

H_2O , NH_3 , CH_4

Requisitos para vida “**como la conocemos**”

- Planeta con entorno estable
- Los elementos correctos: CHONPS
 - Carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, azufre, fósforo
 - Traza de elementos, como hierro (Fe) y magnesio (Mg)

- **Un Solvente Líquido (Agua)**
- Temperatura correcta
- Una fuente de energía:
 - Luz
 - Compuestos químicos

NATURALLY OCCURRING ELEMENTS IN THE HUMAN BODY

Symbol	Element	Wet Weight Percentage*
O	Oxygen	65.0
C	Carbon	18.5
H	Hydrogen	9.5
N	Nitrogen	3.3
Ca	Calcium	1.5
P	Phosphorus	1.0
K	Potassium	0.4
S	Sulfur	0.3
Na	Sodium	0.2
Cl	Chlorine	0.2
Mg	Magnesium	0.1
Trace elements (less than 0.01%): boron (B), chromium (Cr), cobalt (Co), copper (Cu), fluorine (F), iodine (I), iron (Fe), manganese (Mn), molybdenum (Mo), selenium (Se), silicon (Si), tin (Sn), vanadium (V), and zinc (Zn).		
*Includes water.		

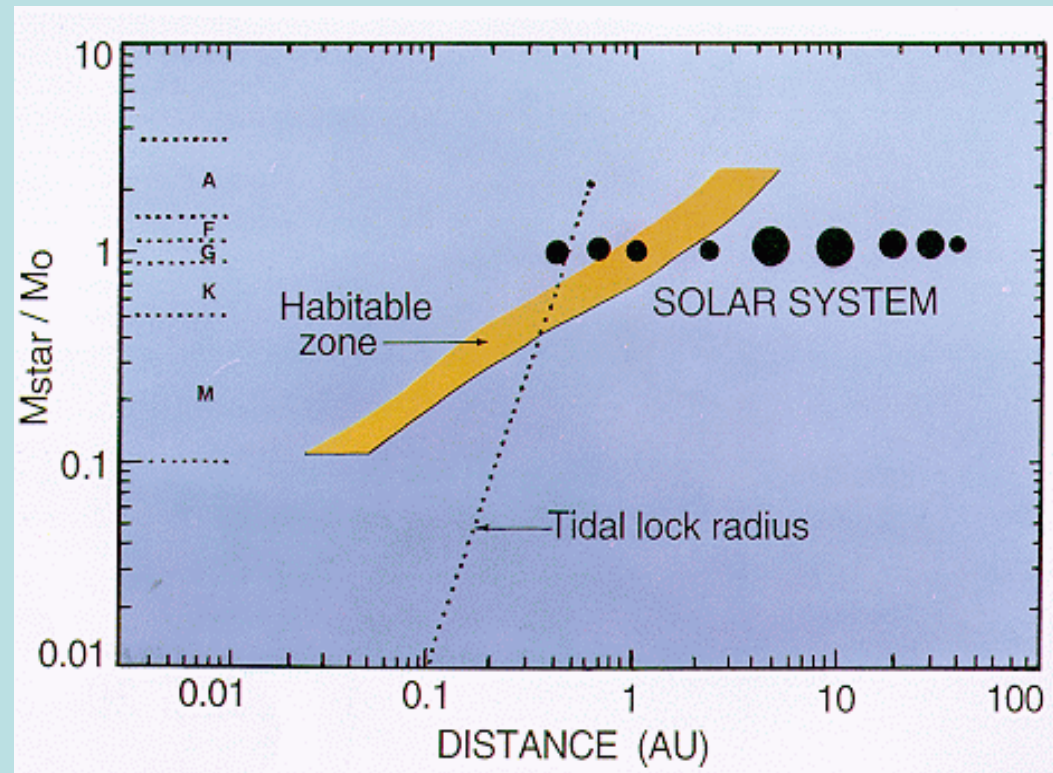
C
H
O
N
P
S

Distribución de Elementos (**CHONPS**) en el Sistema Solar

- Distribuidos según volatilidad
 - **CHON** son muy volátiles (gases / hielos)
 - En planetas interiores por el sol
 - Algunos son traídos de vuelta por cometas y asteroides
 - **S P** son no-volátiles. Permanecen en forma sólida
- Existe una buena mezcla **CHONPS** en Venus, Tierra, Marte; además de:
 - Titán (Saturno); Europa, Calisto, Ganímedes (Júpiter)

