s		[Rn]6d ² 7s		[Rn]5f ¹ 6d ² 7s		[Rn]5f ³ 6d ¹ 7s		[Rn]5f ⁴ 6d ¹ 7s		[Rn]5f ⁶ 7s		[Rn]5f ⁷ 7s		[Rn]5f ⁷ 6d ¹ 7s		[Rn]5f ⁹ 7s		[Rn]5f ¹⁰ 7s		[Rn]5f ¹¹ 7s		[Rn]5f ¹² 7s		[Rn]5f ¹⁴ 7s		[Rn]5f ¹⁴ 7s					
																		4.0727		5.2784		5.17		6.3067		5.89		6.1941		6.2657		6.0260		5.9738		5.9914		6.1979		6.2817		6.42		6.50		6.65		4.9 ?					

IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	1s ² 24.5874
5 ² P _{1/2} B Boron 10.811 1s ² 2s ² 2p 8.2980	6 ³ P ₀ C Carbon 12.0107 1s ² 2s ² 2p ² 11.2603	7 ⁴ S _{3/2} N Nitrogen 14.0067 1s ² 2s ² 2p ³ 14.5341	8 ³ P ₂ O Oxygen 15.9994 1s ² 2s ² 2p ⁴ 13.6181	9 ² P _{3/2} F Fluorine 18.9984032 1s ² 2s ² 2p ⁵ 17.4228	10 ¹ S ₀ Ne Neon 20.1797 1s ² 2s ² 2p ⁶ 21.5645
13 ² P _{1/2} Al Aluminum 26.981538 [Ne]3s ² 3p 5.9858	14 ³ P ₀ Si Silicon 28.0855 [Ne]3s ² 3p ² 8.1517	15 ⁴ S _{3/2} P Phosphorus 30.973761 [Ne]3s ² 3p ³ 10.4867	16 ³ P ₂ S Sulfur 32.065 [Ne]3s ² 3p ⁴ 10.3600	17 ² P _{3/2} Cl Chlorine 35.453 [Ne]3s ² 3p ⁵ 12.9676	18 ¹ S ₀ Ar Argon 39.948 [Ne]3s ² 3p ⁶ 15.7596
31 ² P _{1/2} Ga Gallium 69.723 [Ar]3d ¹⁰ 4s ² 4p 5.9993	32 ³ P ₀ Ge Germanium 72.64 [Ar]3d ¹⁰ 4s ² 4p ² 7.8994	33 ⁴ S _{3/2} As Arsenic 74.92160 [Ar]3d ¹⁰ 4s ² 4p ³ 9.7886	34 ³ P ₂ Se Selenium 78.96 [Ar]3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁴ 9.7524	35 ² P _{3/2} Br Bromine 79.904 [Ar]3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁵ 11.8138	36 ¹ S ₀ Kr Krypton 83.798 [Ar]3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶ 13.9996
49 ² P _{1/2} In Indium 114.818 [Kr]4d ¹⁰ 5s ² 5p 5.7864	50 ³ P ₀ Sn Tin 118.710 [Kr]4d ¹⁰ 5s ² 5p ² 7.3439	51 ⁴ S _{3/2} Sb Antimony 121.760 [Kr]4d ¹⁰ 5s ² 5p ³ 8.6084	52 ³ P ₂ Te Tellurium 127.60 [Kr]4d ¹⁰ 5s ² 5p ⁴ 9.0096	53 ² P _{3/2} I Iodine 126.90447 [Kr]4d ¹⁰ 5s ² 5p ⁵ 10.4513	54 ¹ S ₀ Xe Xenon 131.293 [Kr]4d ¹⁰ 5s ² 5p ⁶ 12.1298
81 ² P _{1/2} Tl Thallium 204.3833 [Hg]6p 6.1082	82 ³ P ₀ Pb Lead 207.2 [Hg]6p ² 7.4167	83 ⁴ S _{3/2} Bi Bismuth 208.98038 [Hg]6p ³ 7.2855	84 ³ P ₂ Po Polonium (209) [Hg]6p ⁴ 8.414	85 ² P _{3/2} At Astatine (210) [Hg]6p ⁵	86 ¹ S ₀ Rn Radon (222) [Hg]6p ⁶ 10.7485
	114		116		

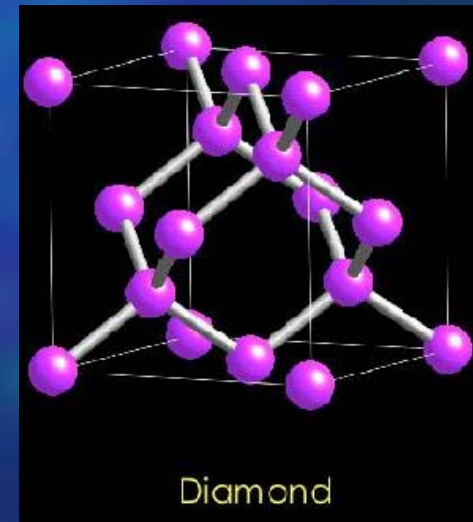
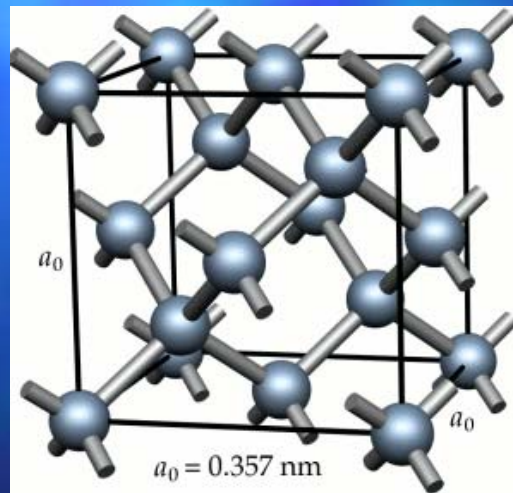
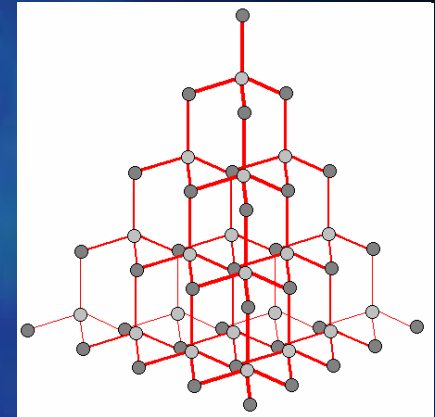
El carbono y silicio comparten muchas características. Cada uno tiene una valencia cuatro--significa que los átomos individuales forman cuatro enlaces con otros elementos en la formación de compuestos químicos. Cada elemento enlaza al oxígeno. Cada uno forma cadenas largas, llamadas polímeros, en los cuales alterna con oxígeno. En el caso más simple, el carbón rinde un polímero llamado polivinílico-acetal, un plástico usado en fibras sintéticas y equipo. El silicio forma las siliconas poliméricas, que utilizamos para impermeabilizar o para lubricar piezas del metal y del plástico.

pero cuando el carbón se oxida--o se dice que se une con oxígeno , durante la combustión--se convierte en el dióxido de carbono gas; el silicio oxida al dióxido de silicio sólido, llamado silice. El hecho que el óxido de silicio es un sólido es una razón básica en cuanto a porqué no puede apoyar vida. La silice, o la arena es un sólido porque el silicio tiene predilección por el oxígeno demasiado buena, y el dióxido de silicio forma un enrejado en cuál el átomo del silicio es rodeado por cuatro átomos de oxígeno. Compuestos de silicato que hacen que las unidades SiO_4^{-4} también existan en los minerales tales como los feldespatos, las mica, las zeolitas o los talcos. Y estos sistemas sólidos plantean los problemas de la disposición para un sistema vivo.

también considera que una forma de vida-
necesita una cierta manera de recoger,
almacenar y de utilizar energía. La energía debe
venir del ambiente. Una vez que está absorbida
o ingerida, la energía se debe utilizar
exactamente donde y cuando es necesaria. Si
no, toda la energía podría liberar su calor
inmediatamente, incinerando la forma de vida-
En un mundo basado carbón-, el elemento de
almacenaje básico es un carbohidrato que tiene
la fórmula $C_x (H_2O)_y$.

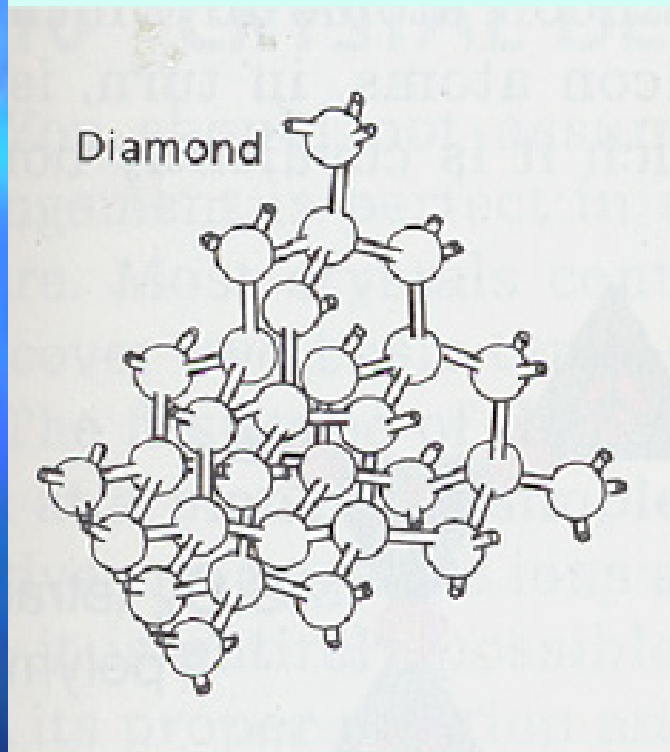
Este carbohidrato se oxida para dar agua y dióxido de carbono, que entonces se intercambian con el aire; los carbonos están conectados por enlaces simples en una cadena, un proceso llamado encadenamiento o catenación. Una forma de vida- basada en carbón- “quema” este combustible en etapas controladas utilizando unos reguladores de la velocidad llamados **enzimas**.

Formas Alotrópicas del carbono: Diamante y Grafito

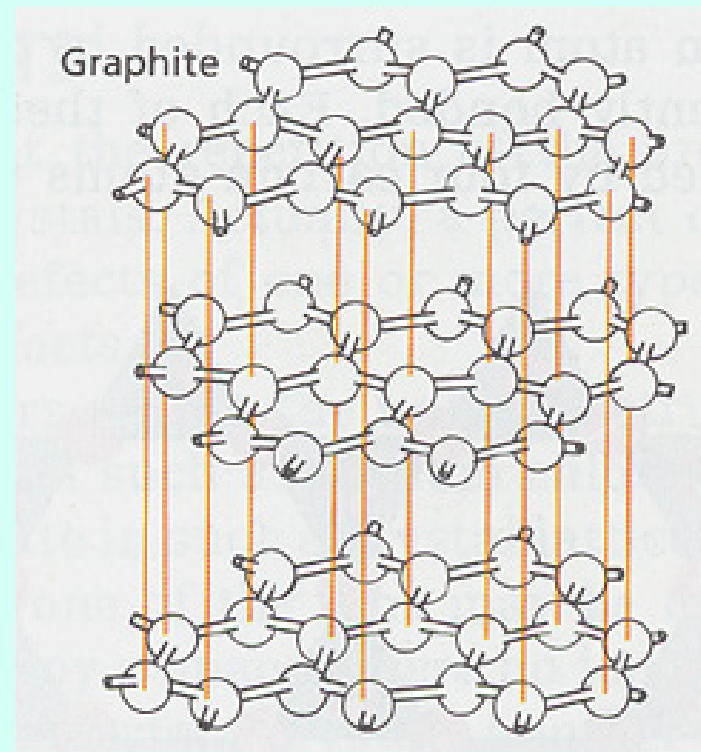


Diamond & Graphite

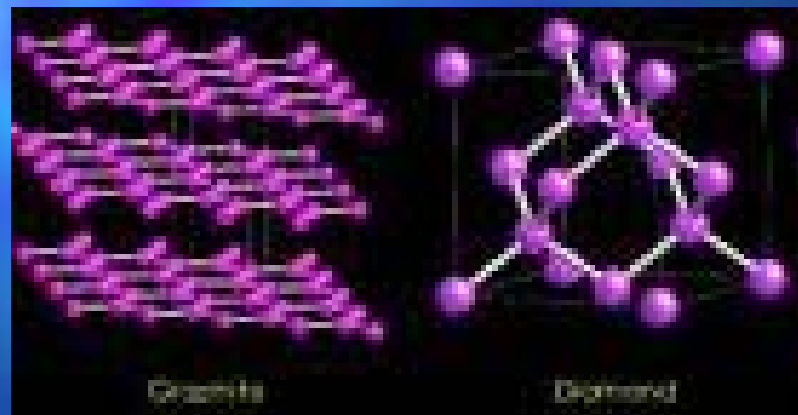
Allotropes of Carbon

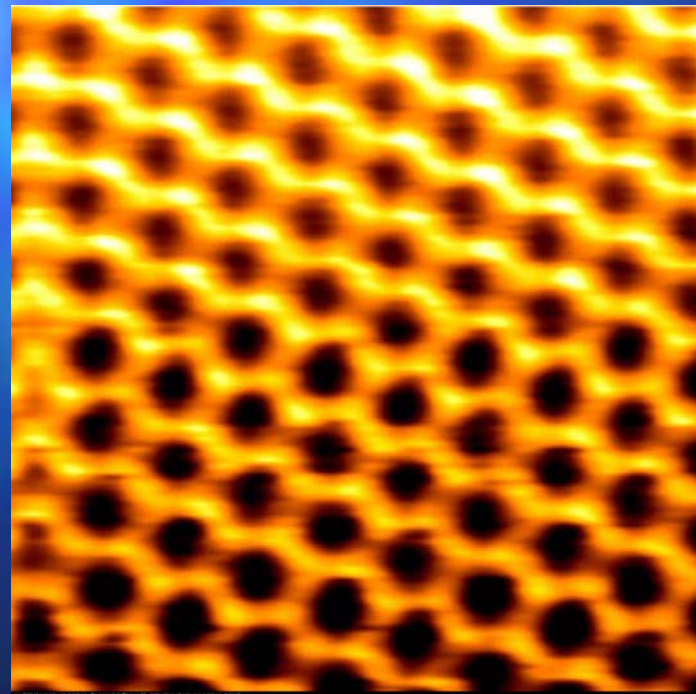
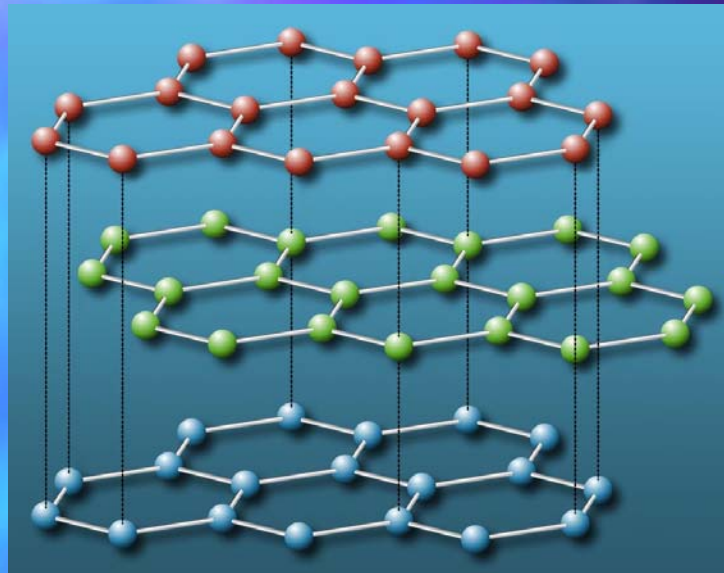


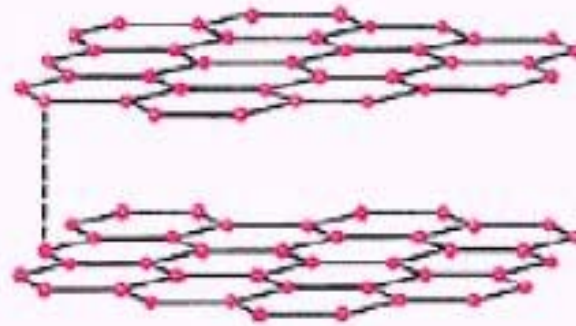
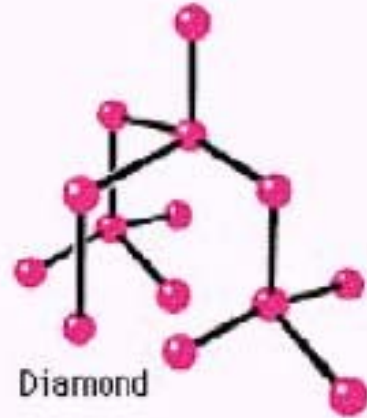
**Three dimensional
network solid**



**Two dimensional
network solid**



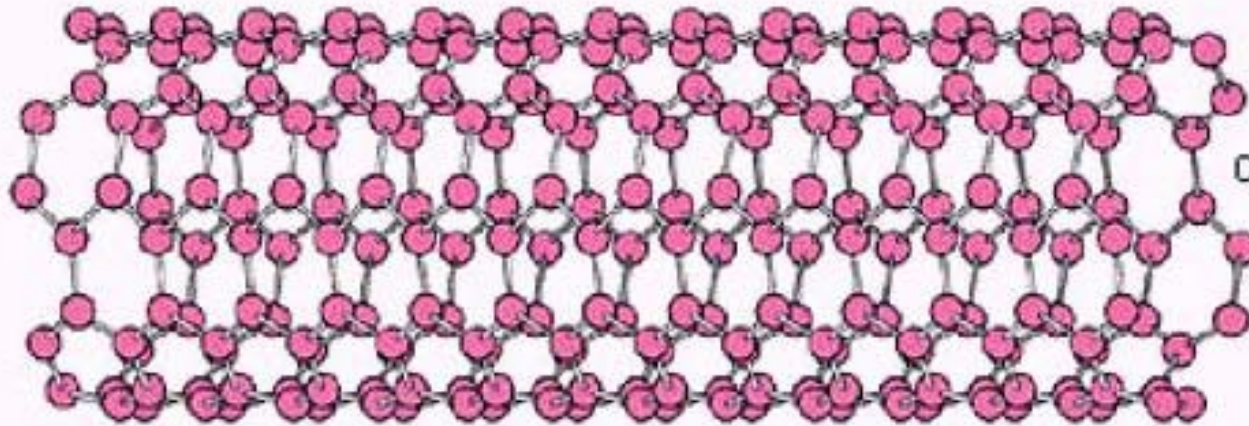




Graphite



Buckminsterfullerene

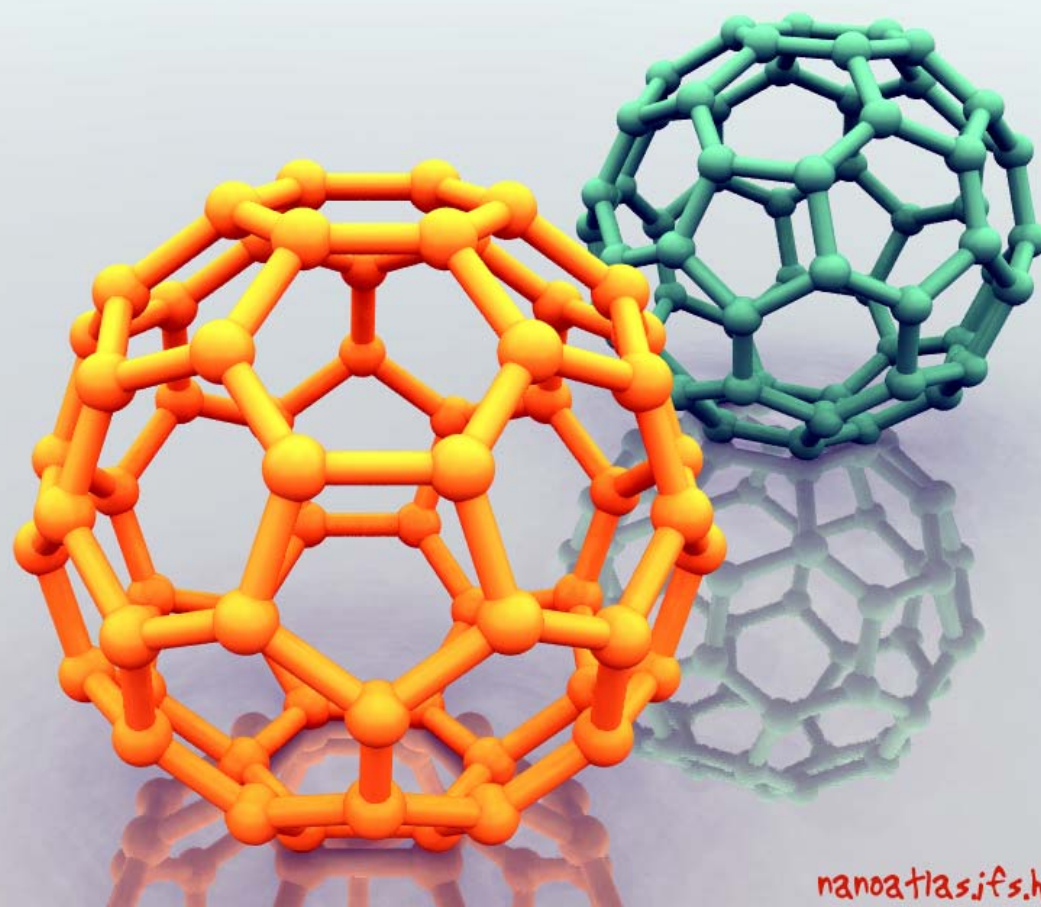


Carbon nanotube

FULLER. Richard Buckminster Fuller (1895 -1983), fue un prestigioso arquitecto, inventor y filósofo estadounidense que defendía su optimista visión de un mundo transformado por una aplicación eficaz de la tecnología. Sus experimentos influyeron sobre arquitectos de todo el mundo, como el calasparreño Pérez Piñero, y le llevaron a la construcción de unas originales cúpulas geodésicas, postulando su uso para cubrir grandes superficies e, incluso, ciudades enteras. Entre las muchas construida por Fuller fue famosa la cúpula que sirvió de pabellón en la Exposición Internacional de 1967 en Montreal.

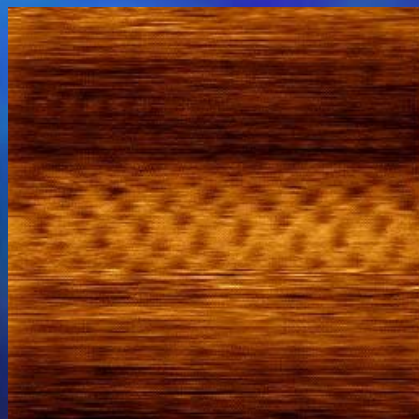
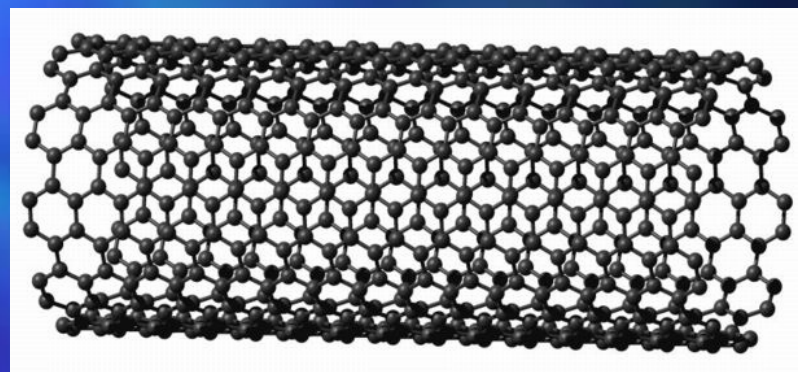
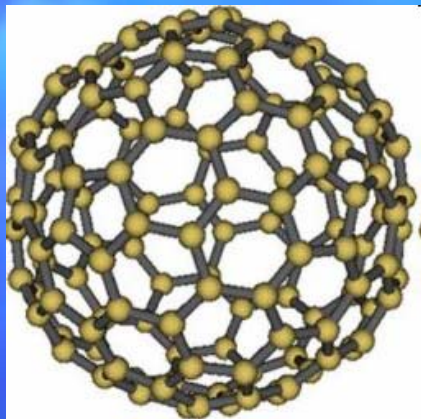
La casualidad hizo que Kroto y Smalley hubieran visitado la Exposición de Montreal y, según sus propias palabras, mientras cavilaban sobre la intrigante estructura de los grupos de carbono C_{60} les venía a la cabeza la formas de las cúpulas de Fuller. Una noche, mientras jugaba con sus hexágonos planos de papel, Smalley encontró la solución, la misma que había aplicado Fuller en sus cúpulas: situar pentágonos a intervalos regulares entre los hexágonos. Efectivamente si sobre cada lado de un pentágono se sitúa un hexágono de la misma longitud lateral y que esté unido alternativamente con otros 3 hexágonos y dos pentágonos adyacentes, se forma una esfera cerrada, semejante a un balón de fútbol, que posee en total 12 pentágonos regulares y 12 hexágonos regulares, contando con 60 átomos de carbono. La revista Nature publicó el hallazgo en su sección de cartas, con una fotografía de un balón de fútbol en los jardines de Rice

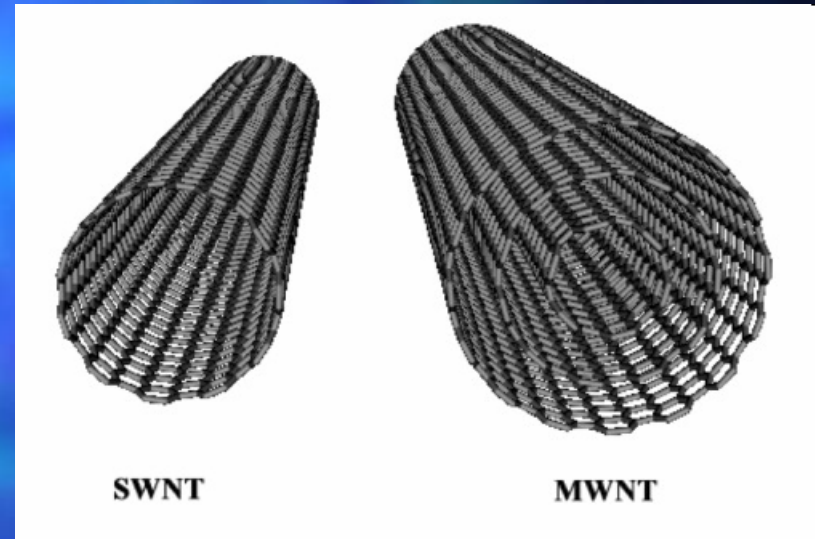
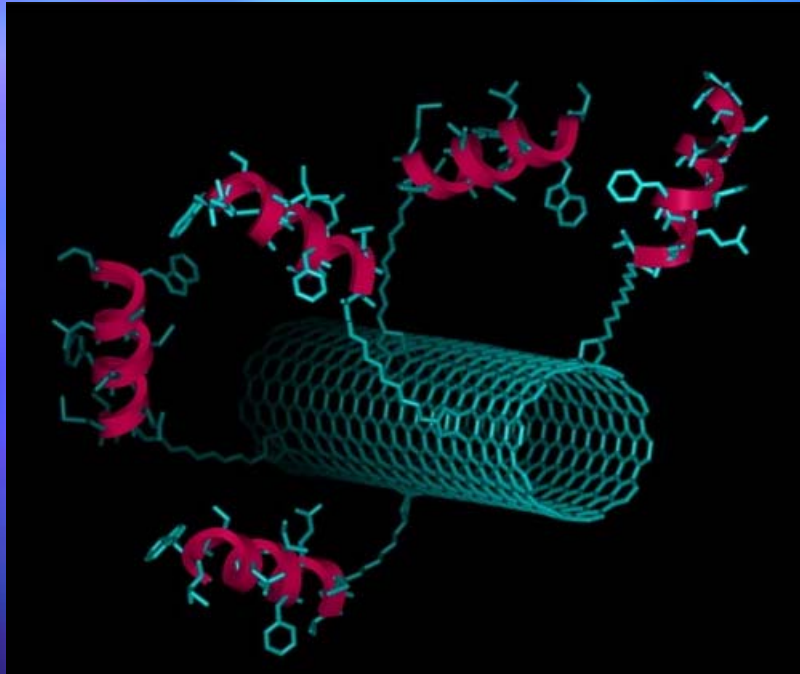
sfere.jfs.hr



Antonio Šiber, 2005

nanoatlas.jfs.hr





Molecular structures of a single-walled carbon nanotube (SWNT) and of a multi-walled carbon nanotube (MWNT).

El buckminsterfullereno o fullereno C_{60} constituía una nueva forma natural alotrópica del carbono pero la demostración definitiva, su obtención en el laboratorio en cantidades significativas, llevó cinco años de arduos trabajos.

En ellos, se comprobó que existen otros fullerenos que poseen más átomos de carbono así como variantes geométricas de la forma, por ejemplo la versión alargada (pelota de rugby). Incluso se obtuvo una forma sólida amarilla transparente, la fullerita, cuyas moléculas forman una especie de conjunto de balas de cañón en una distribución compacta.

También versiones tubulares de fullerenos en forma sólida. En 1991 el fullereno fue declarado "molécula del año". En 1997 la asamblea legislativa estatal de Texas declaró la C_{60} como molécula estatal de Texas

APLICACIONES. Actualmente se cree que es probable que el buckminsterfullereno abunde en el Universo, particularmente cerca de las estrellas rojas gigantes, atrapando en su interior moléculas, como las de gas helio y otras, que han utilizado esa envoltura o vehículo para viajar por el espacio.

Los átomos de carbono tienen la particularidad de unirse para formar cadenas

cadenas que dan origen a la más variada gama de estructuras.

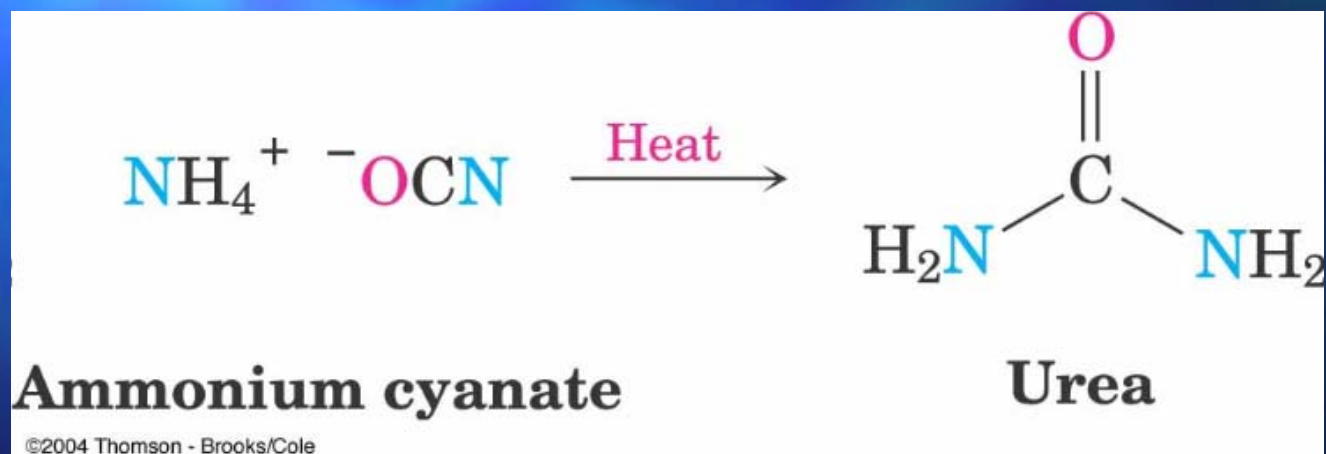
Hoy, se sigue hablando de la química orgánica por el peso de la tradición, pero en realidad entraremos al mundo de los compuestos del carbono.

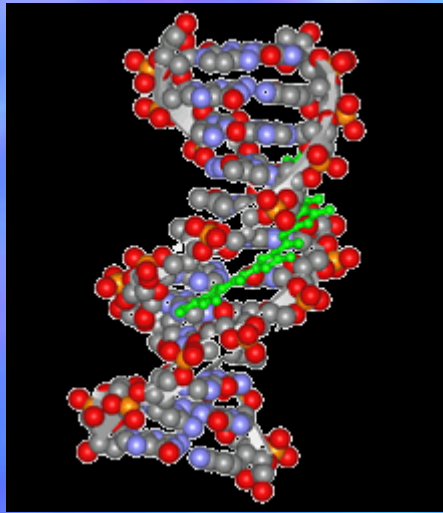
La masa desecada de los tejidos de los organismos vivos, está constituida en un 98 % por carbono e hidrógeno con cantidades variables de O y N dependiendo del tipo. Se estima que una simple bacteria contiene 5000 compuestos orgánicos y un ser humano tiene unos 5 millones.

- n En 1828, Friedrich Wöhler, un joven químico alemán, se encontraba
- n experimentando con una sal inorgánica, el cianato de amonio, cuando observó la formación de unos cristales con características muy particulares. Los analizó y observó que sus propiedades eran idénticas a las de la urea.
- n Por primera vez, se había sintetizado en el laboratorio un compuesto hasta entonces sólo de origen natural. Desde entonces millones de compuestos - cuyas estructuras están constituidas por uno o más átomos de carbono - han sido sintetizados, y esto ha permitido
- n la fabricación de materiales y sustancias que han transformado sustancialmente nuestras vidas, en todo sentido.

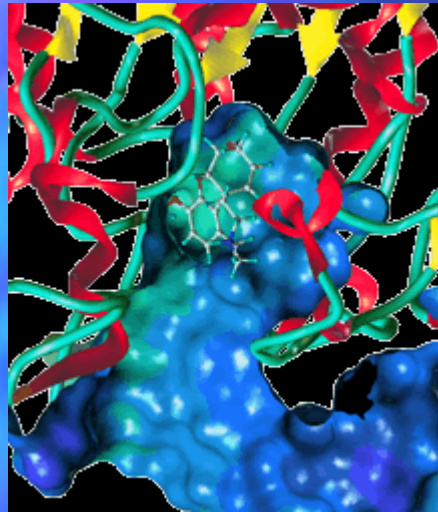
Química Orgánica

- n “Organic” – until mid 1800’s referred to compounds from living sources (mineral sources were “inorganic”)
- n **Wöhler** in 1828 showed that urea, an organic compound, could be made from a non-living source:

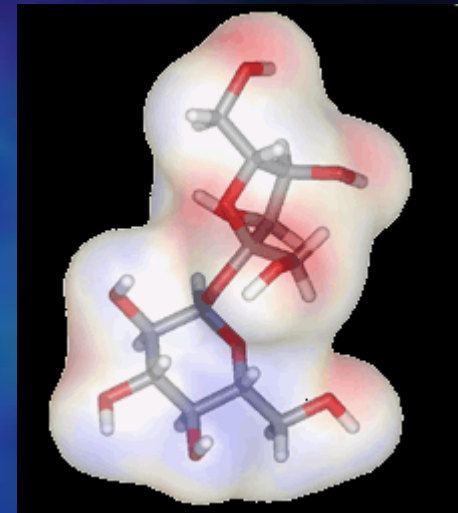




Deoxyribonucleic acid (DNA), which is the carrier of the genetic code in all living beings.



Proteins, which play an important part in all essential processes of all organisms.



Carbohydrates (saccharides), which among other things are important to the energy balance of the body.

¿Cómo la química apoya vida? Los organismos obtienen y controlan energía usando reacciones de reducción-oxidación, las reacciones químicas (redox) que se basan en transporte del electrón. La vida terrestre ha desarrollado una completa secuencia de catalizadores orgánicos que ayudan a almacenar y a liberar energía en las células. Las moléculas inorgánicas encontradas en el ambiente actúan como portadores de electrones para facilitar la transferencia de electrones.

Organic Chemistry

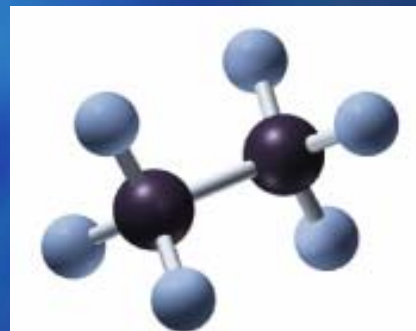
Hoy, los **compuestos orgánicos** están basados en las estructuras del carbón y la **química orgánica** estudia sus estructuras y reacciones

- Incluye las moléculas, las drogas, los solventes, los tinturas, los aditivos alimenticios, los pesticidas, y otros biológicos.
- No incluye las sales del carbonato del metal y otros compuestos iónicos simples (inorgánicos)

Organic Compounds

Typically, organic compounds

- Contain carbon.
- Have covalent bonds.
- Have low melting points.
- Have low boiling points.
- Are flammable.
- Are soluble in nonpolar solvents.



Elementos más importantes en los compuestos orgánicos:

Carbono

Hidrógeno

Oxígeno

Nitrógeno

Azufre

Fósforo

Cloro

Flúor

Yodo

Magnesio

Molibdeno

Hierro

- n El hidrógeno, carbono, nitrógeno y oxígeno constituyen el 99.33 % de todos los átomos que forman los compuestos orgánicos.

Other Covalent Bonds

Carbon atoms form bonds mostly with H and other C atoms, but also with atoms of O, N, S, and halogens F, Cl, and Br.

Table 11.1 Covalent Bonds for Elements in Organic Compounds

Element	Group	Covalent Bonds	Structure of Atoms
H	1A	1	H—
C	4A	4	$ \begin{array}{c} \\ \text{—C—} \\ \end{array} $
N	5A	3	$ \begin{array}{c} \\ \text{—N—} \\ \text{..} \end{array} $
O, S	6A	2	$ \begin{array}{cc} \text{—}\ddot{\text{O}}\text{—} & \text{—}\ddot{\text{S}}\text{—} \end{array} $
F, Cl, Br, I	7A	1	$ \text{—}\ddot{\text{X}}\text{:} \quad (\text{X} = \text{F, Cl, Br, I}) $

Conectividad de los principales átomos presentes en familias orgánicas

C --- 4

H --- 1

O --- 2

N --- 3

X --- 1

Conectividad =
No. De enlaces
que forman

Organic Chemistry

H																	C	N			He
Li	Be															B		O	F	Ne	
Na	Mg															Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr				
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe				
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn				
Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt													

Atomic Structure: Orbitals

Quantum mechanics: describes electron energies and locations by a *wave equation*

- *Wave function* is a solution of the wave equation
- Each Wave Function describes an **orbital**, ψ

A plot of ψ^2 describes the probability of finding the electron

The electron cloud has no specific boundary so we show the most probable volume.

The boundary is called a “probability surface”

Shapes of Atomic Orbitals for Electrons

For the existing elements, there are four different kinds of orbitals for electrons based on those derived for a hydrogen atom.

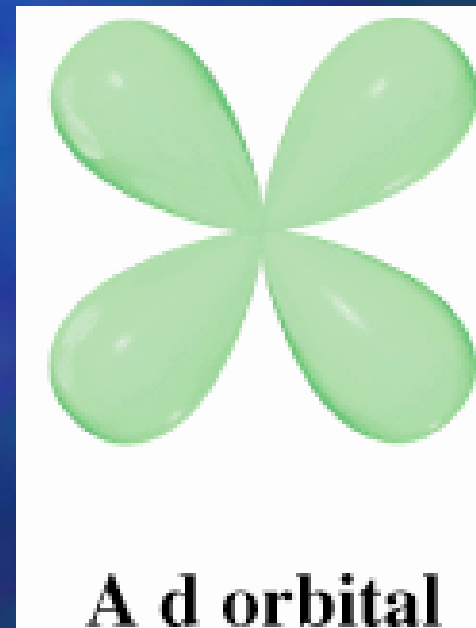
Denoted s , p , d , and f

s and p orbitals most important in organic chemistry (carbon atoms have no d or f orbitals)

Shapes of Atomic Orbitals for Electrons

s orbitals: spherical, nucleus at center

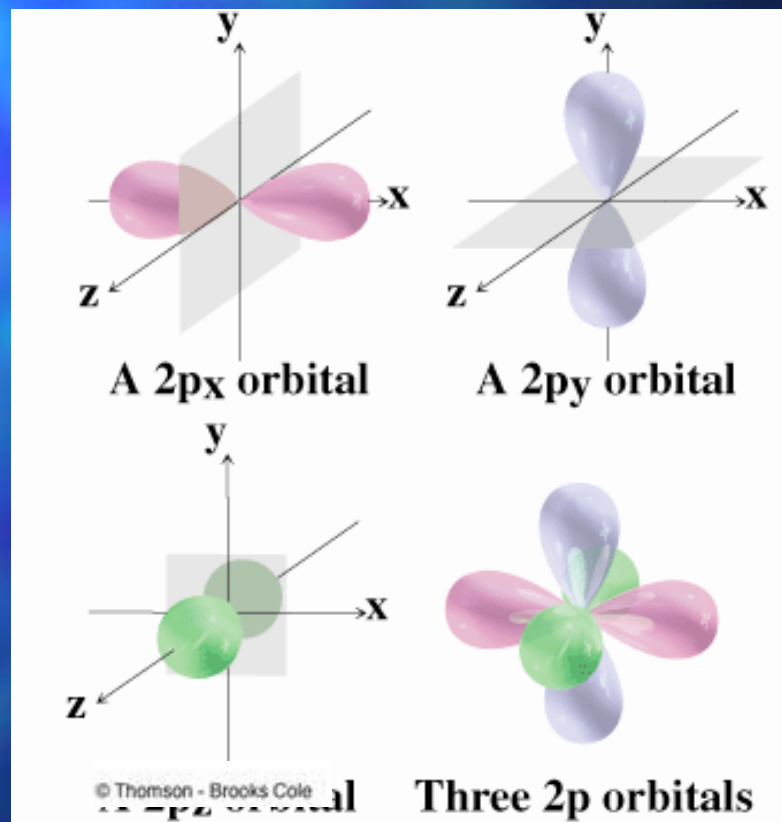
p orbitals: dumbbell-shaped, nucleus at middle



p-Orbitals

In each shell there are three perpendicular p orbitals, p_x , p_y , and p_z , of equal energy

Lobes of a p orbital are separated by region of zero electron density, a **node**



Atomic Structure: Electron Configurations

Ground-state electron configuration of an atom lists orbitals occupied by its electrons.

1. Lowest-energy orbitals fill first: $1s \rightarrow 2s \rightarrow 2p \rightarrow 3s \rightarrow 3p \rightarrow 4s \rightarrow 3d$ (*Aufbau* (“build-up”) principle)
2. Electron spin can have only two orientations, up $\uparrow$ and down $\downarrow$. Only two electrons can occupy an orbital, and they must be of opposite spin (*Pauli exclusion principle*) to have unique wave equations
3. If two or more empty orbitals of equal energy are available, electrons occupy each with spins parallel until all orbitals have one electron (*Hund's rule*).

Electron Configurations

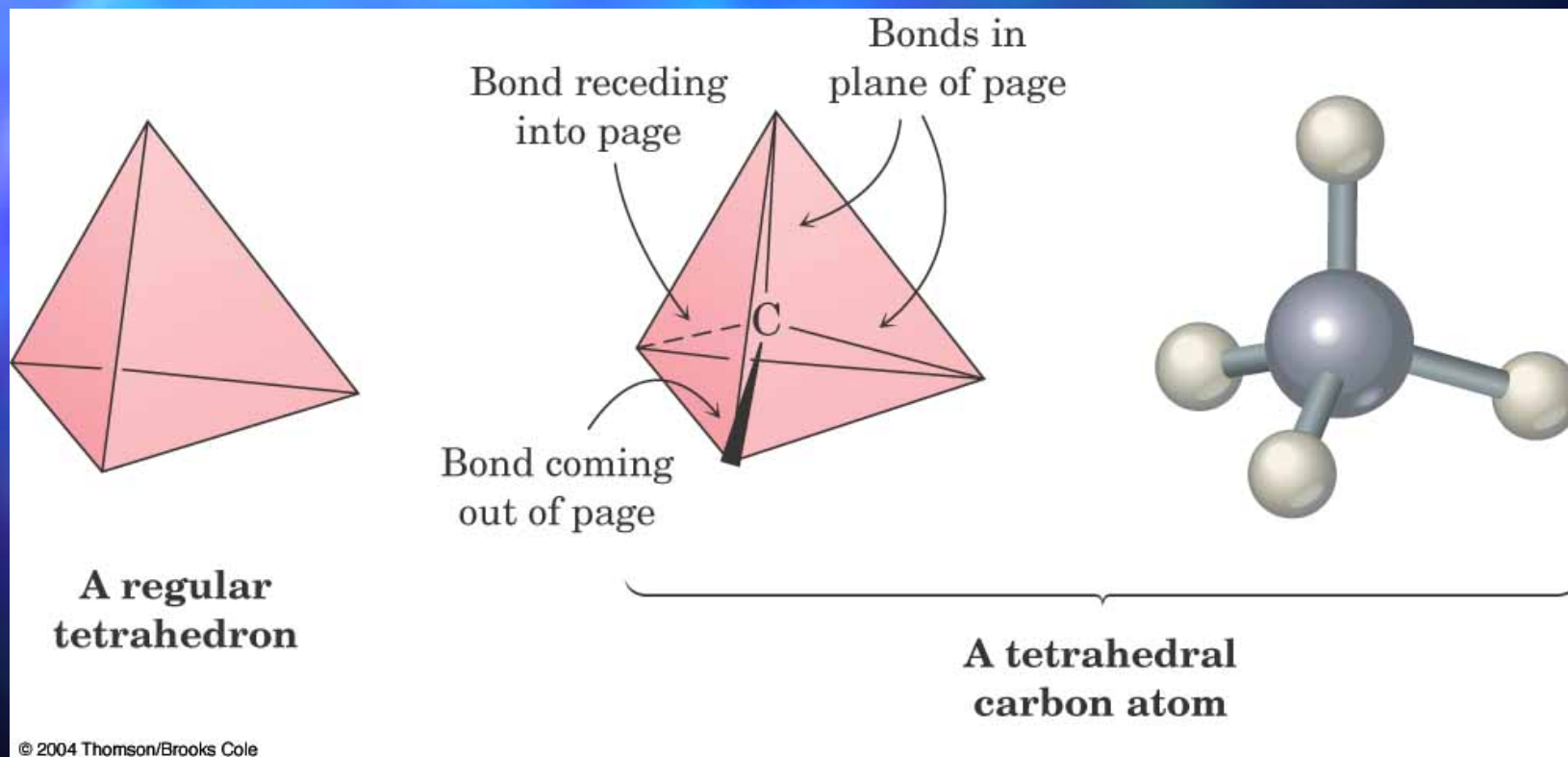
TABLE 1.1 Ground-State Electron Configurations of Some Elements

Element	Atomic number	Configuration	Element	Atomic number	Configuration
Hydrogen	1	1s ↑	Lithium	3	2s ↑ 1s ↑↓
Carbon	6	2p ↑ ↑ — 2s ↑↓ 1s ↑↓	Neon	10	2p ↑↓ ↑↓ ↑↓ 2s ↑↓ 1s ↑↓
Sodium	11	3s ↑ 2p ↑↓ ↑↓ ↑↓ 2s ↑↓ 1s ↑↓	Argon	18	3p ↑↓ ↑↓ ↑↓ 3s ↑↓ 2p ↑↓ ↑↓ ↑↓ 2s ↑↓ 1s ↑↓

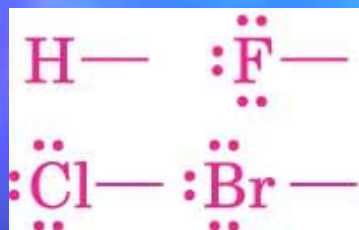
Electron Configurations

Element	Atomic number	Configuration
Hydrogen	1	1s ↑
Carbon	6	1s ↑↓ 2s ↑↓ 2p ↑ ↑ —
Sodium	11	1s ↑↓ 2s ↑↓ 2p ↑↓ ↑↓ ↑↓ 3s ↑

Tetrahedral Carbon:



Number of Covalent Bonds to an Atom



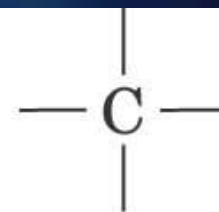
One bond



Two bonds



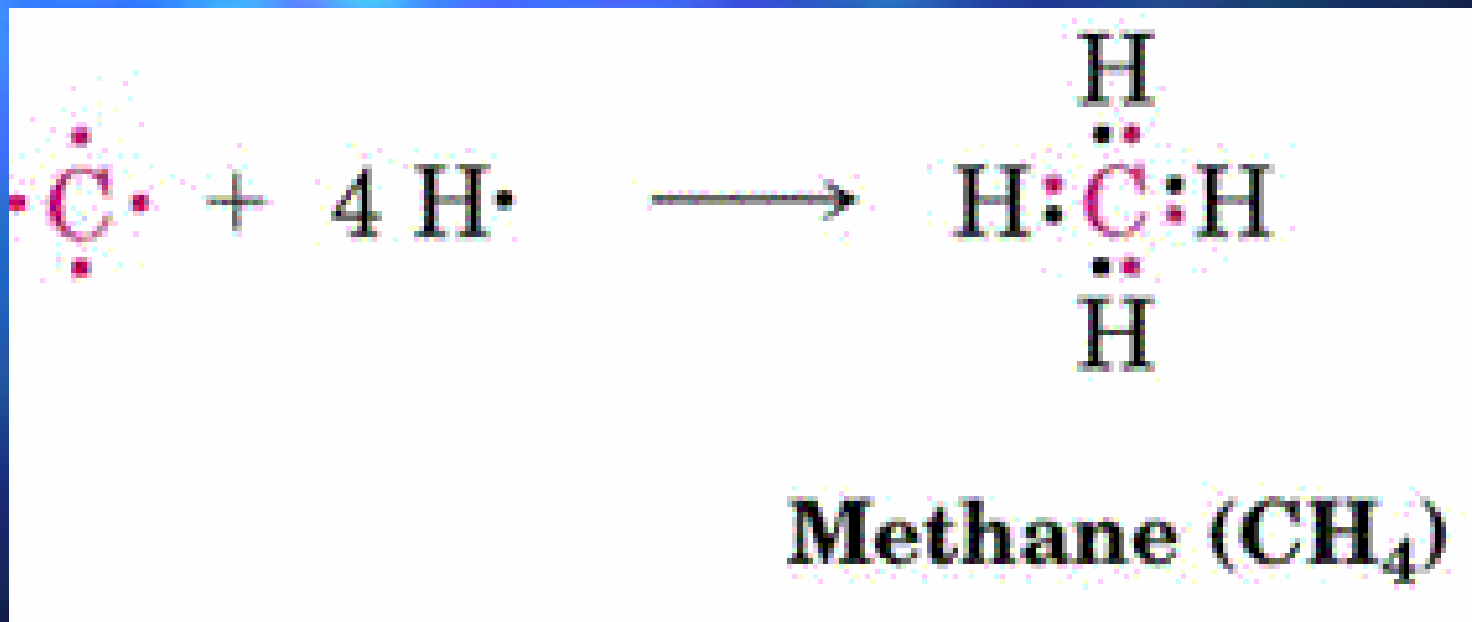
Three bonds



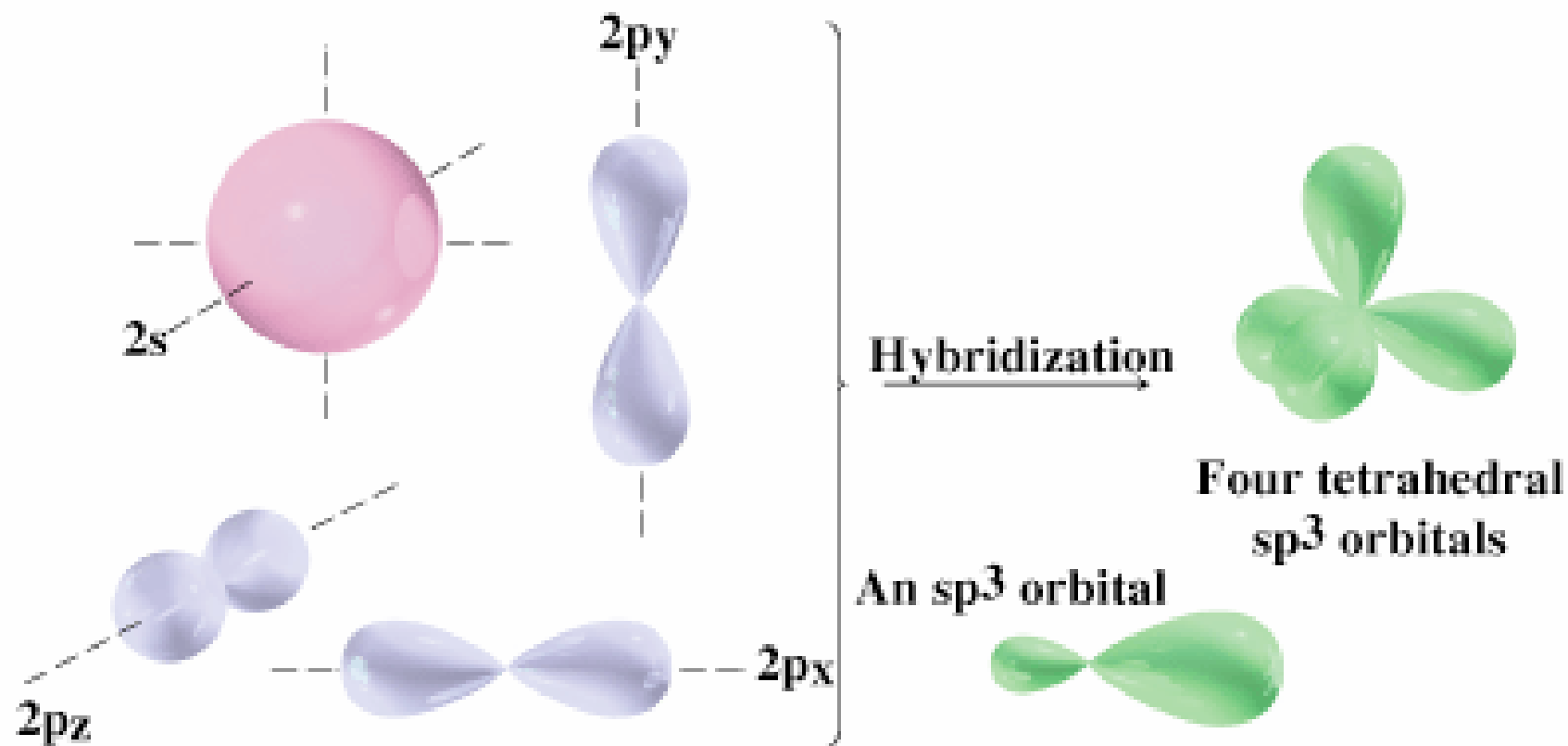
Four bonds

Valences of Carbon

Carbon has four valence electrons ($2s^2 2p^2$), forming four bonds (CH_4)