Temperatura correcta

- Calor (de la estrella) decrece con la distancia.
- Zona amarilla = agua líquida en la superficie del planeta.
- La estrellas se hacen más calientes al envejecer, zona amarilla se aleja.
- Rotación planetaria suaviza la temperatura.



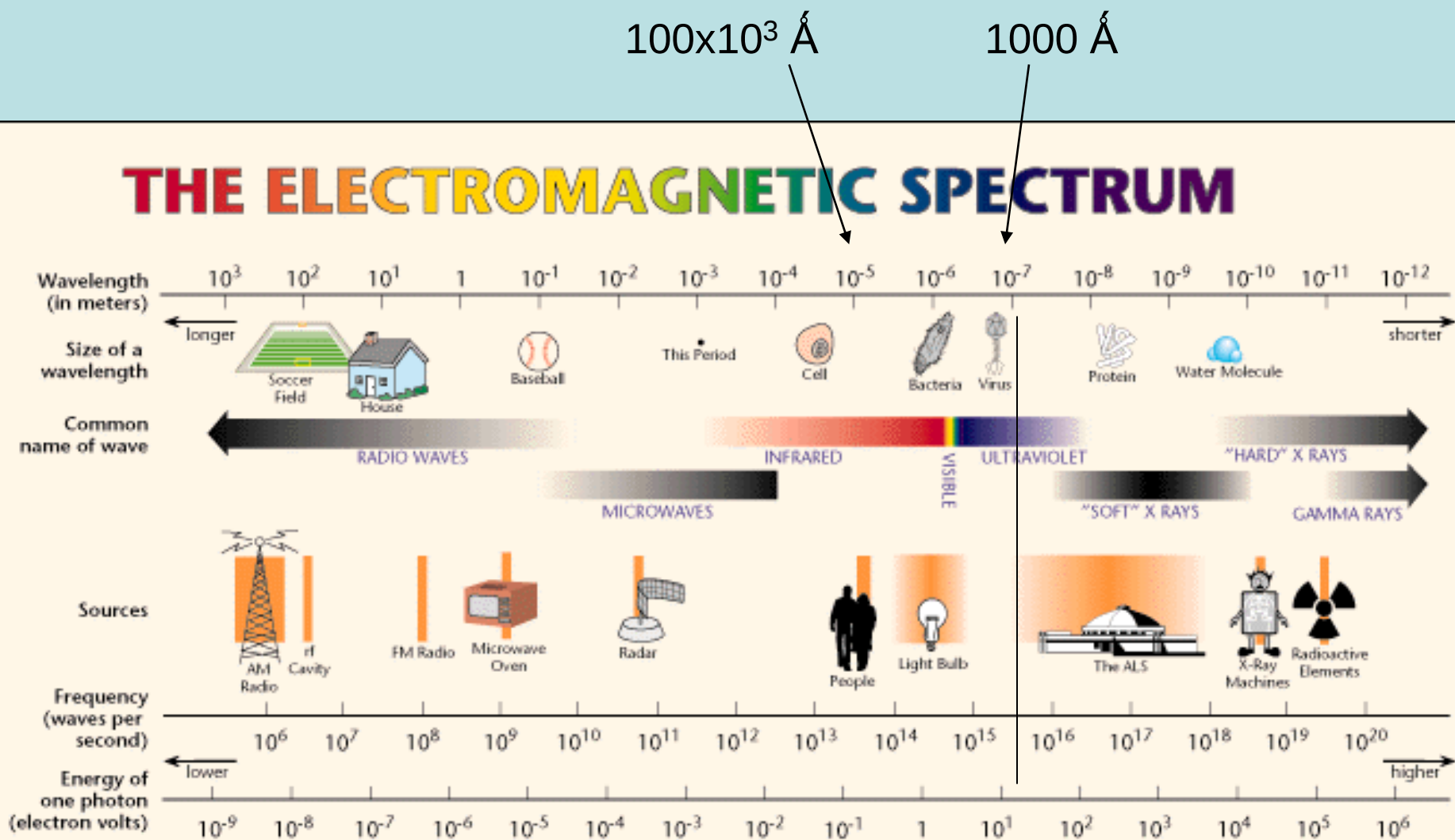
Un Solvente Líquido (Agua)