sp^3 Hybridization



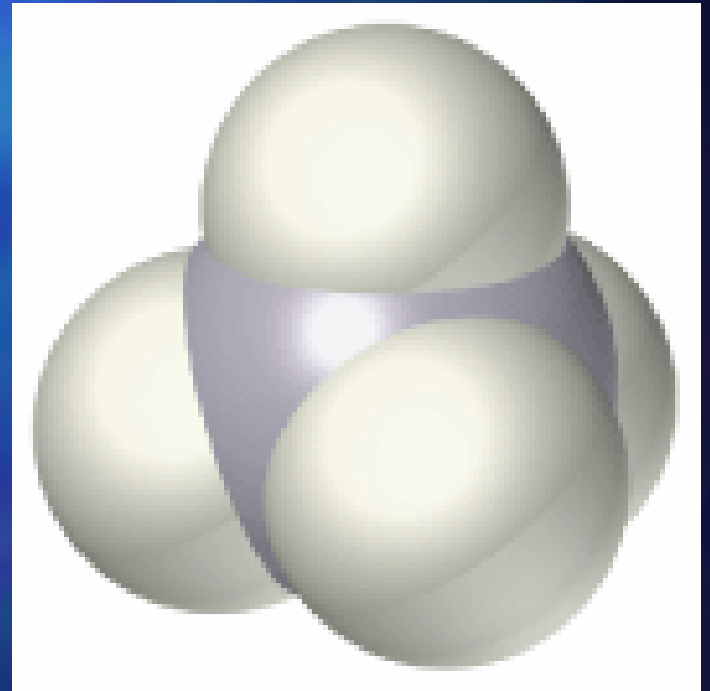
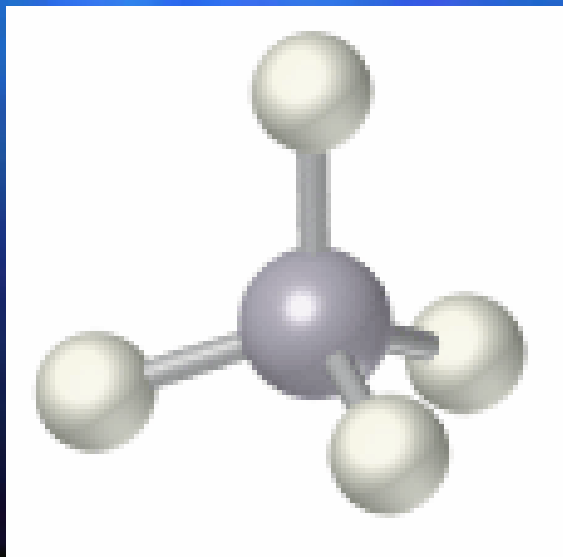
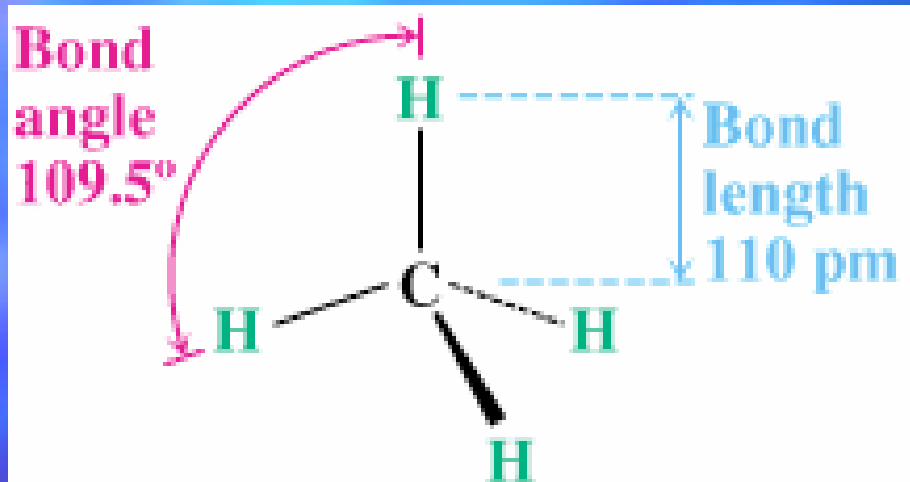
Tetrahedral Structure of Methane

sp^3 orbitals on C overlap with $1s$ orbitals on 4 H atom to form four identical C-H bonds

Each C-H bond has a strength of 438 kJ/mol and length of 110 pm

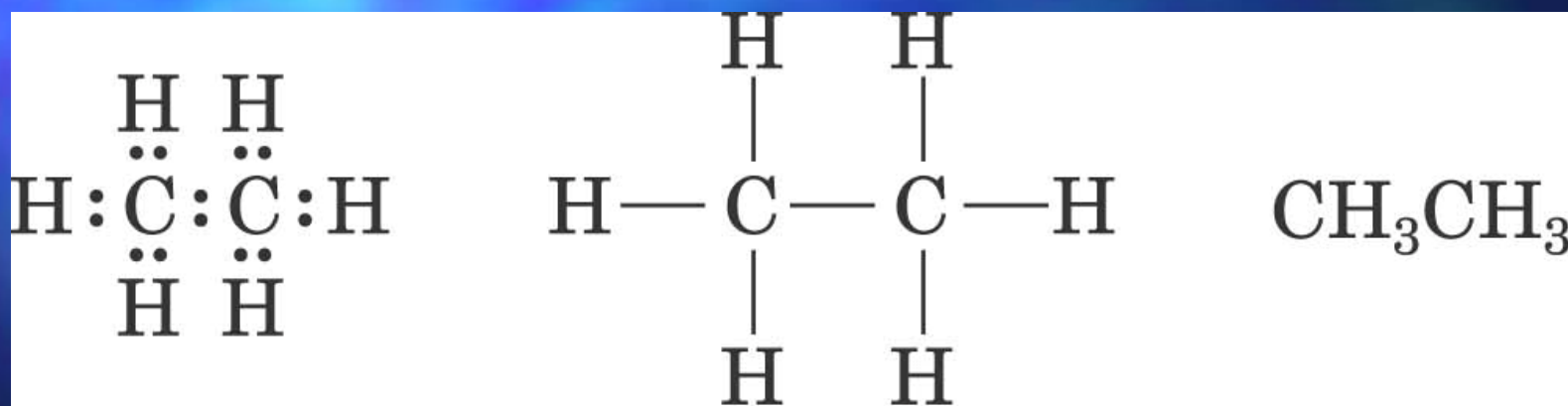
Bond angle: each H-C-H is 109.5° , the *tetrahedral angle*.

Tetrahedral Structure of Methane



Hybridization: sp^3 Orbitals and the Structure of Ethane

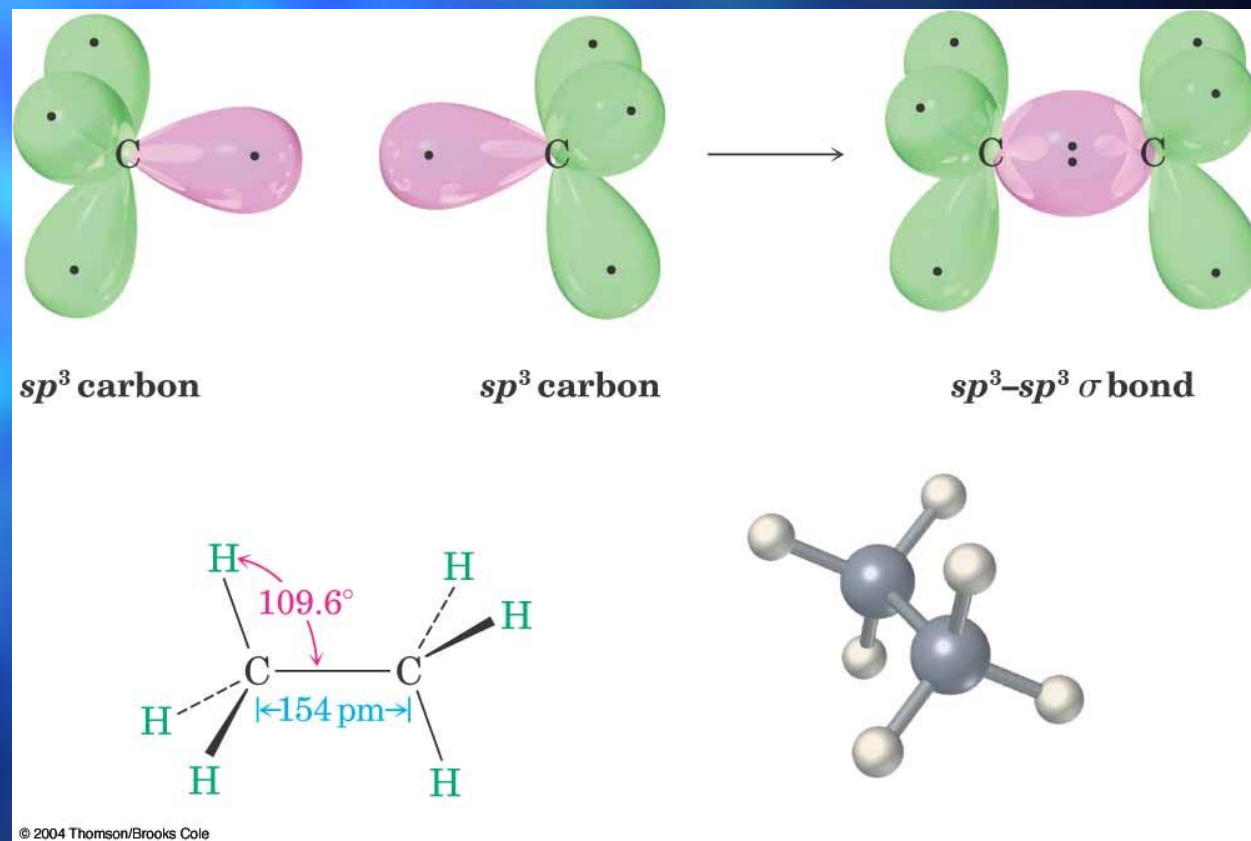
- n Two C's bond to each other by σ overlap of an sp^3 orbital from each
- n Three sp^3 orbitals on each C overlap with H $1s$ orbitals to form six C-H bonds



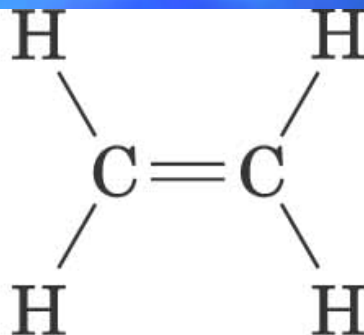
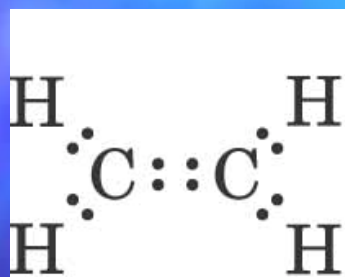
Some representations of ethane

Hybridization: sp^3 Orbitals and the Structure of Ethane

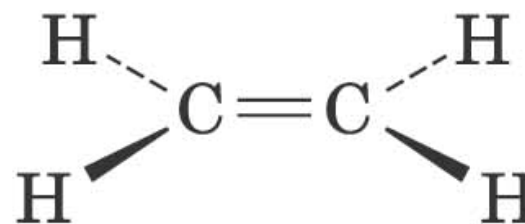
- n C-H bond strength in ethane 420 kJ/mol
- n C-C bond is 154 pm long and strength is 376 kJ/mol
- n All bond angles of ethane are tetrahedral



Hybridization: sp^2 Orbitals and the Structure of Ethylene



Top view

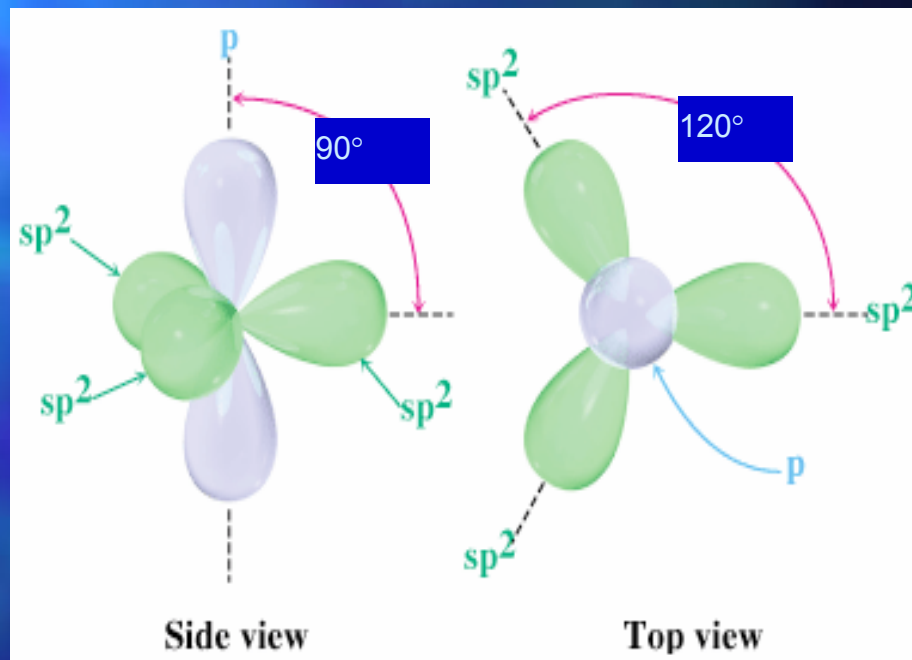


Side view

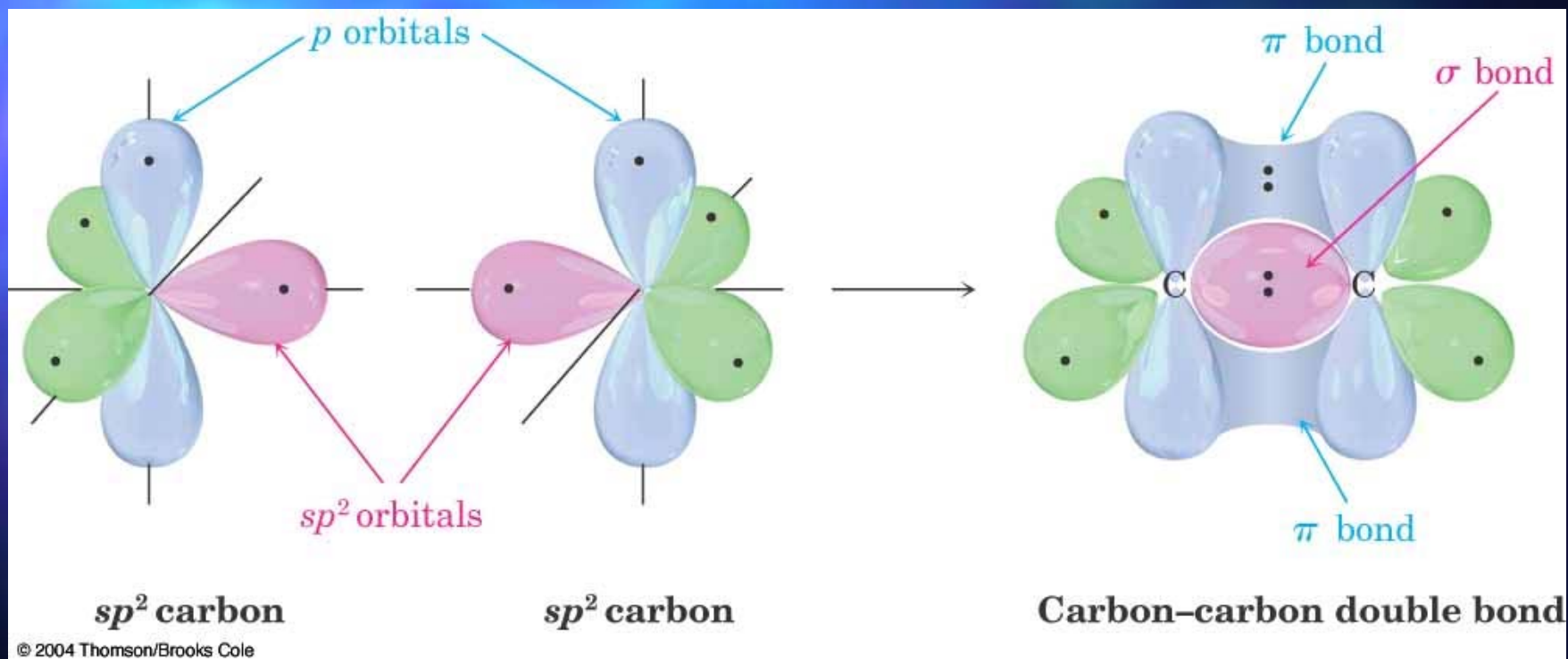
Ethylene

Hybridization: sp^2 Orbitals and the Structure of Ethylene

sp^2 hybrid orbitals: $2s$ orbital combines with *two* $2p$ orbitals, giving 3 orbitals ($spp = sp^2$)
 sp^2 orbitals are in a plane with 120° angles
Remaining p orbital is perpendicular to the plane



Bonds From sp^2 Hybrid Orbitals



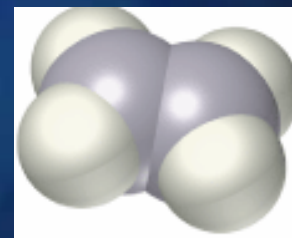
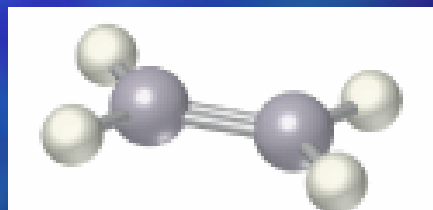
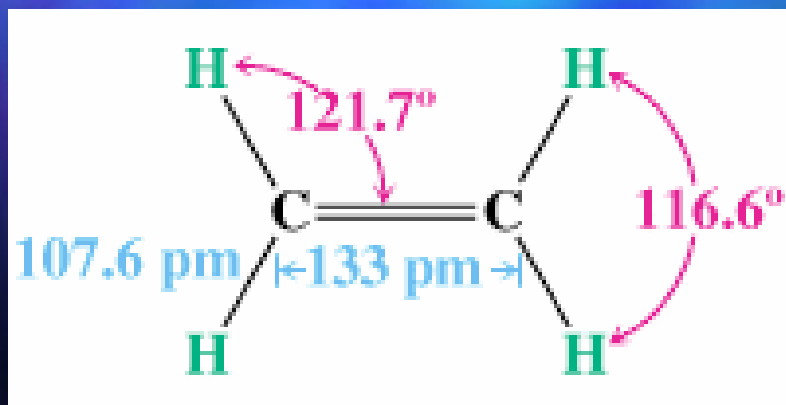
Structure of Ethylene

H atoms form σ bonds with four sp^2 orbitals

H—C—H and H—C—C bond angles of about 120°

C—C double bond in ethylene shorter and stronger than single bond in ethane

Ethylene C=C bond length 133 pm (C—C 154 pm)



Hybridization: *sp* Orbitals and the Structure of Acetylene

C-C a *triple* bond sharing six electrons



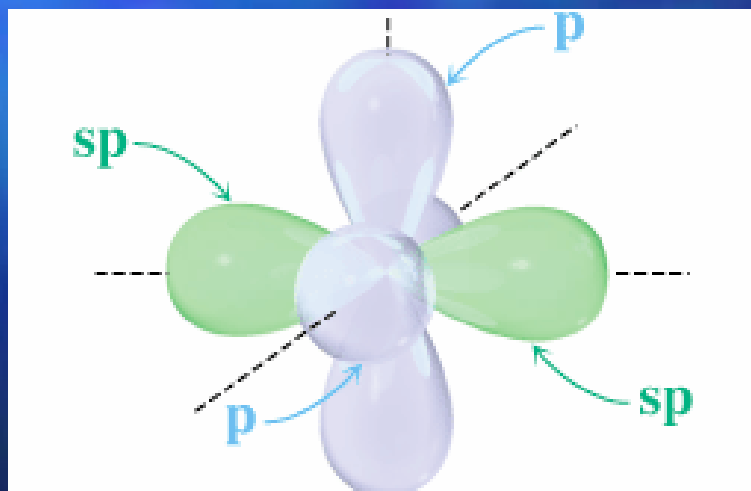
Acetylene

Hybridization: sp Orbitals and the Structure of Acetylene

Carbon $2s$ orbital hybridizes with a single p orbital giving two sp hybrids (two p orbitals remain unchanged)

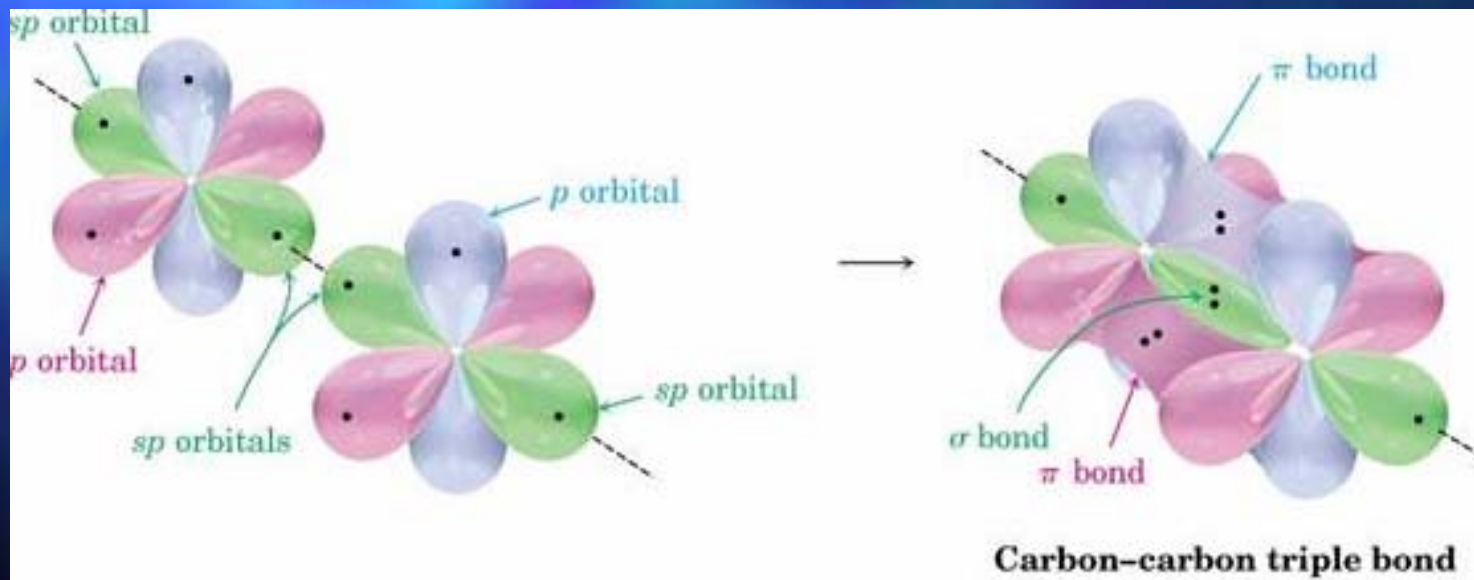
sp orbitals are linear, 180° apart on x -axis

Two p orbitals are perpendicular on the y -axis and the z -axis



Orbitals of Acetylene

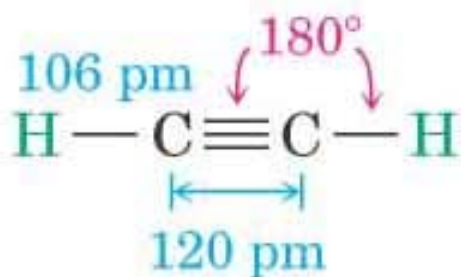
Two sp hybrid orbitals from each C form $sp-sp$ σ bond
 p_z orbitals from each C form a p_z-p_z π bond by sideways overlap
and p_y orbitals overlap similarly