- ¿Porqué Líquido?
 - Permite un fácil movimiento de las moléculas desde y hacia centros de reacción.
 - Permite la creación de moléculas complejas
- ¿Porqué Agua?
 - H_2O es abundante en el sistema solar y con propiedades fisicoquímicas adecuadas.

- Sin embargo Amoníaco líquido (NH_3) e hidrocarburos (metano CH_4 , etano) también posibles.

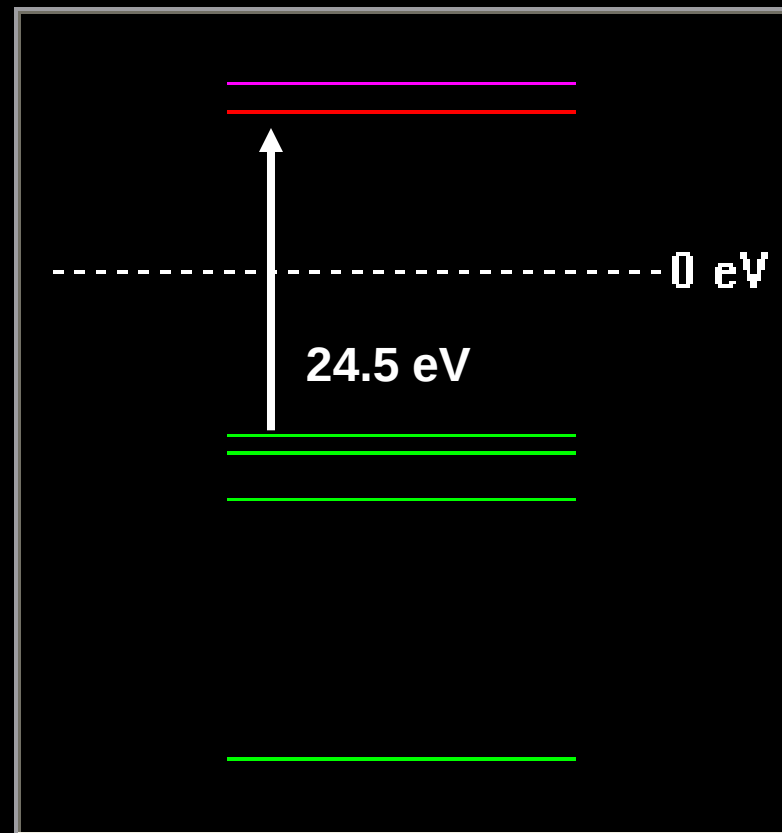
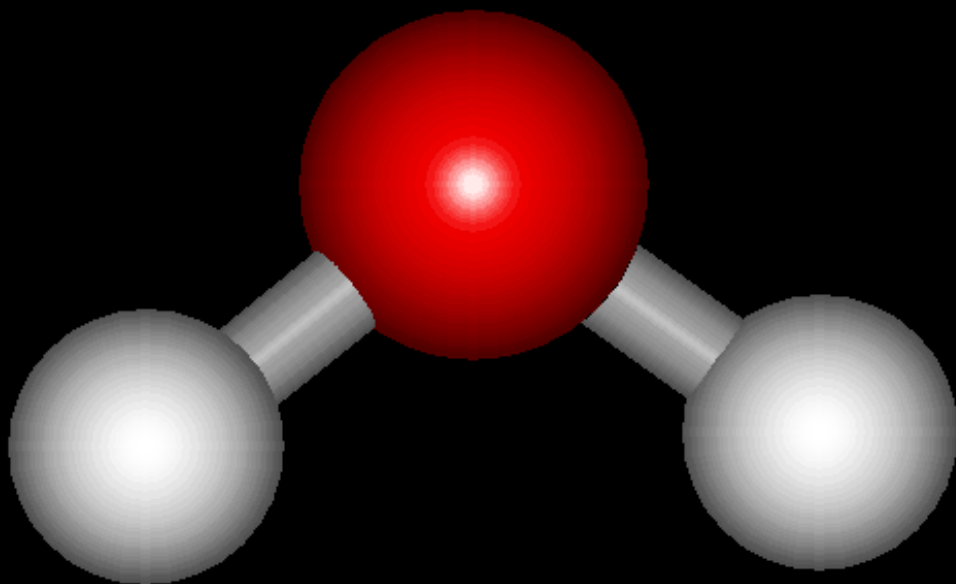