Bonding in Acetylene

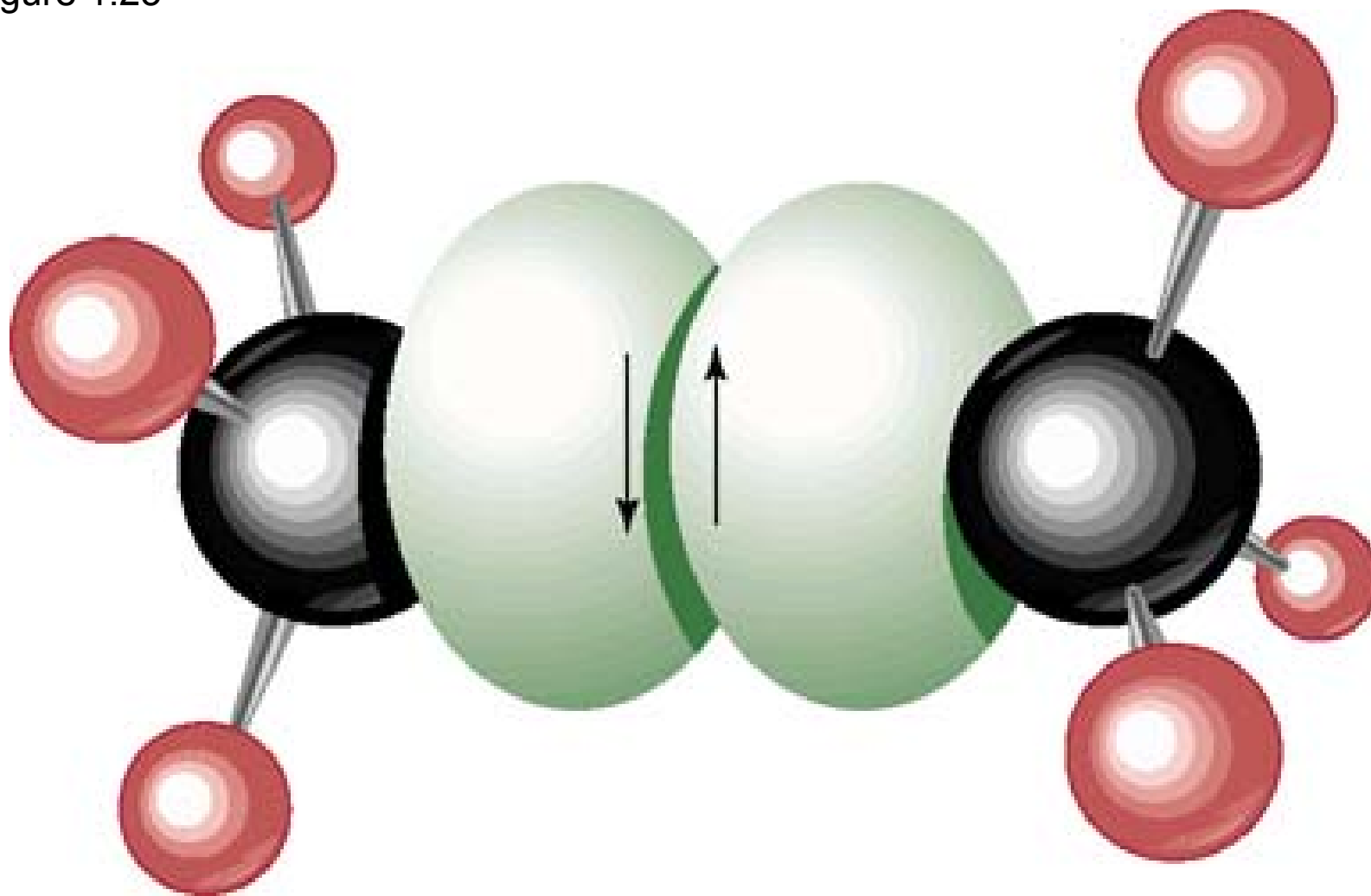
Sharing of six electrons forms $C \equiv C$

Two *sp* orbitals form σ bonds with hydrogens



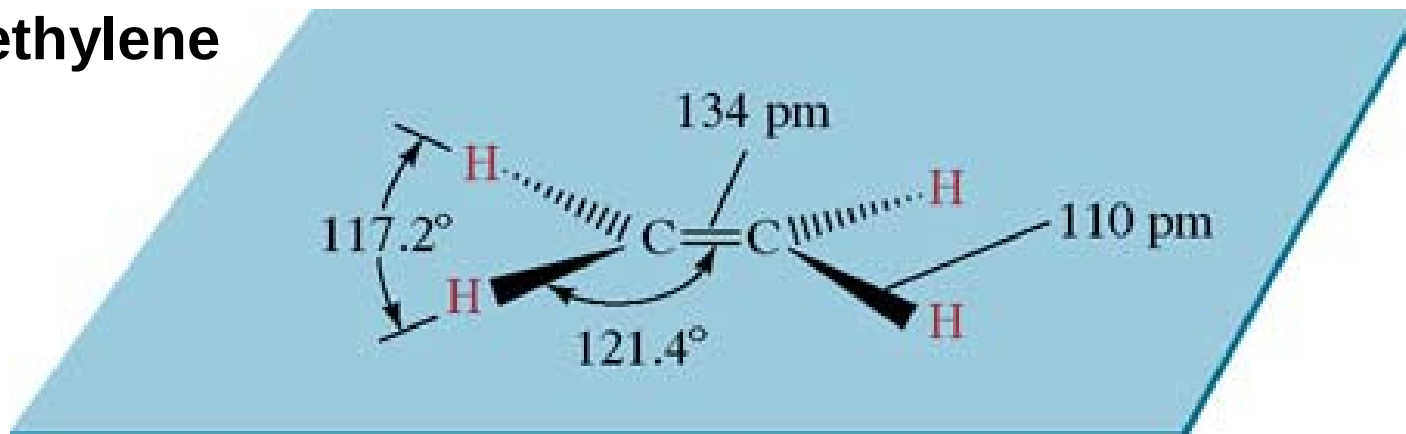
Orbital overlap description

Figure 1.23

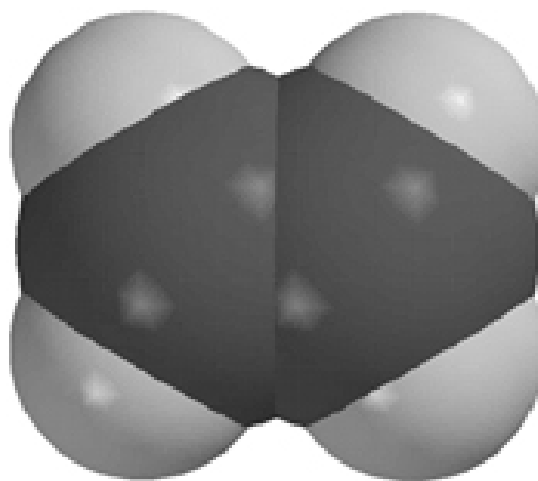


Atoms of ethylene

Figure 1.24



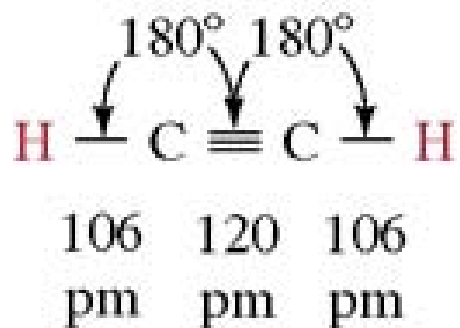
(a)



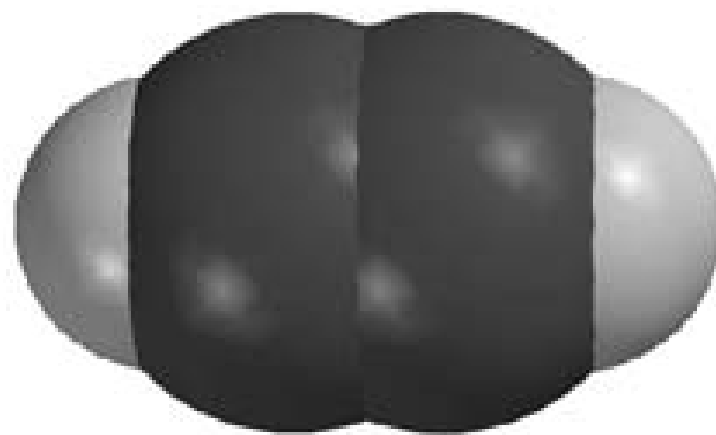
(b)

Acetylene is a linear molecule

Figure 1.28



(a)



(b)

Clasificación de los compuestos orgánicos

Los compuestos orgánicos se han clasificado con base a un conjunto de átomos (**grupo funcional**) que los caracterizan y del cual dependen en gran medida sus propiedades físicas y químicas.

Clasificación de los compuestos orgánicos

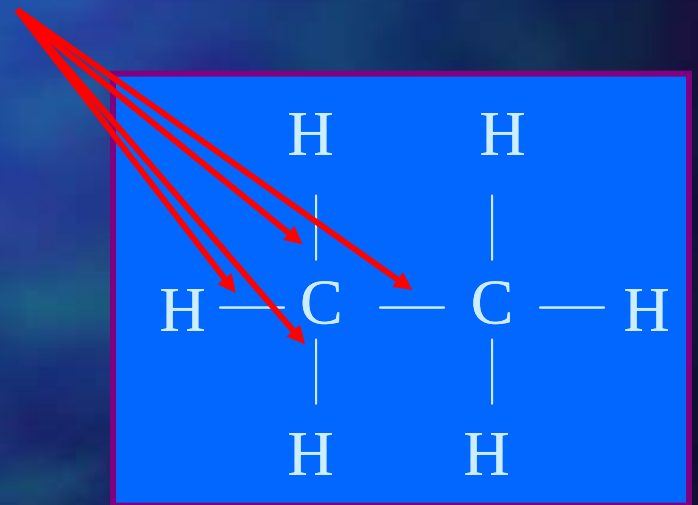
Compuesto	Grupo Funcional
Alcanos	$R-H$
Alquenos	$R-C=C-R$
Alquinos	$R-C\equiv C-R$
Halogenuros de alquilo	$R-X$ en donde X =Halógeno y R =alquilo
Alcoholes	$R-OH$
Aldehídos	$R-CH=O$
Cetonas	$ \begin{array}{c} R-C-R \\ \\ O \end{array} $

Compuesto	Grupo Funcional
Éteres	$R-O-R$
Ácidos carboxílicos	$ \begin{array}{c} R-C=O \\ \\ OH \end{array} $
Ésteres	$ \begin{array}{c} R-C=O \\ \\ O-R \end{array} $
Amidas	$ \begin{array}{c} R-C=O \\ \\ NH_2 \end{array} $
Aminas	$R-NH_2$

Electrones de valencia

- Carbono No. atómico = 6
- Configuración electrónica $1s^2 / 2s^2 2p^2$
- Tiene 4 electrones de valencia

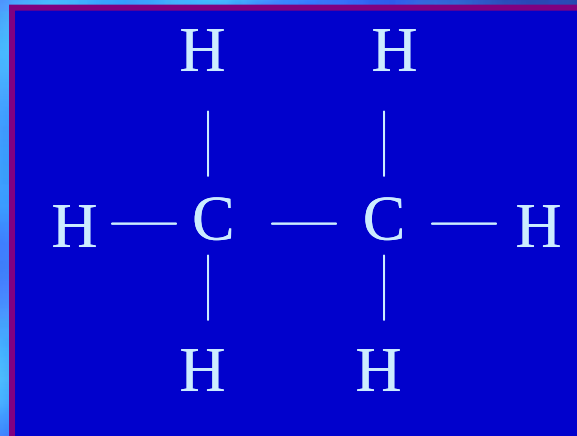
**El C forma
exclusivamente 4
enlaces covalente .**



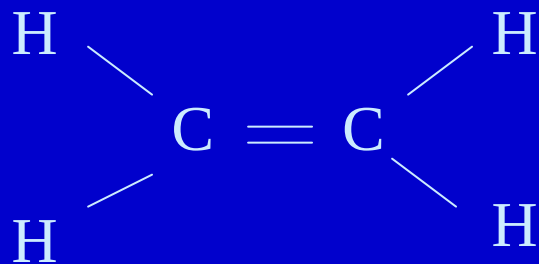
Enlaces en los compuestos orgánicos

- Covalente sencillo, cuando se comparten dos electrones entre los átomos.
- Covalente múltiple, cuando se comparten más de dos electrones (cuatro o seis electrones) entre los átomos.

Enlaces covalentes simples



Enlaces covalentes múltiples



ISOMERÍA ÓPTICA Y AMINOACIDOS

El caso del ácido que rotaba la luz

El que lo descubrió fue Pasteur. Era 1847 y tenía 24 años. Trabajaba para obtener el título de Doctor en Química en la Escuela Normal Superior de París. Su tema de investigación era la cristalografía, un brote de la química que empezaba a crecer vigorosamente. Pasteur abordó el asunto de los cristales de ácido tartárico, sustancia que se forma en grandes cantidades durante el proceso de fermentación del vino. El ácido tartárico extraído de los barriles de vino tenía la propiedad de rotar la luz polarizada cuando estaba disuelto en agua. Sin embargo, las soluciones preparadas con ácido tartárico sintetizado en el laboratorio no rotaban la luz. ¿Cómo podía pasar esto, si se trataba de la misma sustancia? Otros científicos habían examinado los cristales sin encontrar diferencias. “Pero quizás no las vieron —señaló tiempo después Emile Duclaux (un colaborador de Pasteur)— porque creían que no existían”.

El hombre que separó los cristales

Pasteur estudió la sustancia bajo el microscopio. Todos los cristales de ácido tartárico extraído de los barriles lucían idénticos. Los cristales sintetizados en laboratorio también lucían idénticos, excepto por un sutil detalle. En realidad, en el laboratorio se producían dos tipos de cristales, y cada uno era la imagen especular del otro. ¿Sería esa diferencia la responsable de las diferentes propiedades ópticas de los ácidos? A Pasteur se le ocurrió una forma de averiguarlo. Agarró una aguja de disección y, siempre bajo el microscopio, separó los dos tipos de cristales obtenidos en el laboratorio. Los disolvió en agua y vio cómo afectaban el paso de la luz polarizada. Una de las soluciones rotó la luz hacia la derecha, la otra hacia la izquierda. Al parecer, existían dos tipos de moléculas que formaban cristales apenas distintos. Una de ellas rotaba la luz a la derecha, la otra hacia la izquierda. Cuando ambas estaban en la misma solución, el efecto de una compensaba el efecto de la otra y la luz no rotaba. Sonaba lógico. Con este sencillo y paciente experimento, Pasteur descubrió la existencia de los isómeros ópticos (ver el mismo recuadro). Y fundó la estereoquímica, una de las ramas de la química que estudia este tipo de moléculas.

Asimetrías de los seres vivos

Tras reflexionar sobre el significado del descubrimiento, Pasteur llegó a la conclusión de que la asimetría molecular bien podía ser una propiedad intrínseca de los seres vivos. “La vida, tal como se nos manifiesta – escribió–, es una función de la asimetría del universo y de las consecuencias de este hecho... puedo incluso imaginar que todas las especies vivientes son, primordialmente, en su estructura, en sus formas externas, funciones de la asimetría cósmica”. Hoy se conocen otras asimetrías moleculares en los seres vivos. Igual que con el ácido tartárico, cuando se sintetizan aminoácidos en laboratorio se obtiene una mezcla *miti y miti* de isómeros D y L. Pero en los seres vivos sólo hay aminoácidos L. Una rara excepción es la presencia de aminoácidos D en la pared celular de algunas bacterias. Otro ejemplo es el de la sacarosa, el azúcar que forma parte de las moléculas de ADN. Todas las sacarosas dentro de los organismos son isómeros D.

Orígenes inciertos

Pasteur fue el primero que arriesgó algunas explicaciones para la asimetría molecular. Se le ocurrió que el origen del fenómeno podía deberse a la influencia de campos magnéticos. Pero hizo crecer cristales entre los polos de un poderoso magneto y obtuvo una mezcla miti y miti de isómeros. Luego pensó en el pasaje de la luz solar de este a oeste a través de la atmósfera. Con espejos y mecanismos de relojería iluminó de oeste a este plantas en crecimiento, al revés que en la naturaleza, esperando que las plantas fabricaran moléculas D. Pero eso no ocurrió. Después de las de Pasteur, aparecieron muchas otras hipótesis. Que la asimetría molecular en los seres vivos podía deberse a la rotación del planeta, o a una fuerza colosal y asimétrica producida cuando la Luna se separó de la Tierra, o a una competencia entre moléculas que terminó en la preponderancia de una de ellas. En los años 20 se hizo un descubrimiento interesante. Así como los aminoácidos rotan la luz polarizada, ésta les devuelve el favor (a su lumínica manera). Sintetizando las pequeñas moléculas en presencia de luz polarizada, se obtiene mayor proporción de un isómero que de otro. La luz polarizada destruye selectivamente un tipo de isómero.

Evidencia caída del cielo

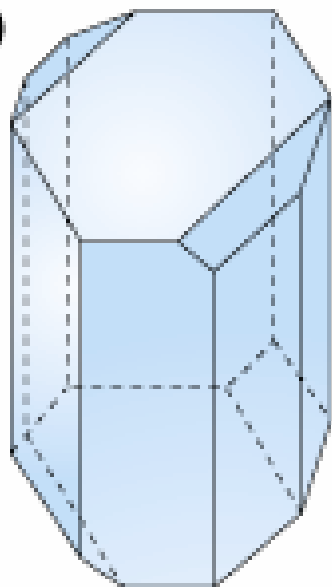
Los astrónomos empezaron a preguntarse si algo similar podría haber pasado hace miles de millones de años, cuando las moléculas se pusieron a jugar a los rompecabezas y terminaron formando los primeros seres vivos de la Tierra. Una roca caída del cielo parecía confirmar esa hipótesis. En 1969, un meteorito que luego fue llamado Murchinson cayó cerca de la localidad del mismo nombre, en el estado de Victoria, Australia. En su interior se descubrieron aminoácidos, pero no en las proporciones esperadas. Había dos veces más alanina L que D, por ejemplo. Y tres veces más ácido glutámico L que D. Todo parecía indicar que cuando se formó el sistema solar, la asimetría molecular ya existía. Faltaba descubrir una fuente de luz polarizada que hubiera afectado la síntesis de aminoácidos allá lejos y hace tiempo.

Hace poco un grupo multinacional de astrónomos de Australia, Estados Unidos, Francia, Inglaterra y Japón descubrieron luz polarizada proveniente de Orión OMC-1, una polvorienta región del espacio llena de estrellas en formación. ¿Cuál es el filtro que polariza la luz en Orión OMC-1? Los investigadores usaron modelos de computación para analizar la dispersión de la luz al chocar con partículas de polvo diminutas. Encontraron que partículas alargadas, alineadas por el campo magnético de una estrella cercana, generan exactamente el tipo de luz requerida para afectar la composición de las mezclas de isómeros sometidos a su influencia. El polvo estelar es un filtro polarizante natural.

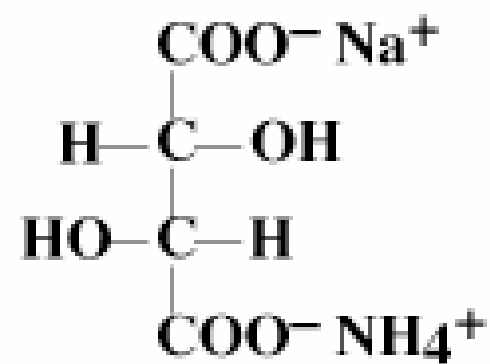
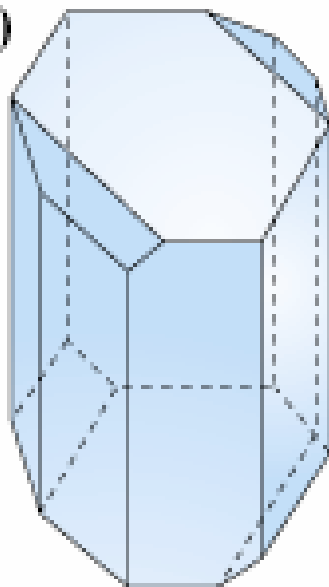
Polvo de estrellas

A partir de lo cual, el grupo elaboró una hipótesis que vincula la astronomía, la historia del Sistema Solar y las peculiaridades biológicas que sorprendieron a Pasteur: algo similar a lo observado en Orión OMC-1 pudo haber ocurrido cuando se formó el Sistema Solar. Las nubes de polvo que sirvieron como materia prima para la formación del Sol actuaron como filtros polarizantes. La presencia de luz polarizada determinó la aparición de aminoácidos L en exceso. Y el Sistema Solar nació químicamente asimétrico. En febrero de este año, la NASA lanzó la sonda espacial Stardust (polvo de estrellas). En enero de 2004, la Stardust se reunirá con el cometa Wild-2 y capturará las partículas que se desprenden del núcleo del mismo. Dos años después, una cápsula con las muestras descenderá en el desierto de Utah (Estados Unidos). Clark considera que si el análisis de ese material revela un exceso de moléculas L, se contará con una evidencia muy fuerte de que la asimetría molecular ya existía cuando se formó el Sistema Solar.

(a)



(b)



Sodium ammonium tartrate

- n The flask has a mirror plane, or plane of symmetry
- n There is no mirror plane for a hand



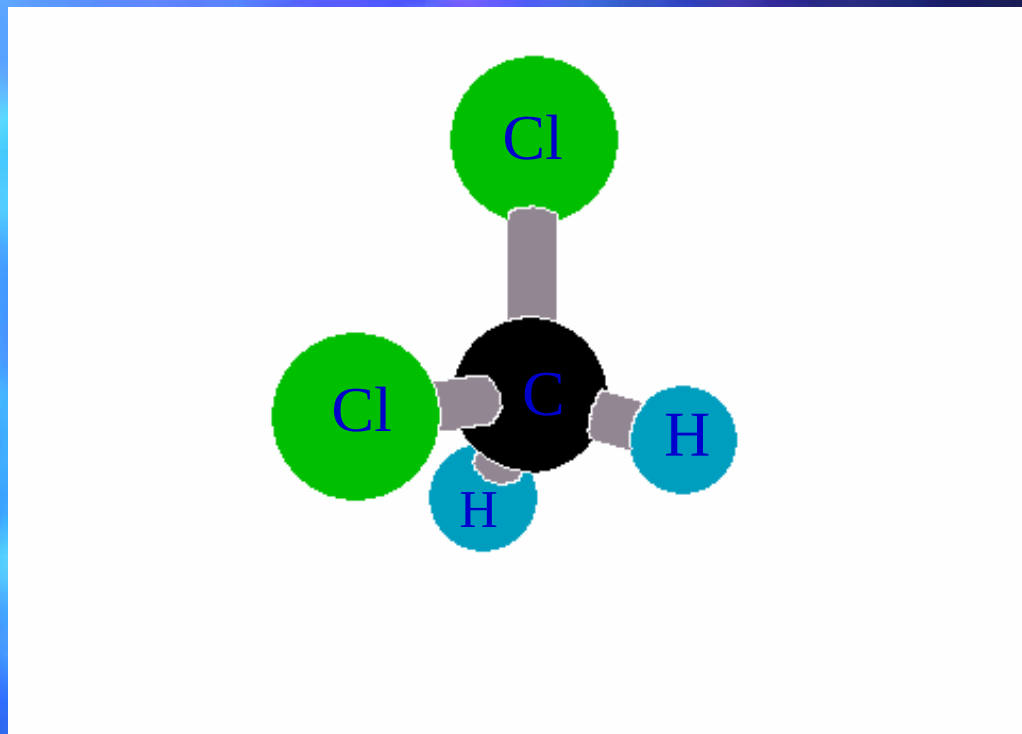


Left hand



Right hand

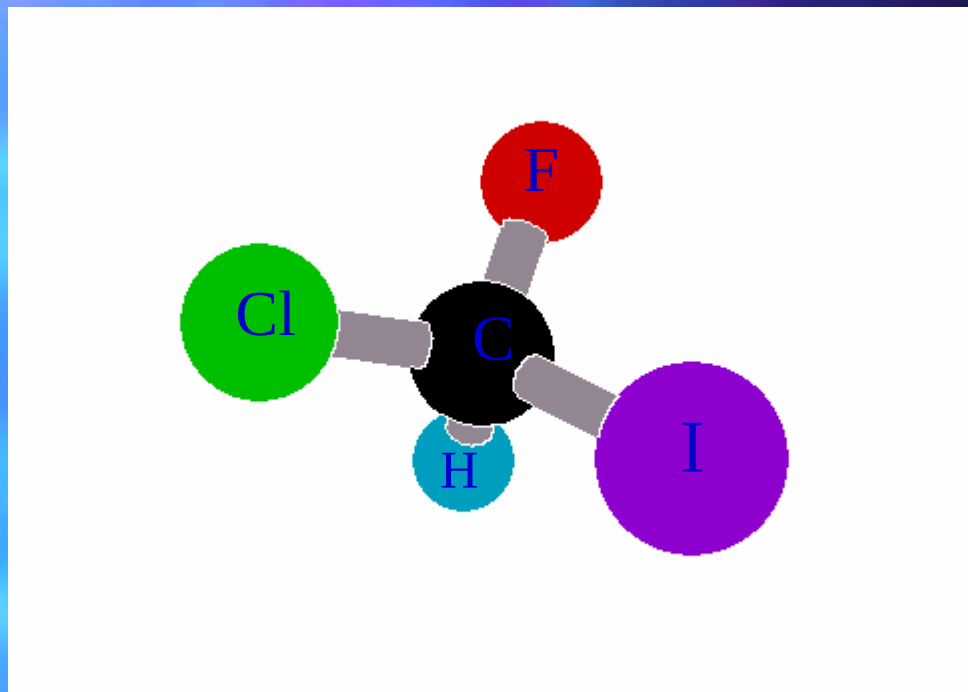
Methylene chloride



A plane (formed by Cl - Cl - C) of symmetry exist.

The molecule and its mirror image are superimposable.

Methylene chloride is achiral.

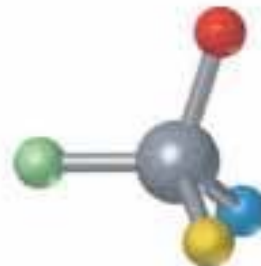
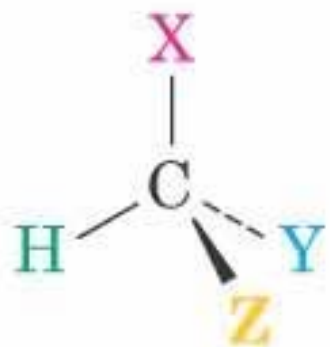
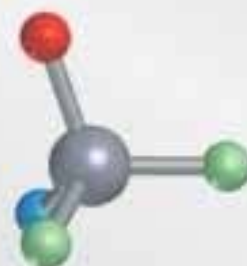
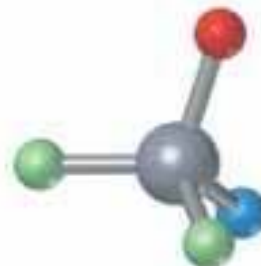
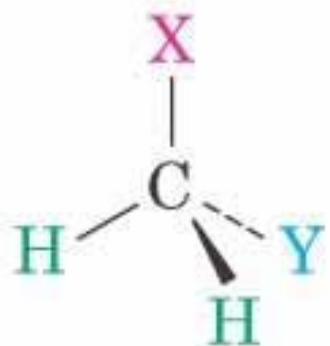
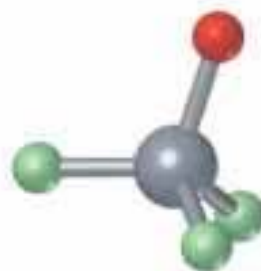
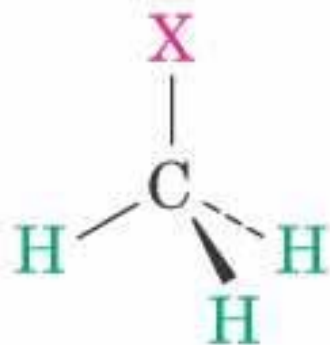


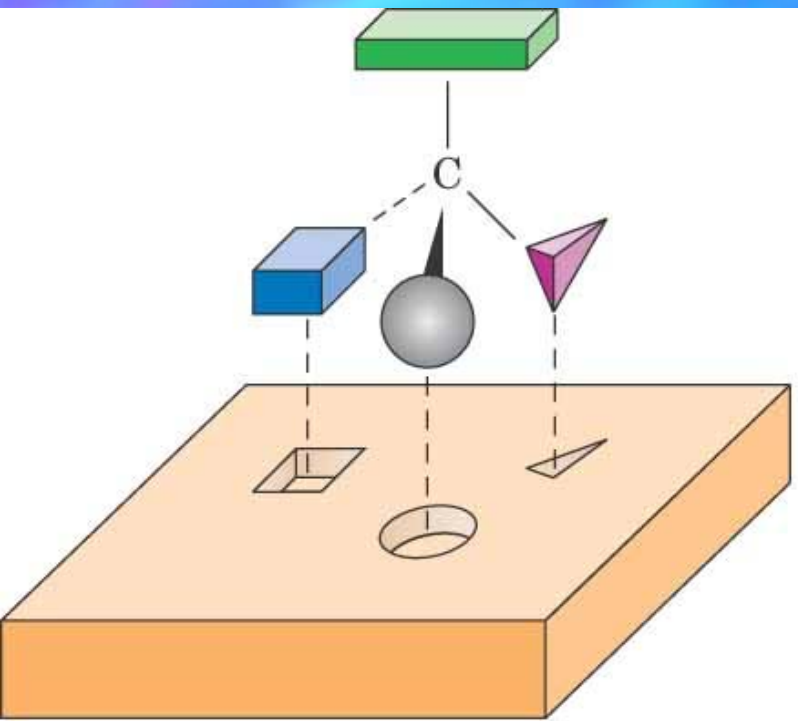
No plane of symmetry exist.