THE ELECTROMAGNETIC SPECTRUM



Propiedades del agua

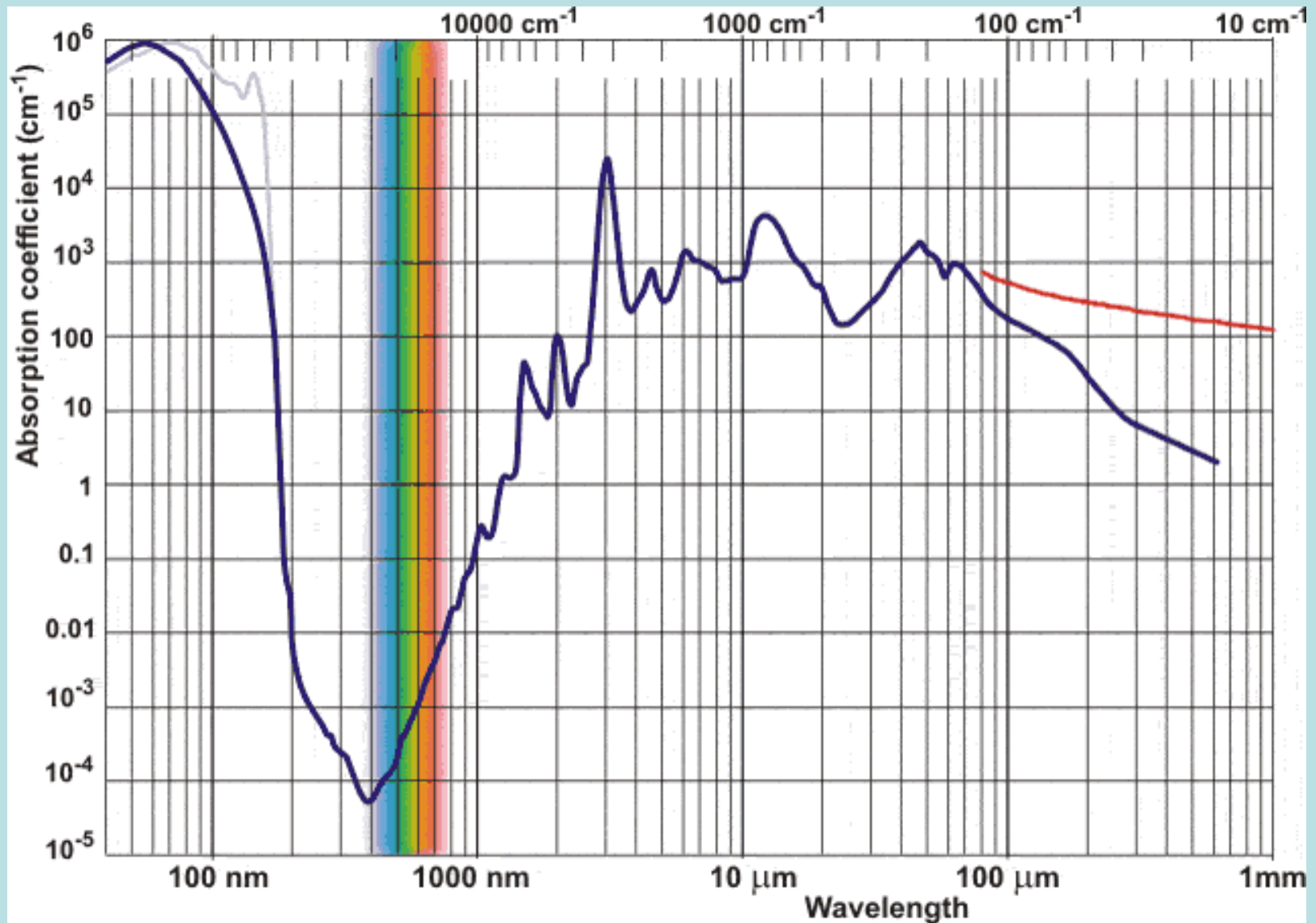




$$24.5 \text{ eV} \approx 197.500 \text{ cm}^{-1} (506.3 \text{ \AA})$$

Espectro UV – Visible de agua líquida

Coefficientes de Absorción



- El agua es casi perfectamente transparente a la luz visible, propiedad que permite la fotosíntesis y permite la producción de biomasa y oxígeno.