The molecule and its mirror image are **not** superimposable.

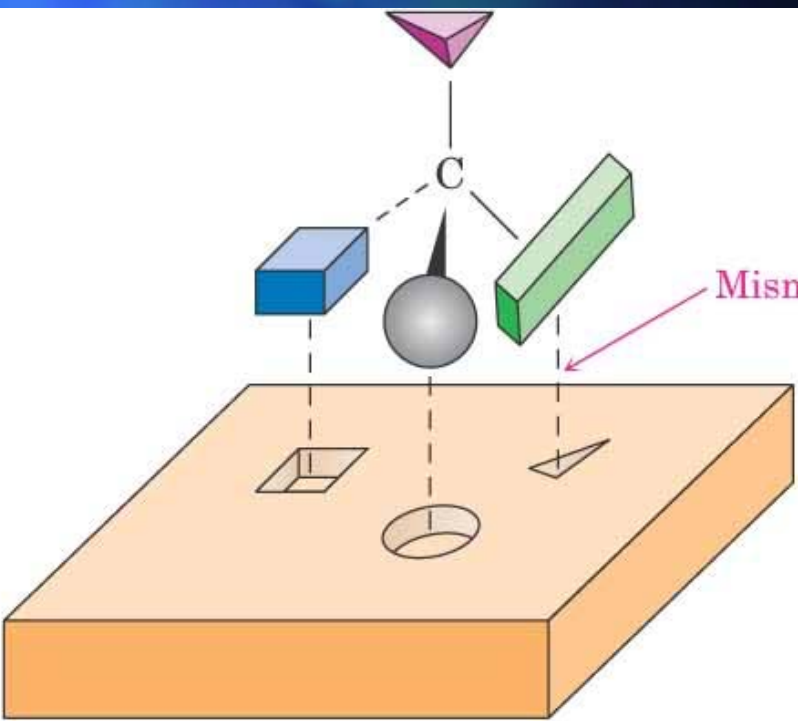
The molecule is chiral.

“C” is the asymmetric carbon.



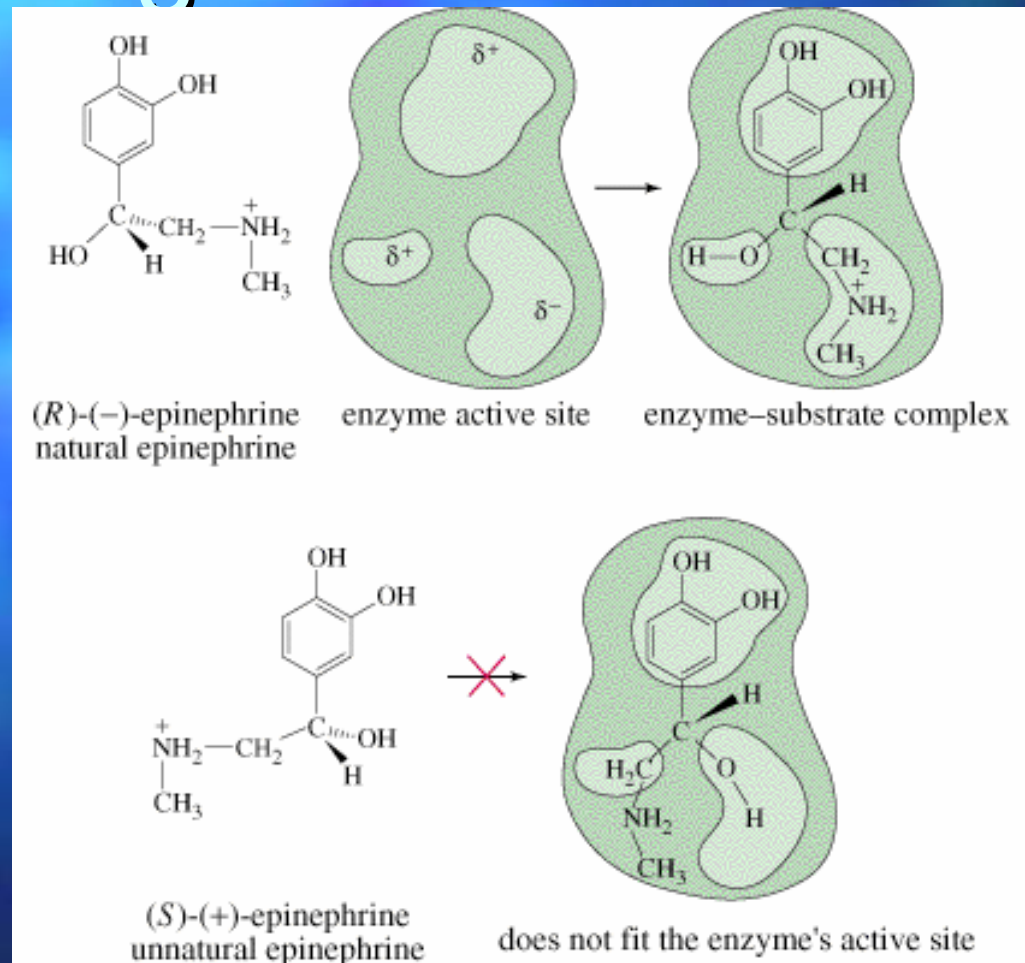


(a)

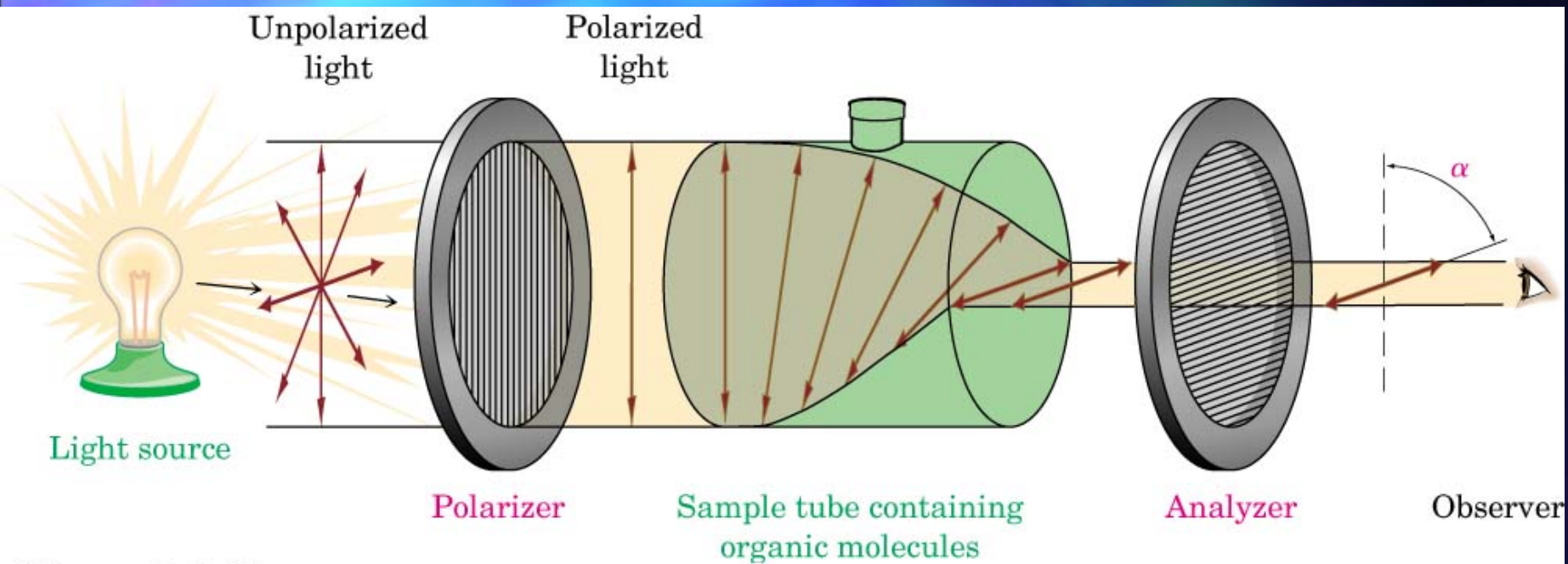


(b)

Biological Discrimination

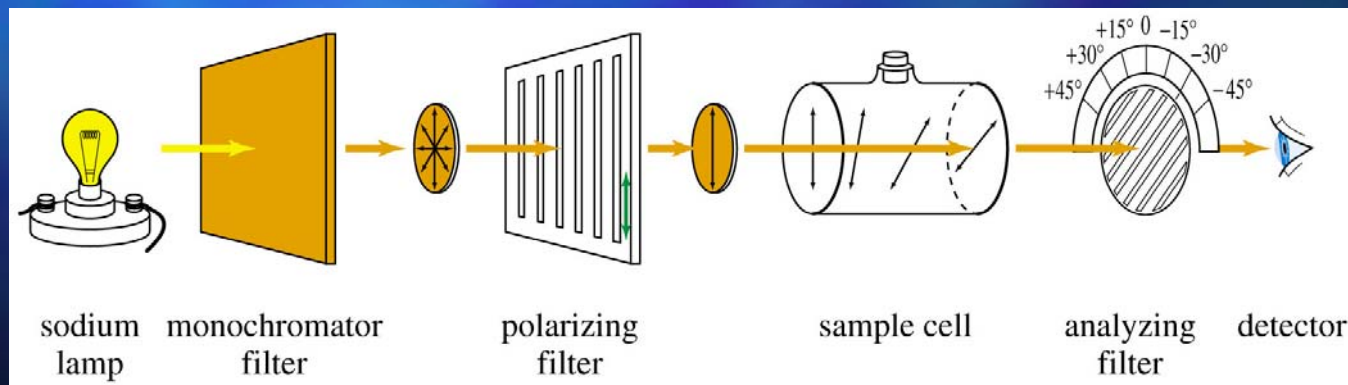


=>



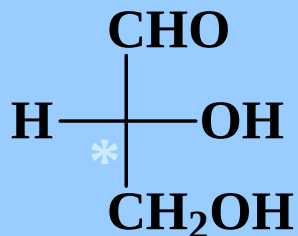
Polarimetry

- n Use monochromatic light, usually sodium D
- n Movable polarizing filter to measure angle
- n Clockwise = dextrorotatory = d or (+)
- n Counterclockwise = levorotatory = l or (-)
- n Not related to (R) and (S)

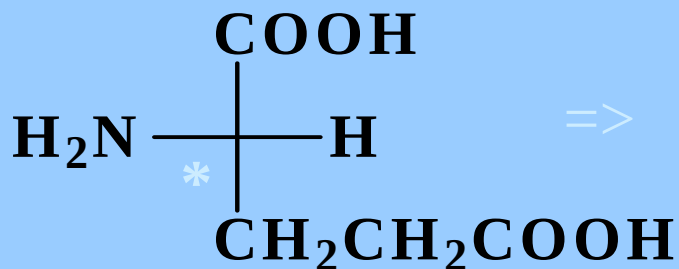


=>

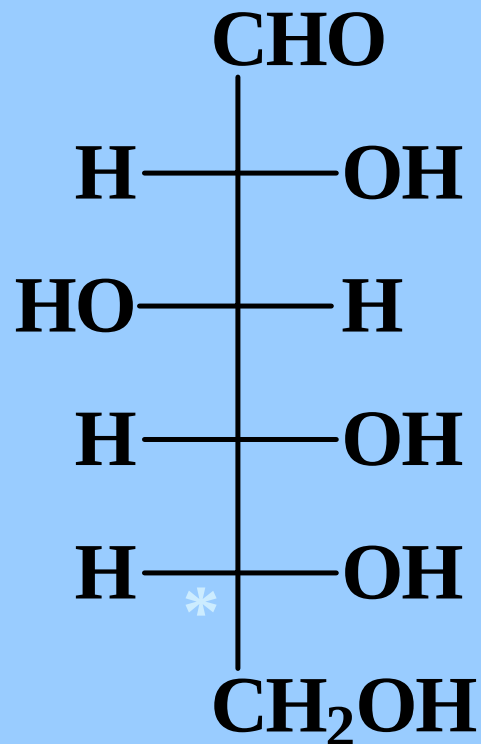
D and L Assignments



D-(+)-glyceraldehyde



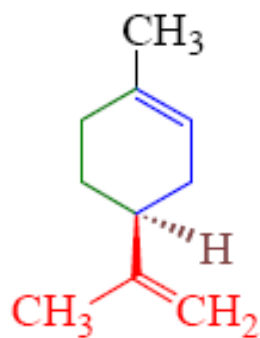
L-(+)-glutamic acid



D-(+)-glucose

CHIRALITY AND BIOLOGICAL ACTIVITY

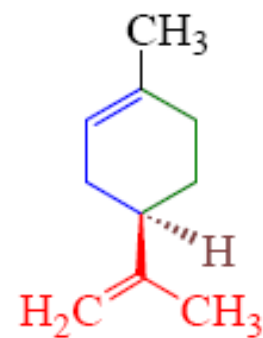
S



lemon odor

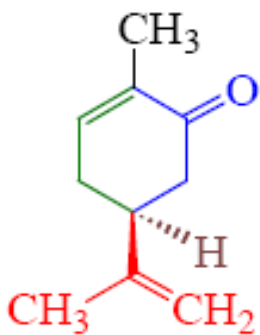
Limonene

R



orange odor

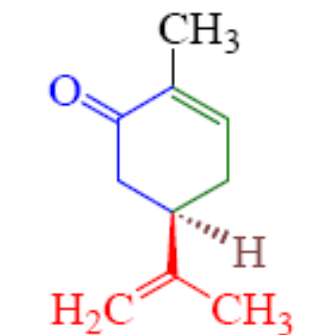
S



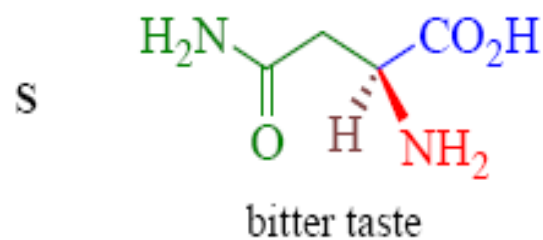
spearmint fragrance

Carvone

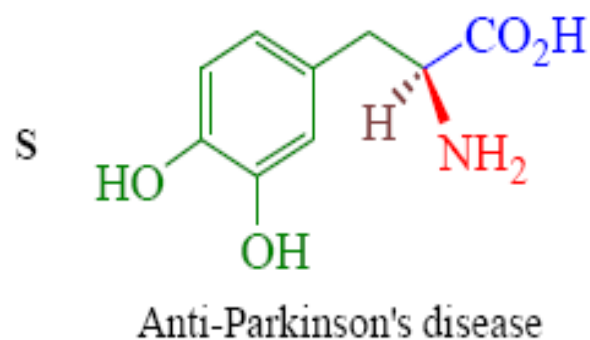
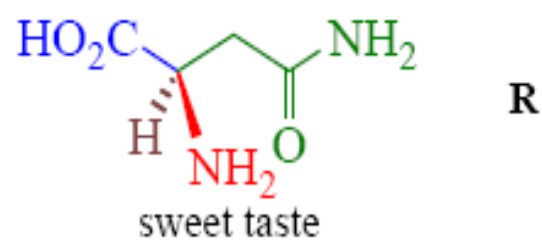
R



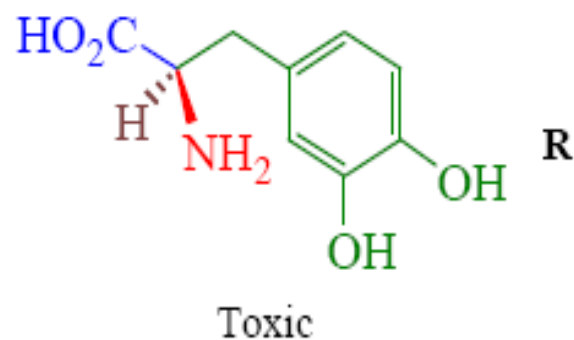
caraway seed odor

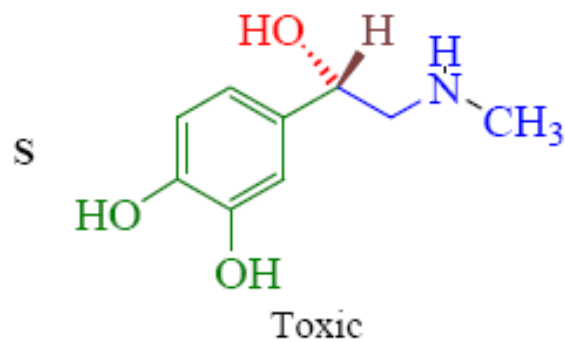


Asparagine

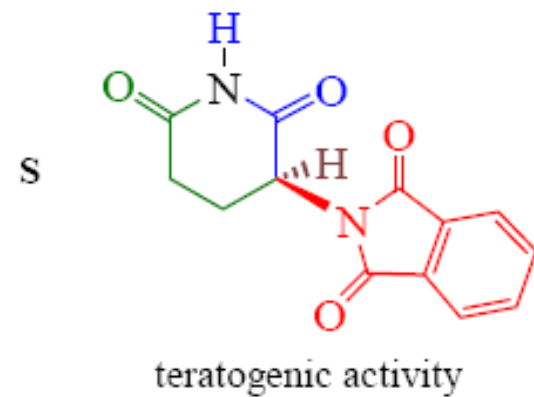
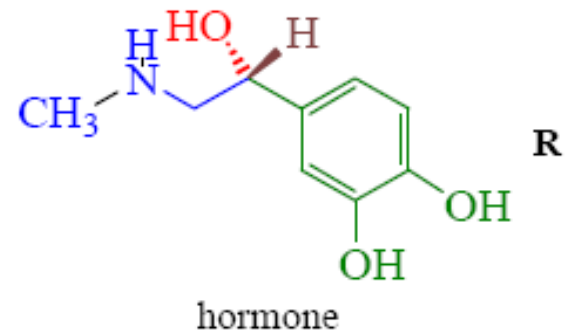


Dopa
(3,4-dihydroxyphenylalanine)

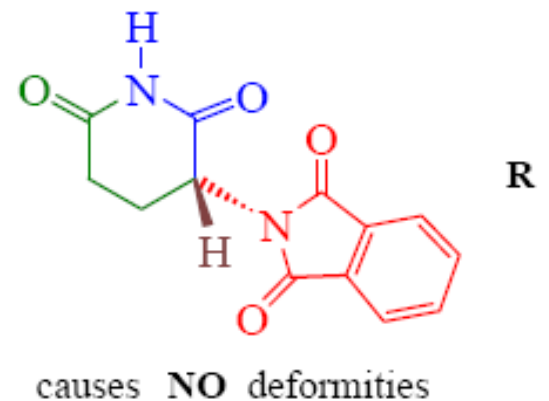


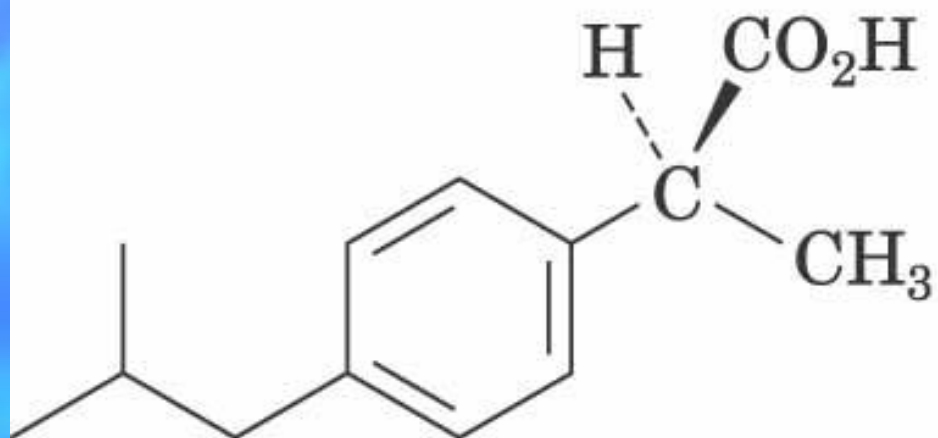


Epinephrine

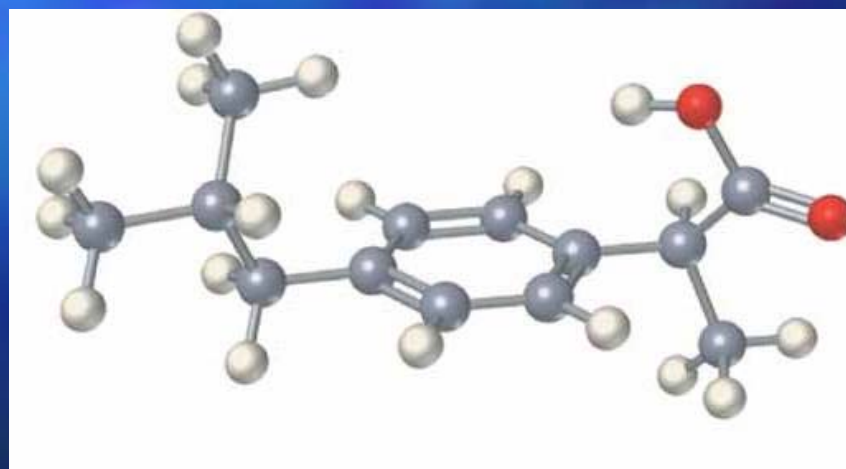


Thalidomide
sedative, hypnotic





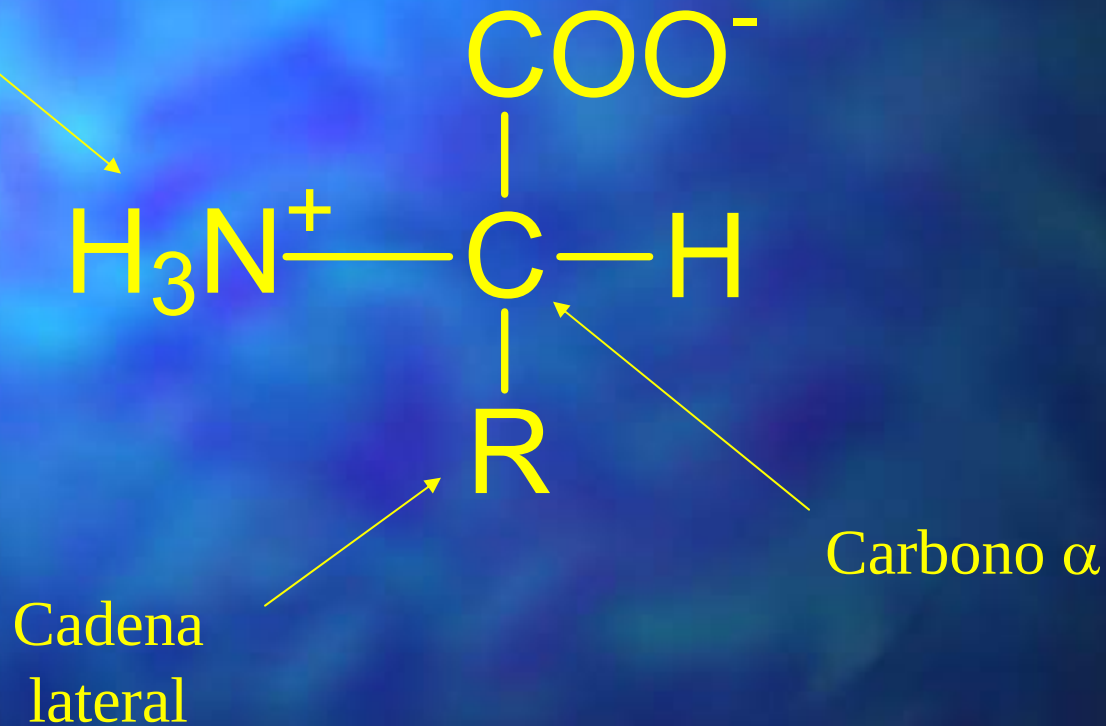
(S)-Ibuprofen
(an active analgesic agent)



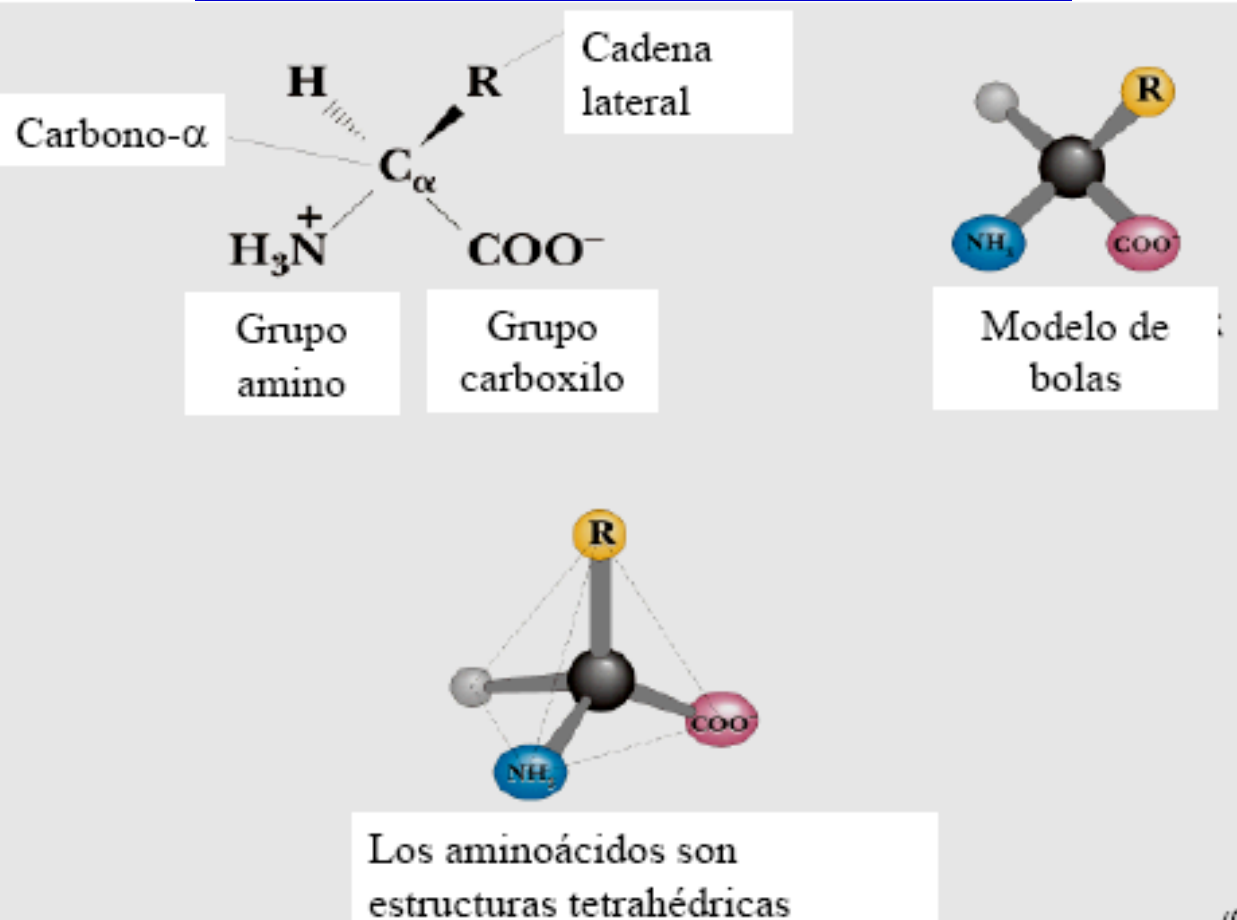
Aminoácidos

Grupo carboxilo
(disociado)

Grupo amino
(protonado)



Aminoácidos

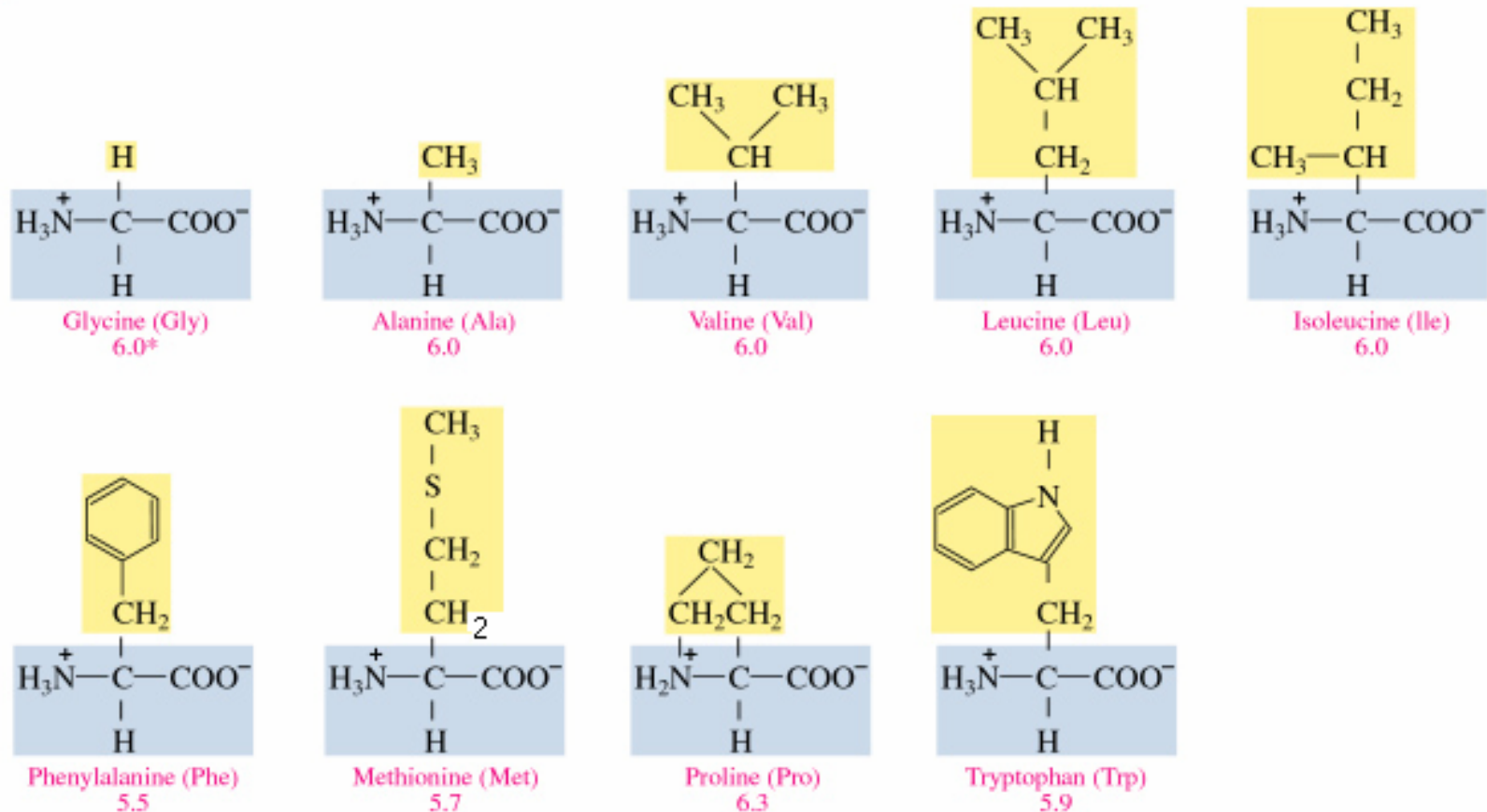


(Garre

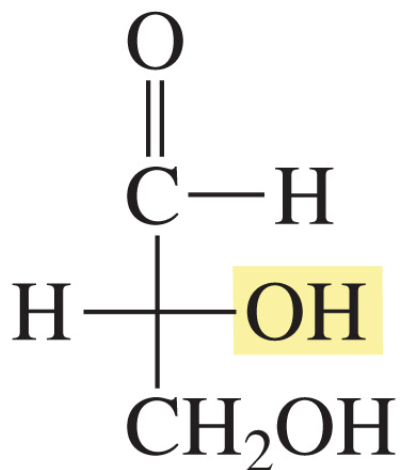
Nonpolar Amino Acids

- Amino acids are classified as nonpolar when the R groups are H, alkyl, or aromatic.

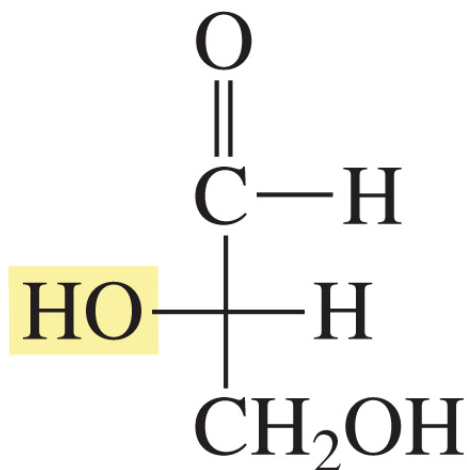
Nonpolar Amino Acids



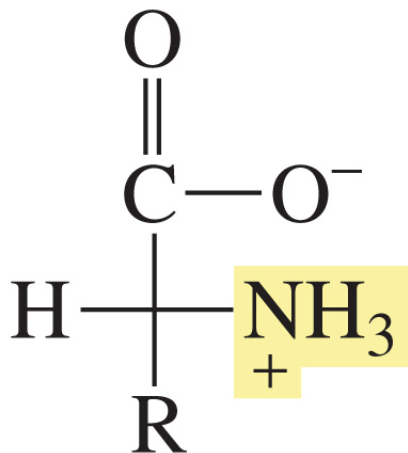
Configuration of Amino Acids



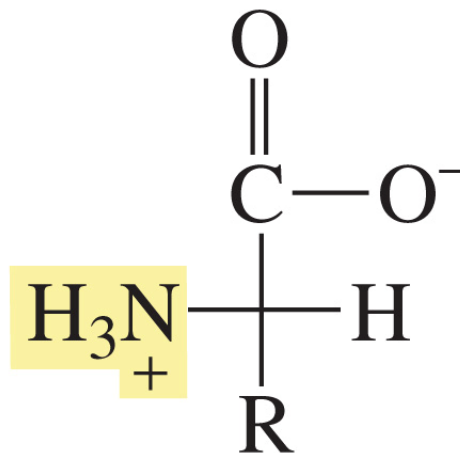
D-glyceraldehyde



L-glyceraldehyde



D-amino acid



L-amino acid

Racemic amino acids from the ultraviolet photolysis of interstellar ice analogues

Max P. Bernstein*†, Jason P. Dworkin*†, Scott A. Sandford†, George W. Cooper† & Louis J. Allamandola†

* The Center for the Study of Life in the Universe, SETI Institute, 2035 Landings Drive, Mountain View, California 94043, USA

† NASA-Ames Research Center, Mail Stop 245-6, Moffett Field, California 94035-1000, USA

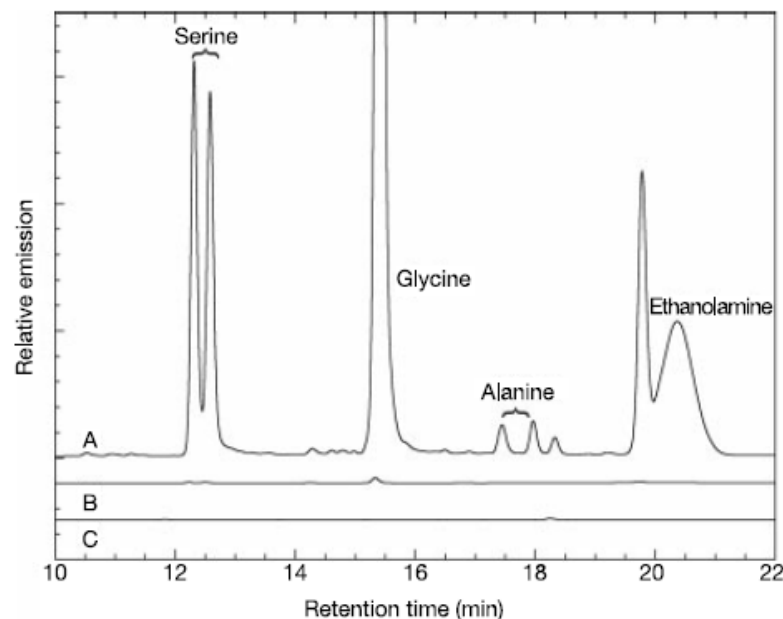


Figure 1 Amino acids are formed by the UV photolysis of a realistic interstellar ice analogue. This is demonstrated by the comparison of HPLC traces of derivatized amines resulting from: trace A, the UV photolysis of an $\text{H}_2\text{O}:\text{CH}_3\text{OH}:\text{NH}_3:\text{HCN} = 20:2:1:1$ ice showing that the amino acids serine, glycine and alanine, as well as other molecules, are produced; trace B, a control of the same ice with no UV photolysis; and trace C, a procedural blank. In trace A, a single peak indicates the presence of the amino acid

glycine but the chiral fluorescent tag, which separates enantiomeric amines, causes the racemic serine and alanine to appear as pairs of peaks. Differing molar absorptivities of the labelled D,L serine and alanine diastereomers account for asymmetry in the peak pairs. The unlabelled peaks are unidentified amines. The racemic nature of the serine and alanine and the absence of prominent peaks in traces B and C indicate that contamination is not significant.

Ultraviolet irradiation of naphthalene in H₂O ice: Implications for meteorites and biogenesis

MAX P. BERNSTEIN[†], JASON P. DWORKIN[†], SCOTT A. SANDFORD*
AND LOUIS J. ALLAMANDOLA

NASA Ames Research Center, Mail Stop 245-6, Moffett Field, California 94035-1000, USA

[†]Also of the SETI Institute, Mountain View, California 94043, USA

*Correspondence author's e-mail address: ssandford@mail.arc.nasa.gov

Abstract—The polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) naphthalene was exposed to ultraviolet radiation in H₂O ice under astrophysical conditions, and the products were analyzed using infrared spectroscopy and high-performance liquid chromatography. As we found in our earlier studies on the photoprocessing of coronene in H₂O ice, aromatic alcohols and ketones (quinones) were formed. The regiochemistry of the reactions is described and leads to specific predictions of the relative abundances of various oxidized naphthalenes that should exist in meteorites if interstellar ice photochemistry influenced their aromatic inventory. Since oxidized PAHs are present in carbon-rich meteorites and interplanetary dust particles (IDPs), and ubiquitous in and fundamental to biochemistry, the delivery of such extraterrestrial molecules to the early Earth may have played a role in the origin and evolution of life.

CITAS

“Se pensaba previamente que las moléculas que conducían a la vida habrían podido originarse solamente en la tierra, nosotros hemos demostrado que habrían podido venir del espacio.” - NASA Ames . Dr. Louis Allamandola

"Ha habido muchas teorías sobre cómo la química del hielo podría producir los aminoácidos en meteoritos, pero éste es la primera vez cualquier persona lo ha demostrado realmente” – NASA Ames. George Cooper

" Los aminoácidos están lloviendo literalmente desde fuera del cielo, y si eso no es una gran cosa entonces yo no sé qué es." - Instituto máximo de Bernstein SETI

" Todas las cosas vivas se hacen de aminoácidos y hacen todo el trabajo." - Jason Dworkin Instituto SETI

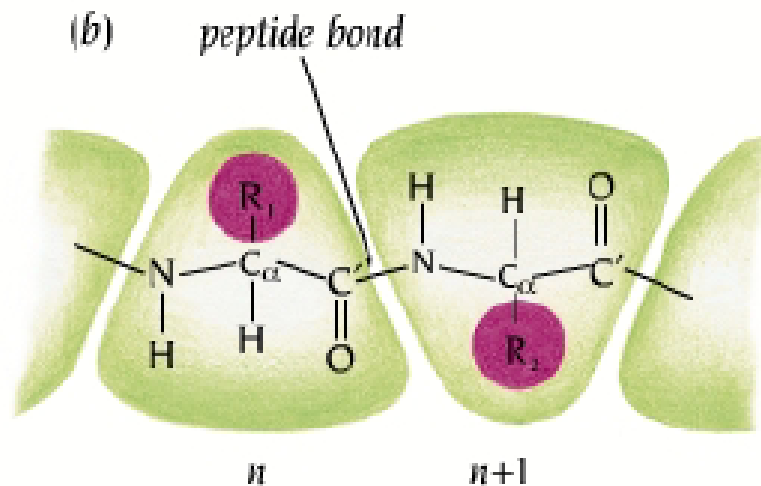
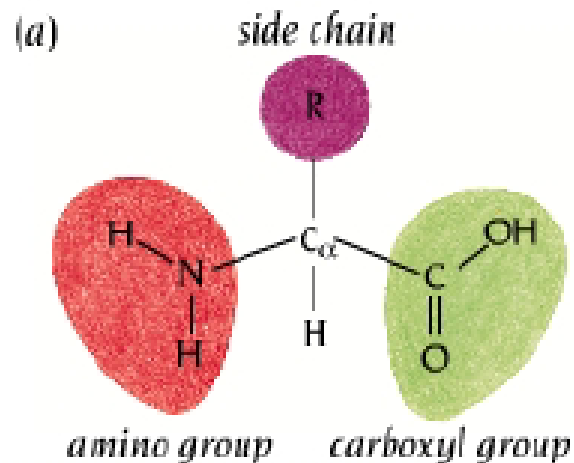
" Es la fracción en los meteoritos que son enriquecido en deuterio que hace plausible que las moléculas Glicina-Alanina se hayan formado en el medio interestelar; - NASA Ames George "

- n Por supuesto, muchos de los aminoácidos en meteoritos fueron hechos en agua líquida, pero ahora parece probablemente que por lo menos algunas de los más pequeños se presentaron en el espacio antes de la formación del Sistema Solar " - Instituto máximo de Bernstein SETI
- n " Una variedad de aminoácidos se han detectado previamente en ciertas clases de meteoritos primitivos,. Su presencia en meteoritos prueba que los aminoácidos, de hecho, están hechos en espacio. Sin embargo, se ha pensado generalmente que fueron producidos en el Sistema Solar dentro de los asteroides, las fuentes de la mayoría de los meteoritos. Nuestro último trabajo sugiere que por lo menos algunos de los aminoácidos encontrados en meteoritos puedan preceder a nuestro sistema solar; " George Cooper . Ames
- n " Estos resultados son particularmente intrigantes porque los aminoácidos encontrados en meteoritos demuestran algunas señales que sugieran una conexión interestelar. Esta conexión, combinada con nuestros hallazgos que los aminoácidos se pueden hacer en nubes interestelares sugiere que la tierra se pudo haber sembrado con aminoácidos del espacio en sus primeros tiempos

"Además, puesto que las nuevas estrellas y planetas se forman dentro de las mismas nubes en las cuales se están creando los nuevos aminoácidos, esto aumenta probablemente las probabilidades que la vida se ha desarrollado en otro lugar. Estos resultados son excitantes porque tratan no sólo vida en la tierra, sino su probabilidad en otra parte," Dr. Louis Allamandola.

" La naturaleza universal de la producción de estos aminoácidos bajo condiciones de espacio profundo hace de esto un interés directo al campo de la astrobiology, una de las iniciativas de NASA Ames Research Center del siglo 21.

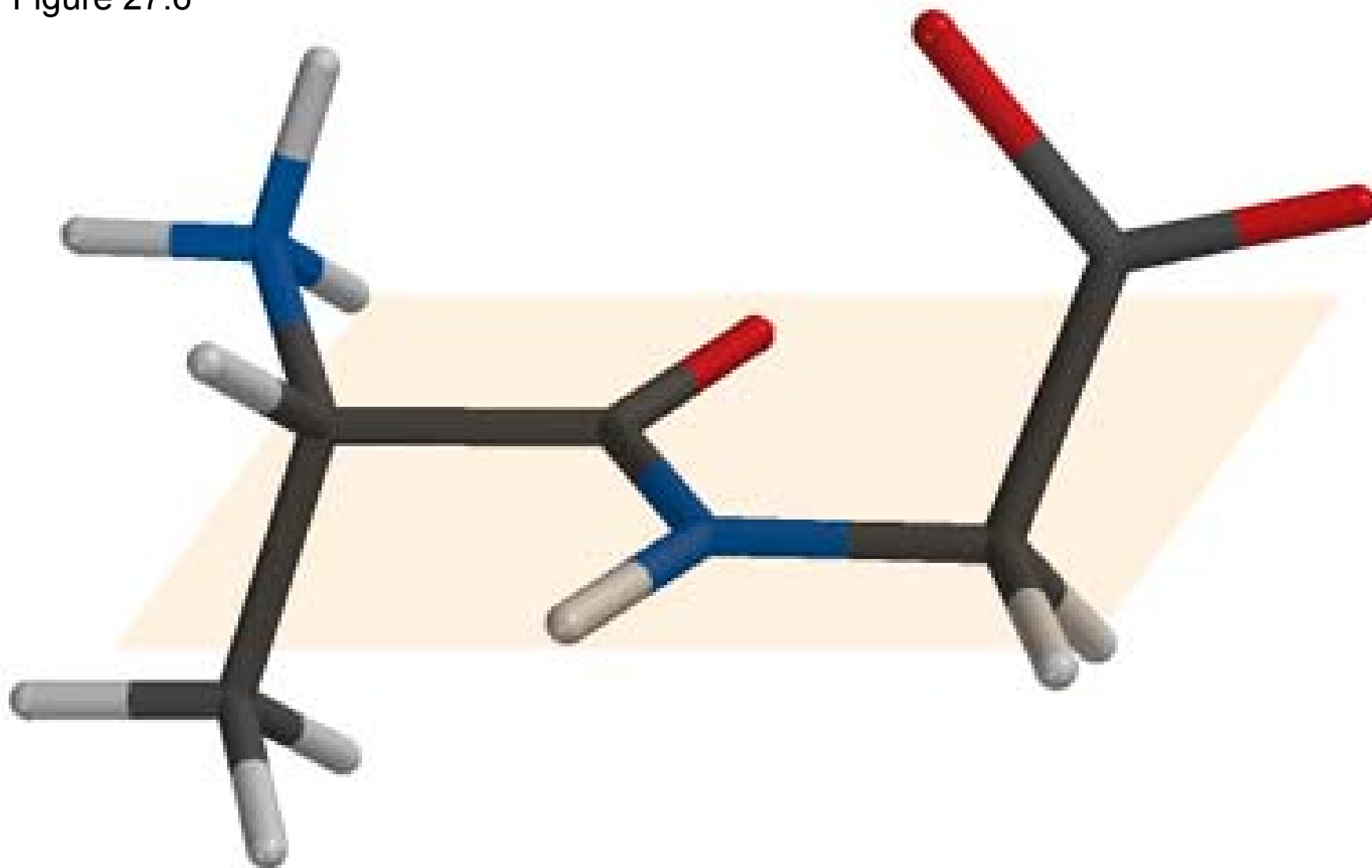
Peptide Bonds



- Peptide bond formed from elimination of water from 2 amino acids resulting in CO-NH linkage.
- Can have di-, tri-, oligo- and poly-peptides.
- Proteins composed of linear polymer of amino acids.
- Large number of proteins can exist. A small protein of 100 amino acids can have 20^{100} or 1.27×10^{130} possible unique polypeptide chains.

Structure of the dipeptide L-alanylglycine

Figure 27.6

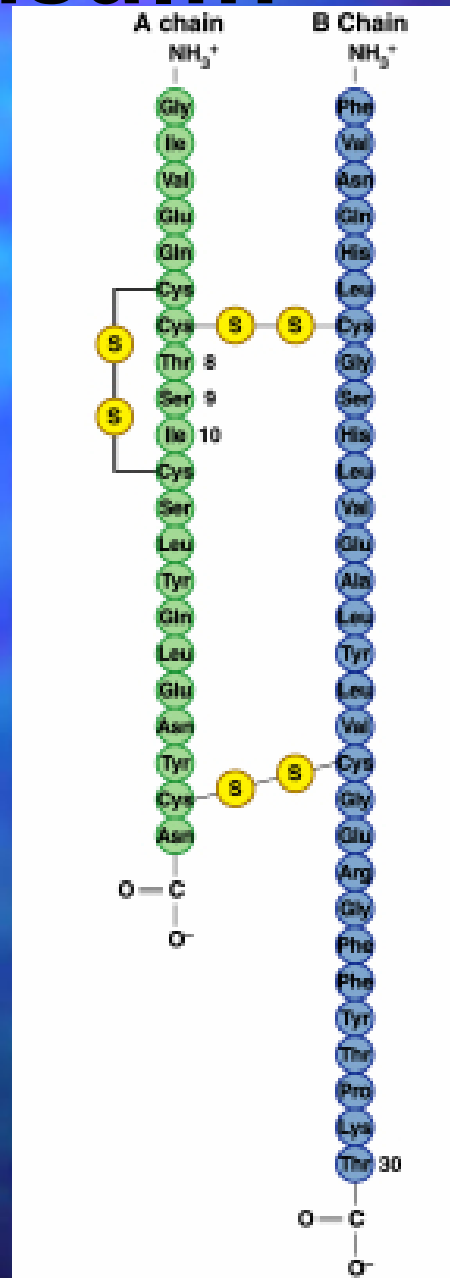


Insulin

Insulin:

Was the first protein to have its primary structure determined.

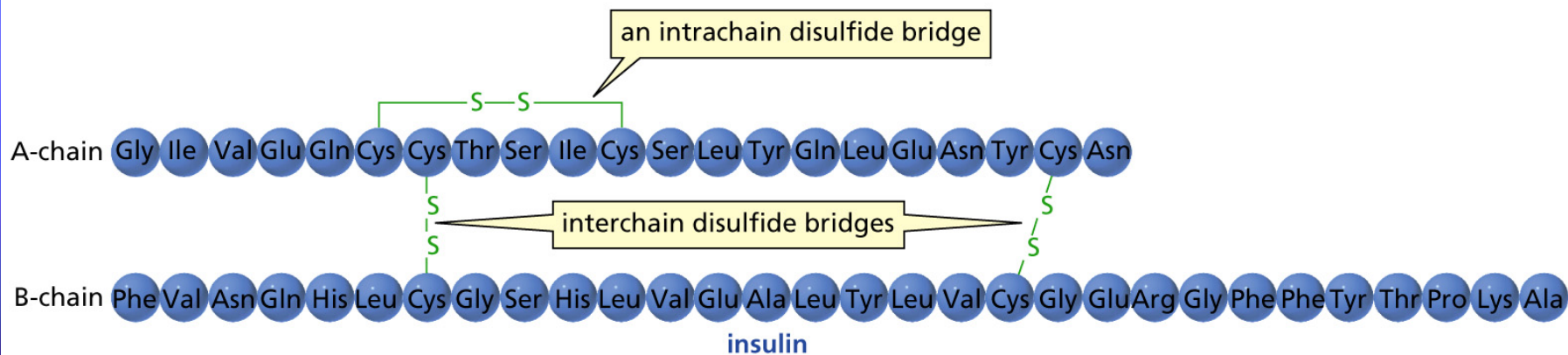
Of humans has a primary structure that is similar to the insulin of pigs and cows.



Change in Amino Acids of Insulin in Pigs and Cows

		Pig	Cow
Chain A	8	Thr	Ala
	9	Ser	Ser
	10	Ile	Val
Chain B	30	Ala	Ala

Timberlake, General, Organic, and Biological Chemistry. Copyright © Pearson Education Inc., publishing as Benjamin Cummings

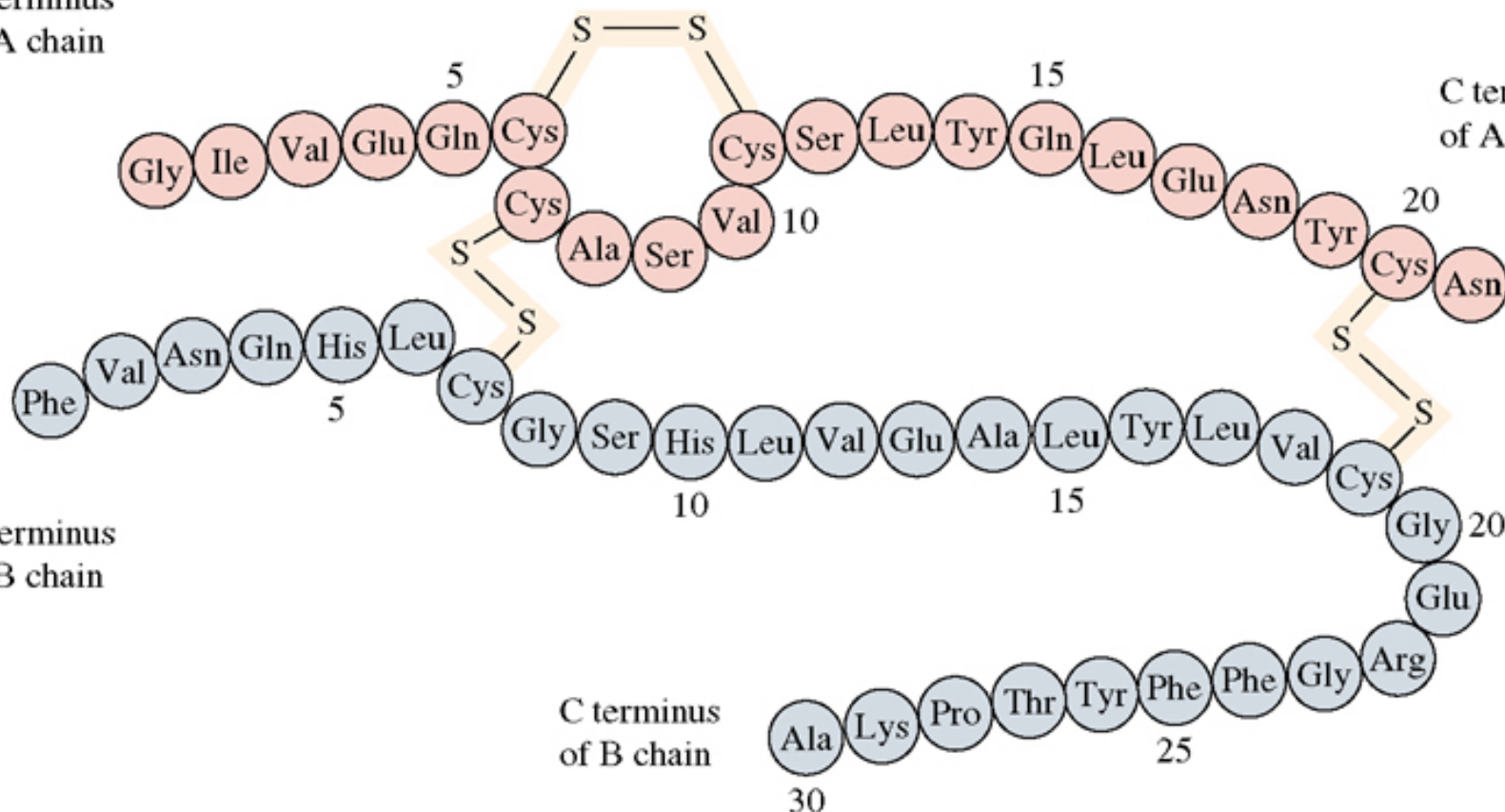


The amino acid sequence in bovine insulin

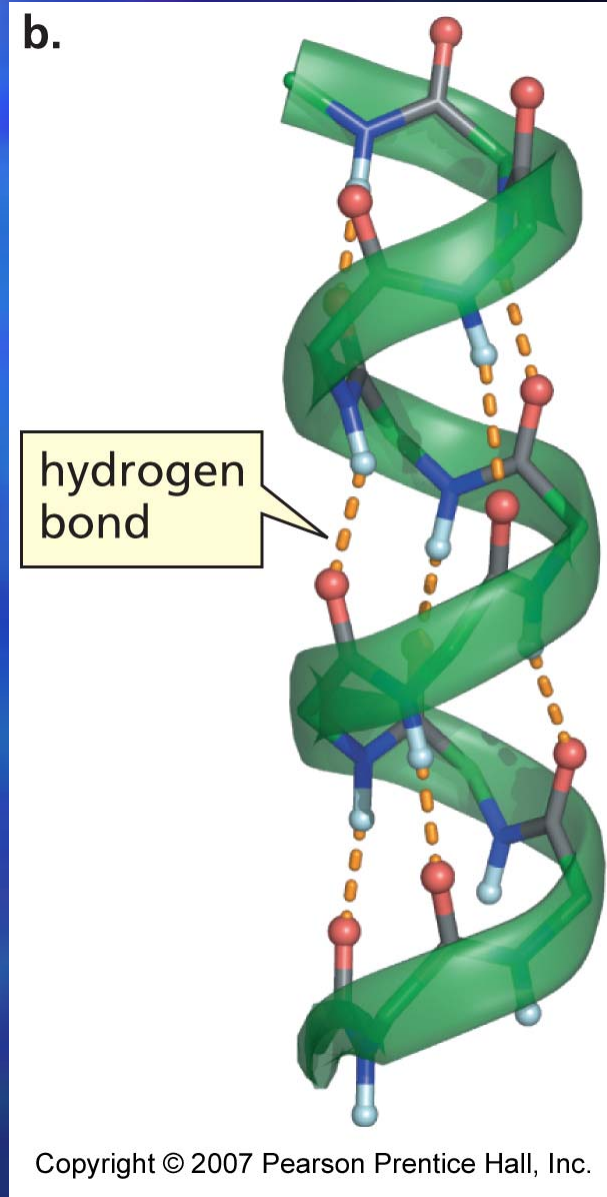
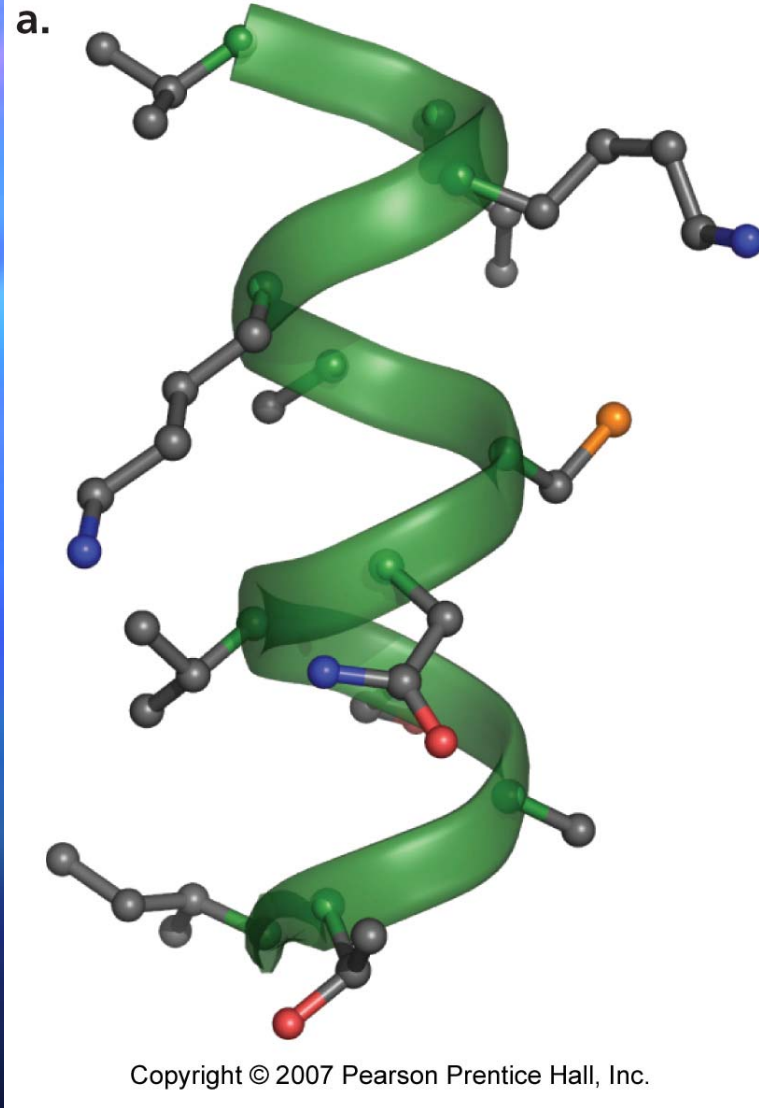
Figure 27.11

N terminus
of A chain

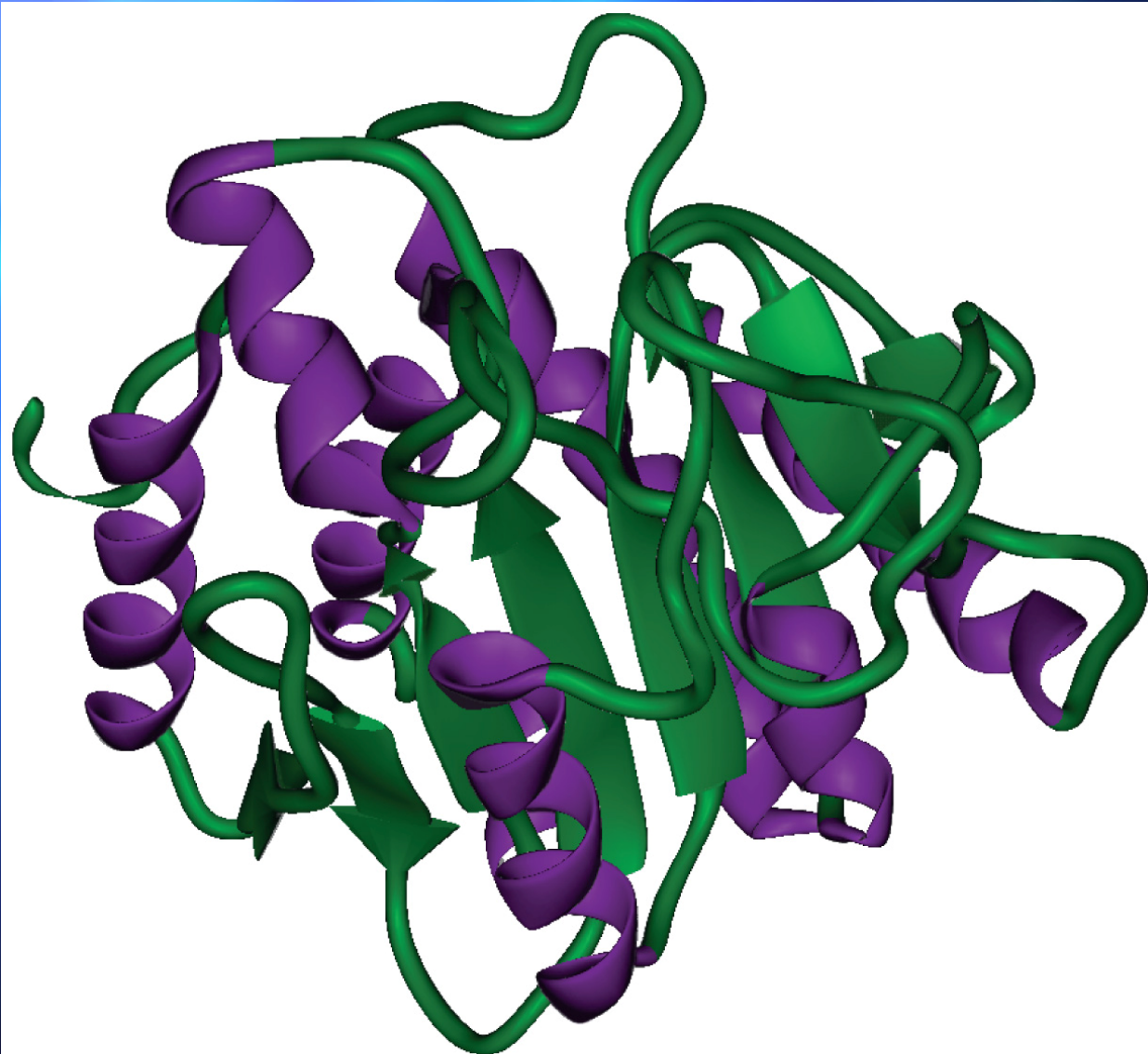
C terminus
of A chain



The α -Helix Is Stabilized by Hydrogen Bonds

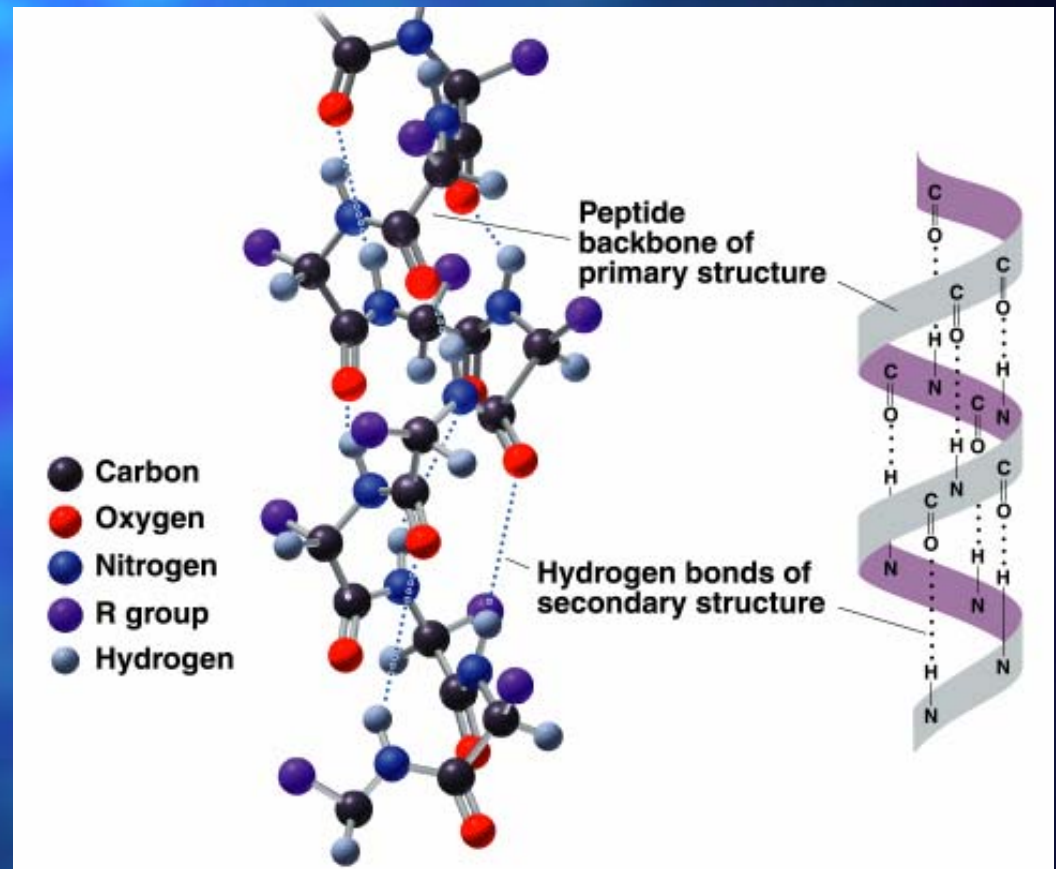


Most globular proteins have coil or loop conformations



Alpha Helix

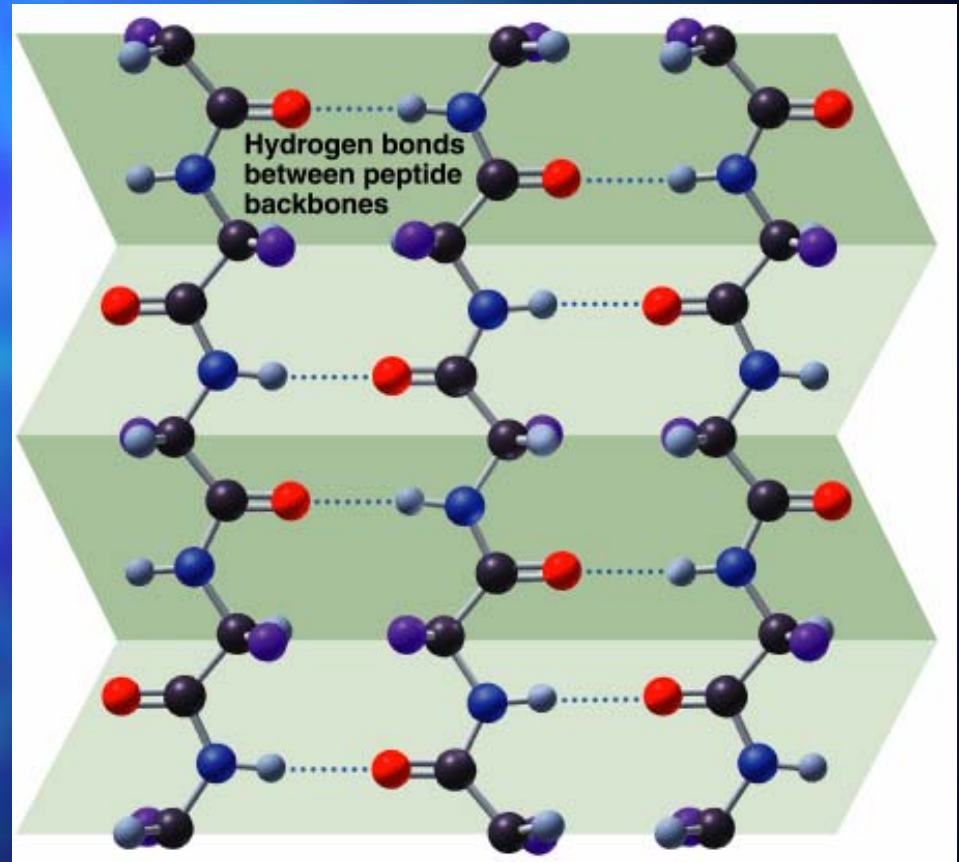
- n The coiled shape of the **alpha helix** is held in place by hydrogen bonds between the amide groups and the carbonyl groups of the amino acids along the chain.



Secondary Structure: Pleated Sheet

The **pleated sheet**:

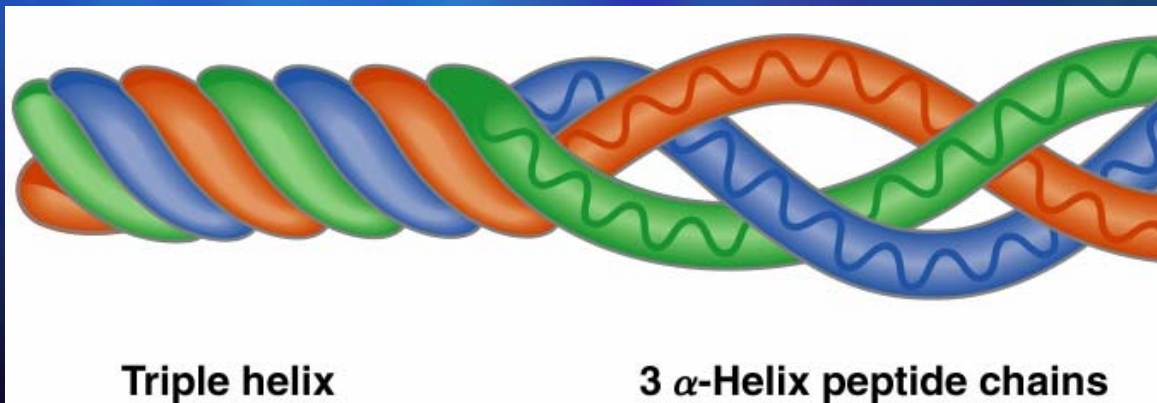
- n Holds proteins in a parallel arrangement with hydrogen bonds.
- n Has R groups that extend above and below the sheet.
- n Is typical of fibrous proteins such as silk.



Secondary Structure: Triple Helix

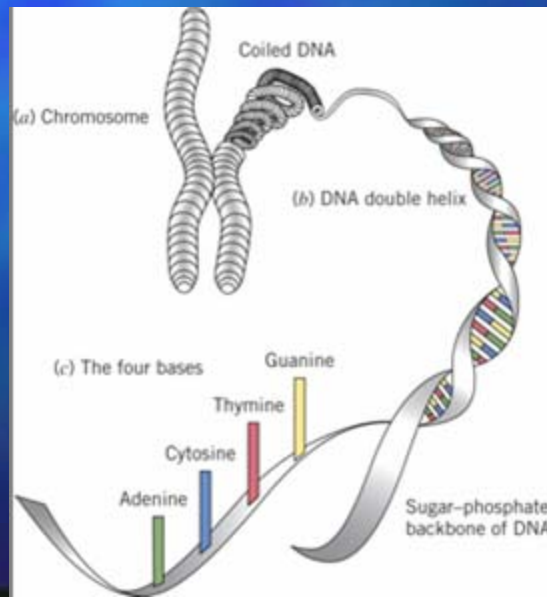
A **triple helix**:

- n Consists of three alpha helix chains.
- n Contains large amounts glycine, proline, hydroxy proline and hydroxylysine that contain $-OH$ groups for hydrogen bonding.
- n Is found in collagen, connective tissue, skin, tendons, and cartilage.

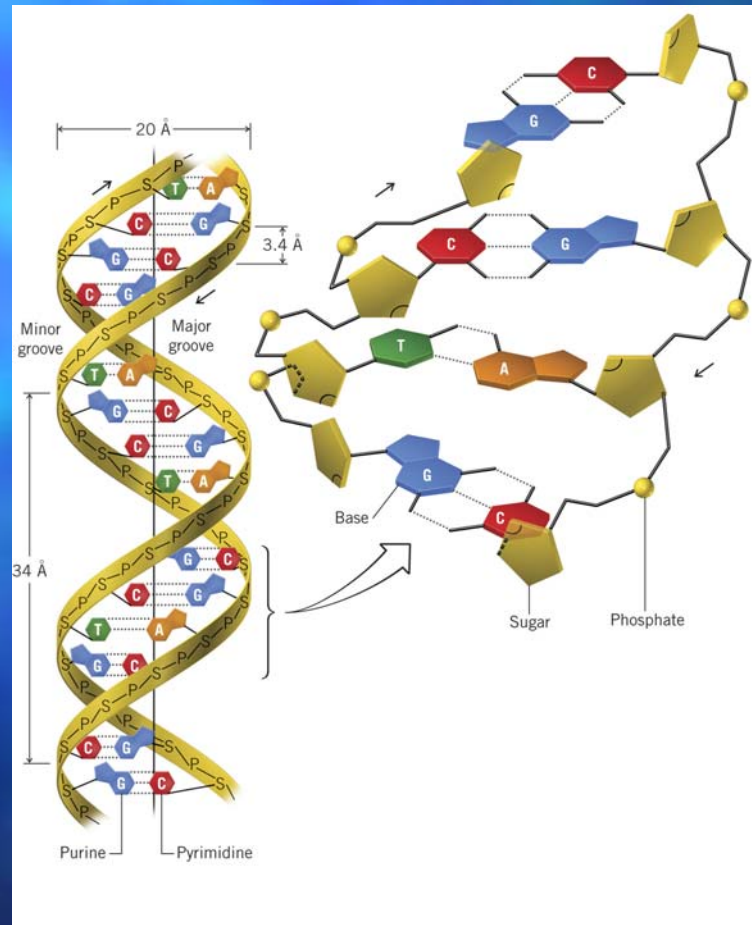


n Introduction

- n Deoxyribonucleic acid (DNA) and ribonucleic acid (RNA) are the molecules that carry genetic information in the cell
- n DNA is the molecular archive for protein synthesis
- n RNA molecules transcribe and translate the information from DNA so it can be used to direct protein synthesis
- n DNA is comprised of two polymer strands held together by hydrogen bonds
 - Its overall structure is that of a twisted ladder
 - The sides of the ladder are alternating sugar and phosphate units
 - The rungs of the ladder are hydrogen-bonded pairs of heterocyclic amine bases

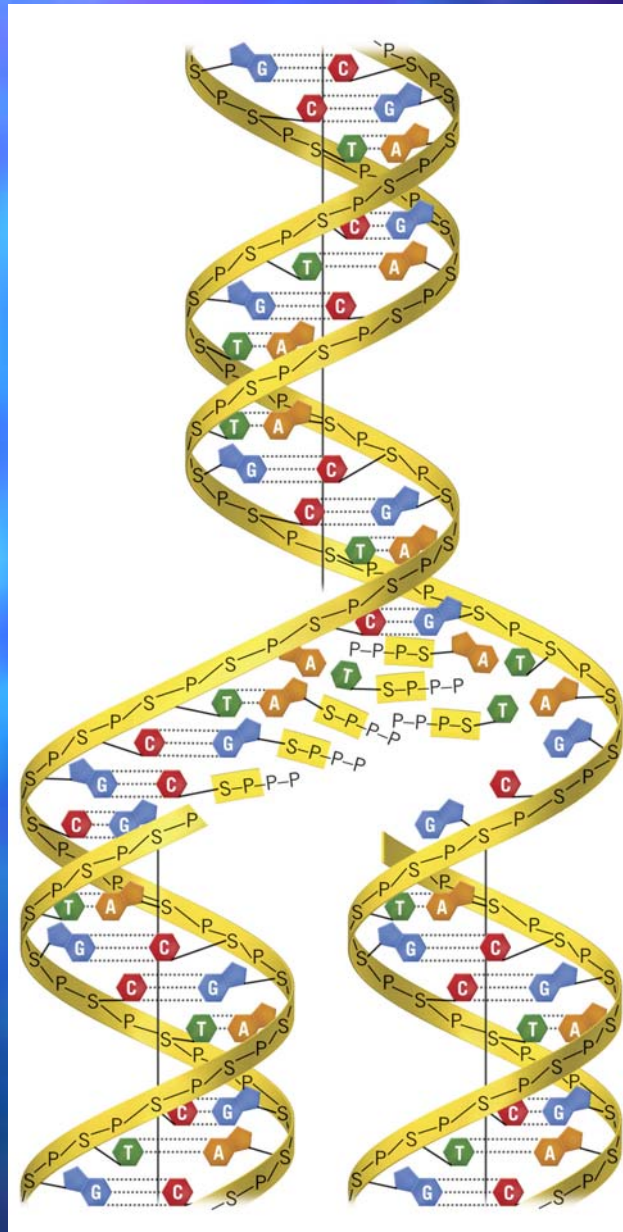


- n Specific pairing of bases means the two chains of DNA are complementary
 - Knowing the sequence of one chain allows one to also know the sequence of the other



– Replication of DNA (see next slide)

- n The DNA strand begins to unwind just prior to cell division
- n Complementary strands are formed along each chain (each chain acts as a template for a new chain)
- n Two new DNA molecules result; one strand goes to each daughter cell



n RNA and Protein Synthesis

- n “The central dogma of molecular genetics”

DNA $\longrightarrow$ RNA $\longrightarrow$ protein

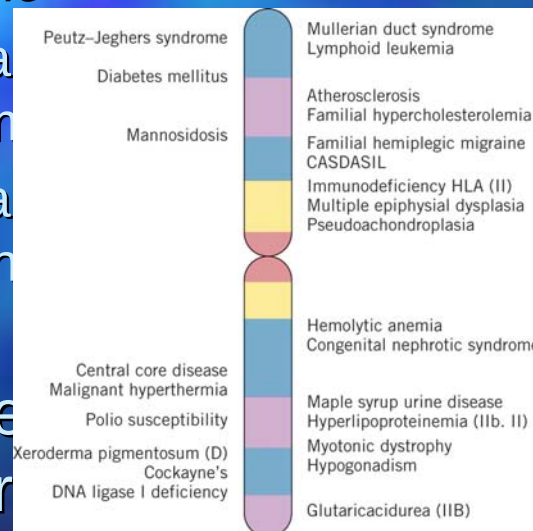
- n A gene is the portion of a DNA molecule which codes for one protein
 - Proteins have many critical functions, *e.g.*, catalysis, structure, motion, cell signaling, the immune response, etc.
- n DNA resides in the nucleus and protein synthesis occurs in the cytoplasm
 - *Transcription* of DNA into messenger RNA (mRNA) occurs in the nucleus
 - mRNA moves to the cytoplasm and the *translation* into proteins occurs using two other forms of RNA: ribosomal RNA (rRNA) and transfer RNA (tRNA)

- n DNA polymers are very long molecules
 - DNA is supercoiled and bundled into 23 chromosomes for packaging in the cell nucleus
- n The sequence of heterocyclic amine bases in DNA encodes the genetic information required to synthesize proteins

- Only four different bases are used for the code in DNA
- A section of DNA that encodes for a specific protein is called a *gene*

- The set of all genes encoded by the DNA in an organism
- The set of all proteins encoded by the genome of an organism at any given time is its *proteome*

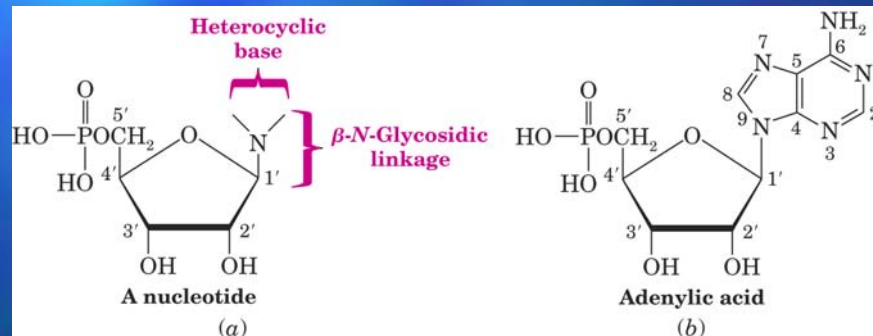
- n The sequence of genes in the human genome is providing valuable information for human health



- Example: A schematic map of genes on chromosome 19 that are related to disease

n Nucleotides and Nucleosides

- n Mild degradation of nucleic acids yields monomer units called *nucleotides*
- n Further hydrolysis of a nucleotide yields:
 - A heterocyclic amine base
 - D-ribose (from RNA) or 2-deoxy-D-ribose (from DNA); both are C5 monosaccharides
 - A phosphate ion
- n The heterocyclic base is bonded by a β *N*-glycosidic linkage to C1' of the monosaccharide
 - Examples: A general structure of an RNA nucleotide (a) and adenylic acid (b)



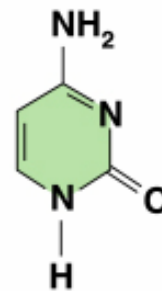
- n A *nucleoside* is a nucleotide without the phosphate group
 - A nucleoside of DNA contains 2-deoxy-D-ribose and one of the following four bases

Nitrogen Bases

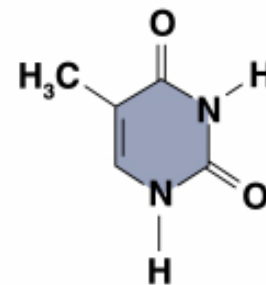
The **nitrogen bases** in nucleic acids consist of the:

- n Pyrimidines C, T, and U
- n And purines A and G.

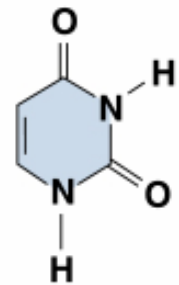
Pyrimidines



Cytosine (C)
(DNA and RNA)

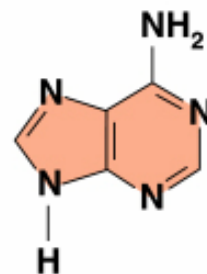


Thymine (T)
(DNA only)

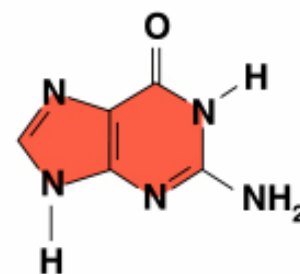


Uracil (U)
(RNA only)

Purines



Adenine (A)
(DNA and RNA)

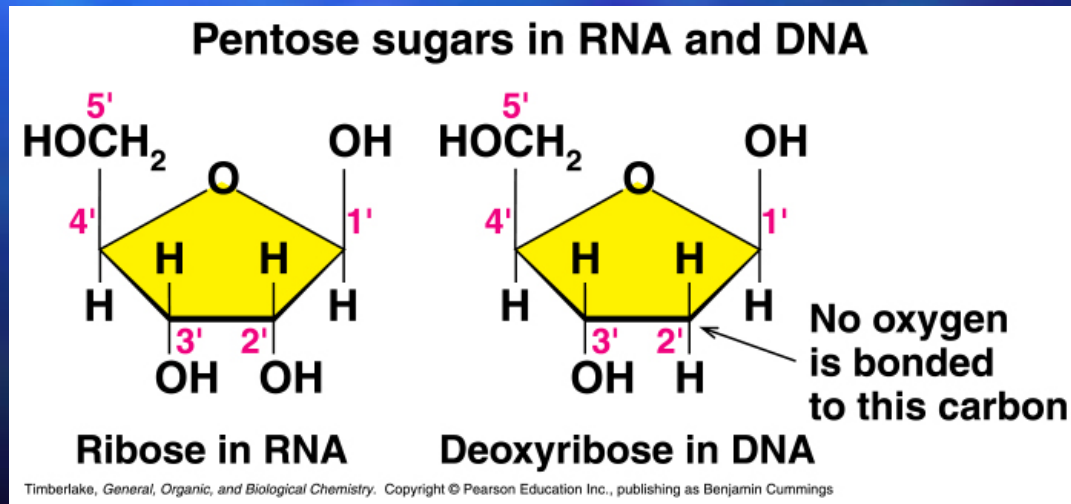


Guanine (G)
(DNA and RNA)

Pentose Sugars

The pentose (five-carbon) sugar:

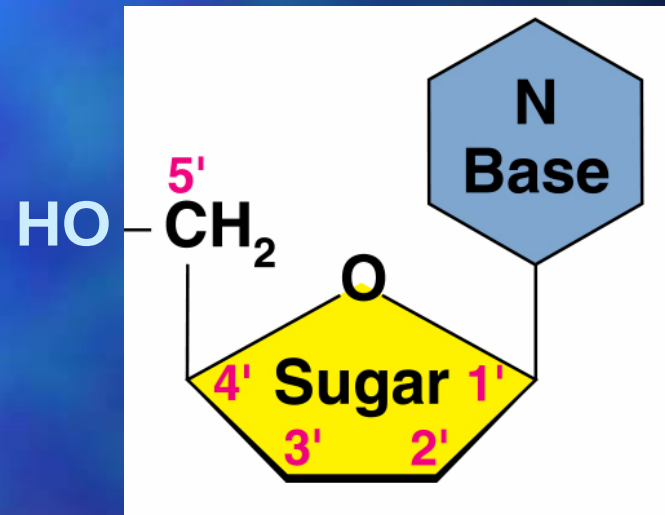
- n In RNA is **ribose**.
- n In DNA is **deoxyribose**.
- n Has carbon atoms numbered with primes to distinguish them from the nitrogen bases.



Nucleosides

A **nucleoside**:

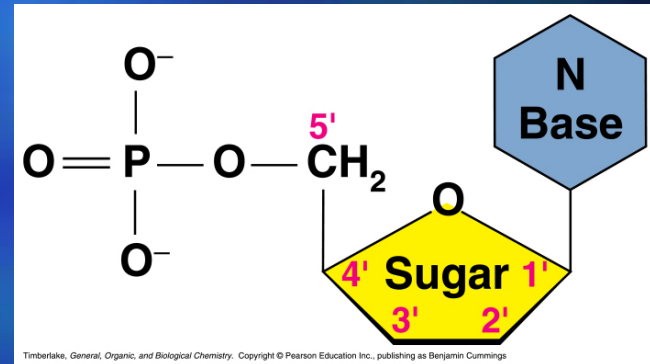
- n Has a nitrogen base linked by a glycosidic bond to C1' of a ribose or deoxyribose.
- n Is named by changing the the nitrogen base ending to *-osine* for purines and *-idine* for pyrimidines



Nucleotides

A **nucleotide**:

- n Is a nucleoside that forms a phosphate ester with the C5' OH group of ribose or deoxyribose.
- n Is named using the name of the nucleoside followed by *5'-monophosphate*.

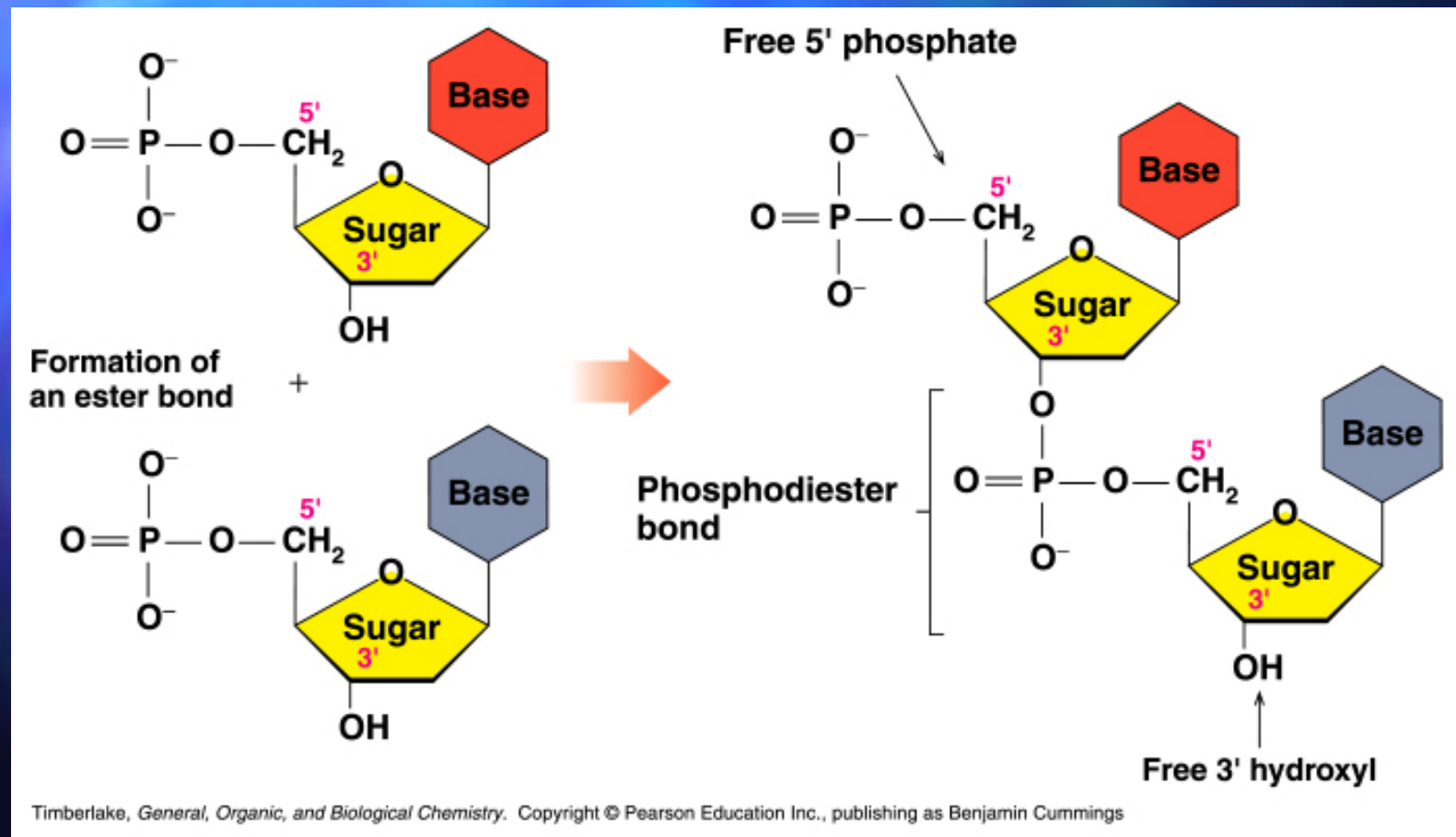


Primary Structure of Nucleic Acids

In the **primary structure** of nucleic acids:

- n Nucleotides are joined by **phosphodiester bonds**.
- n The 3'-OH group of the sugar in one nucleotide forms an ester bond to the phosphate group on the 5'-carbon of the sugar of the next nucleotide.

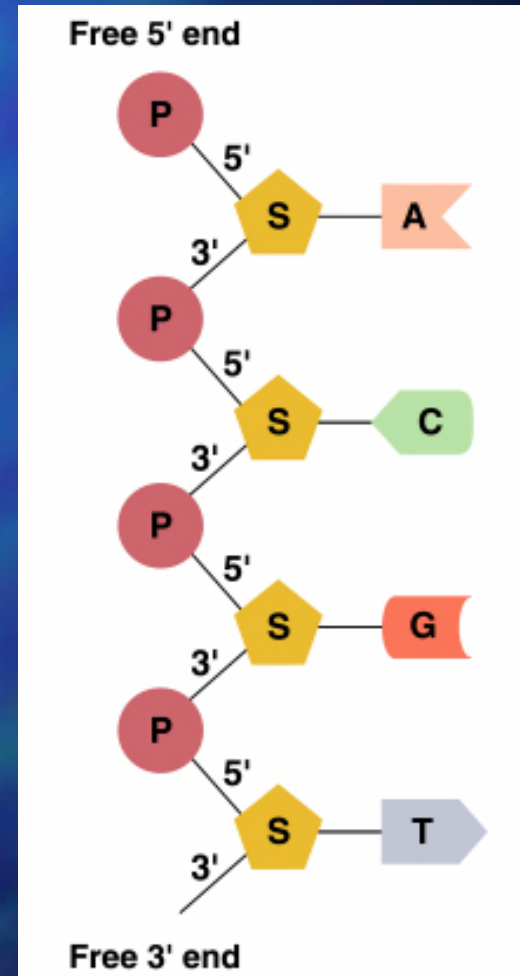
Primary Structure of Nucleic Acids



Structure of Nucleic Acids

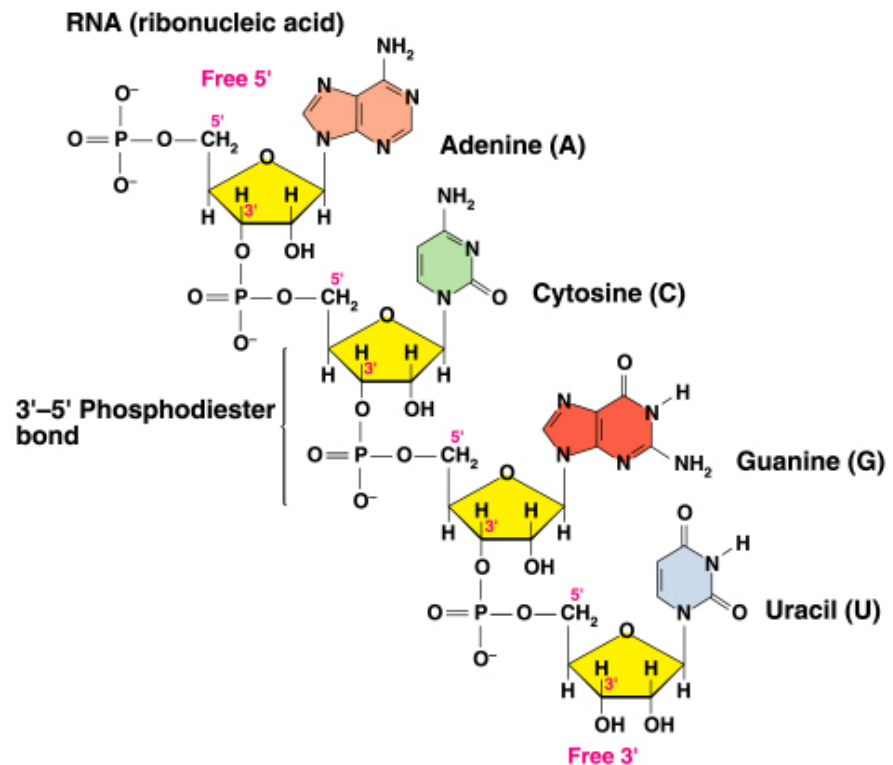
A nucleic acid polymer:

- n Has a free 5'-phosphate group at one end and a free 3'-OH group at the other end.
- n Is read from the free 5'-end using the letters of the bases.
- n This example reads 5'—A—C—G—T—3'.



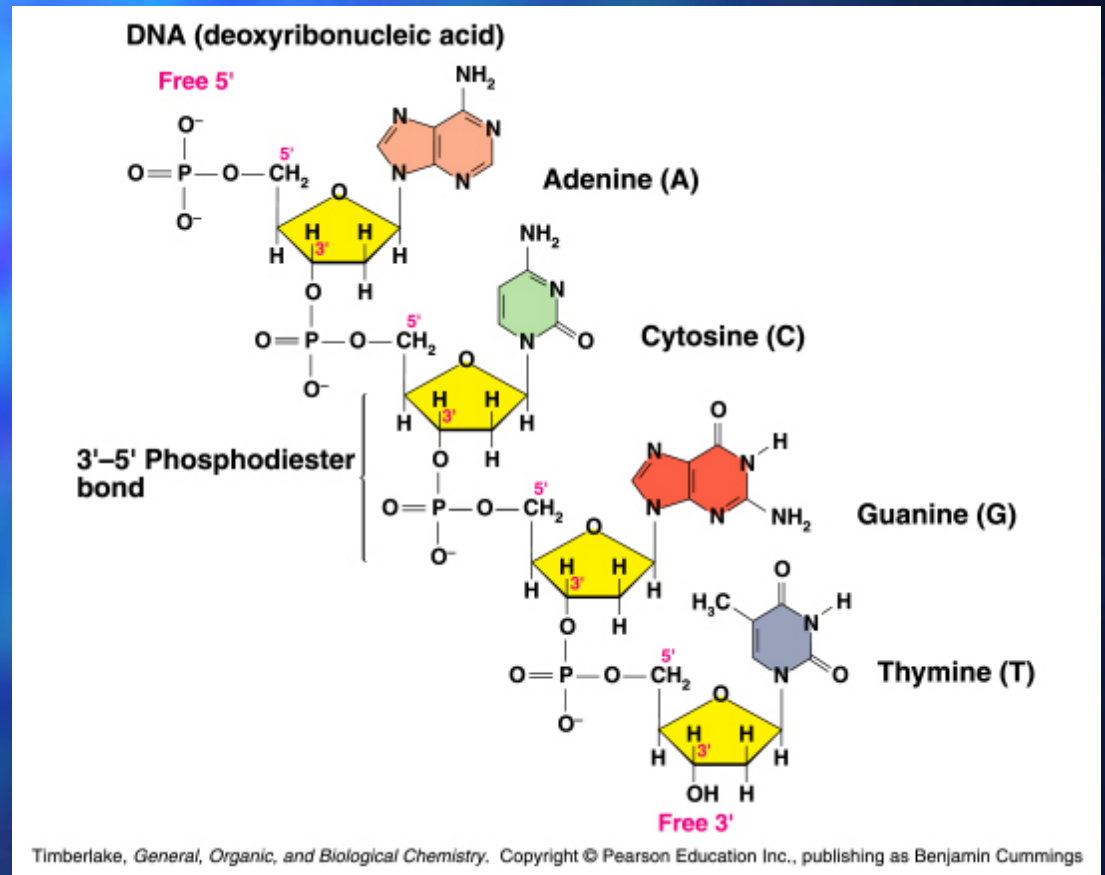
Example of RNA

- In RNA, A, C, G, and U are linked by 3'-5' ester bonds between ribose and phosphate.



Example of DNA

- In DNA, A, C, G, and T are linked by 3'-5' ester bonds between deoxyribose and phosphate.

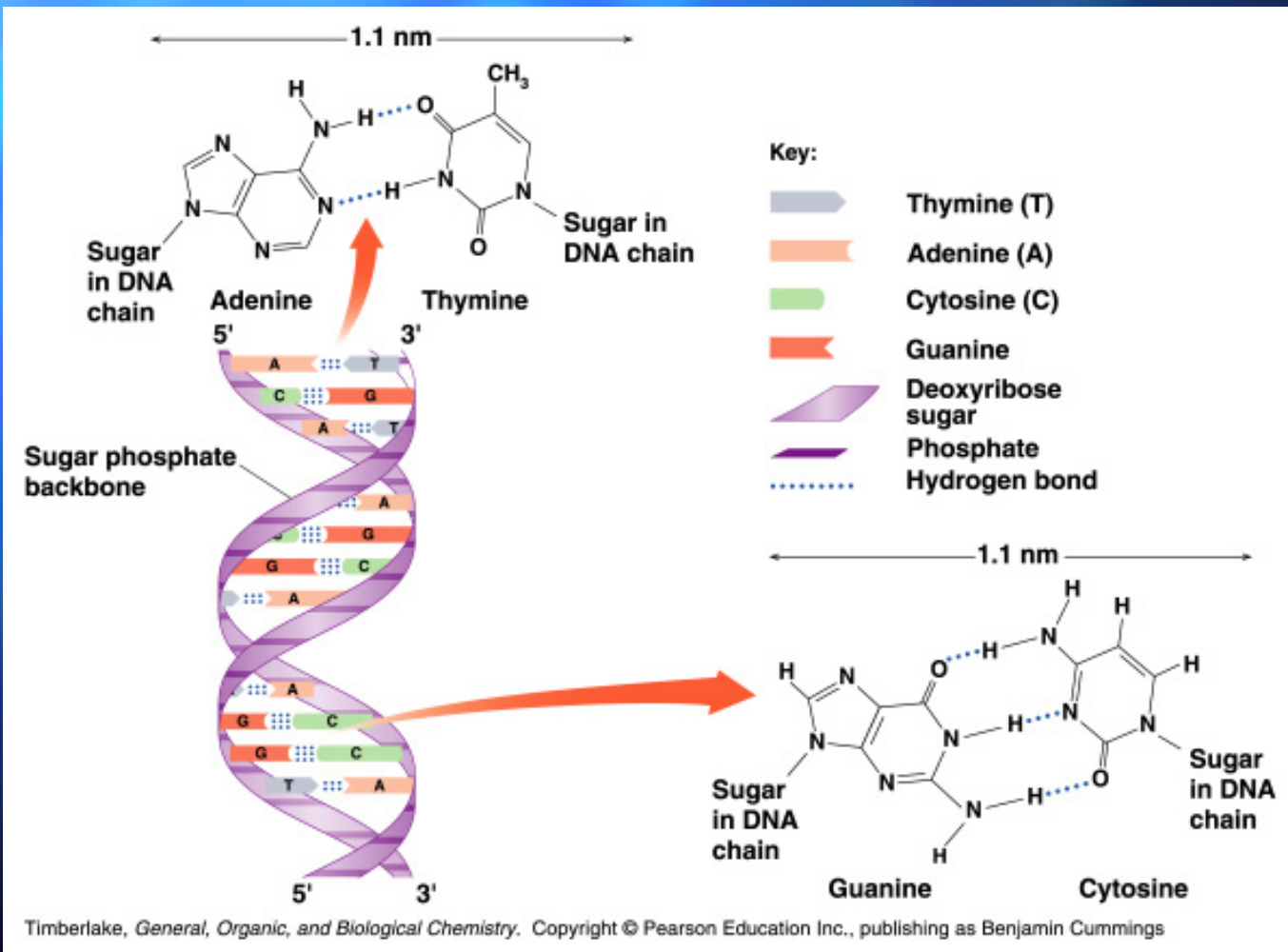


DNA Double Helix

In DNA:

- n There are two strands of nucleotides that wind together in a double helix.
- n Two hydrogen bonds form between the complementary base pairs A-T.
- n Three hydrogen bonds form between the complementary base pairs G-C.

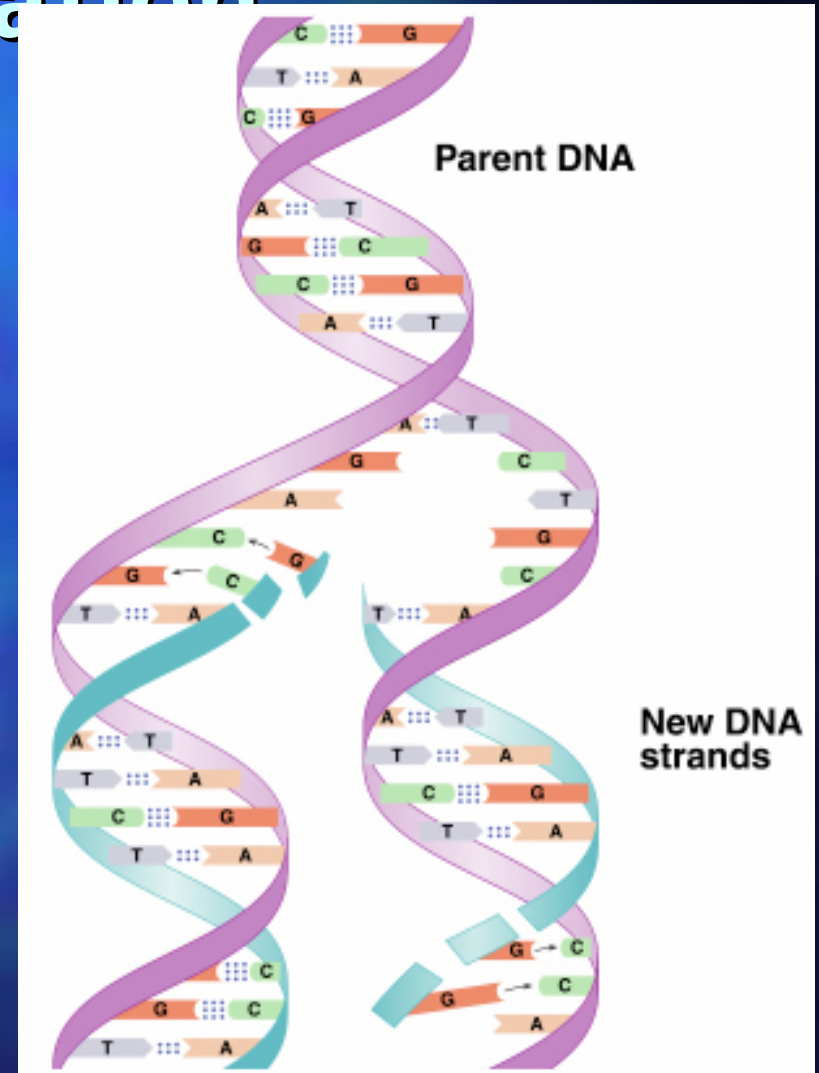
DNA Double Helix Structure



DNA Replication

DNA replication involves:

- n Unwinding the DNA
- n Pairing the bases in each strand with new bases to form new complementary strands.
- n Producing two new DNA strands that exactly duplicate the original DNA.



Hydrolysis Energy

- n Energy from the hydrolysis of each nucleoside triphosphate adding to the complementary strand is used to form the phosphodiester bond.