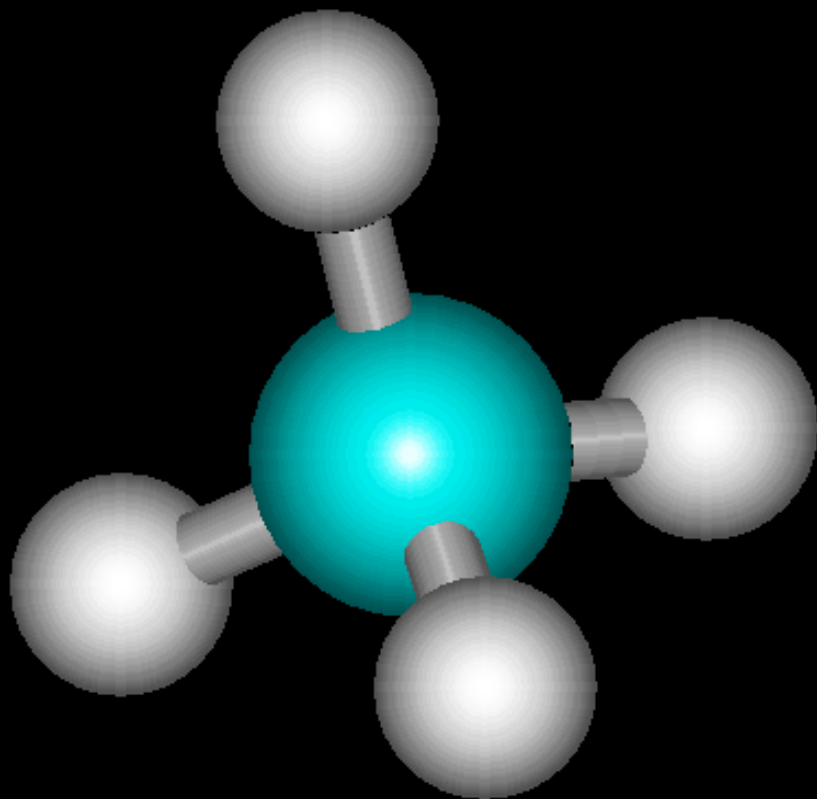
El agua es levemente de color azul

Este espectro de absorción del agua (la luz roja se absorbe 100 veces más que la luz azul), junto con la dispersión 5 veces mayor de la luz azul comparada con la roja, contribuye al color azul de los lagos y el océano.

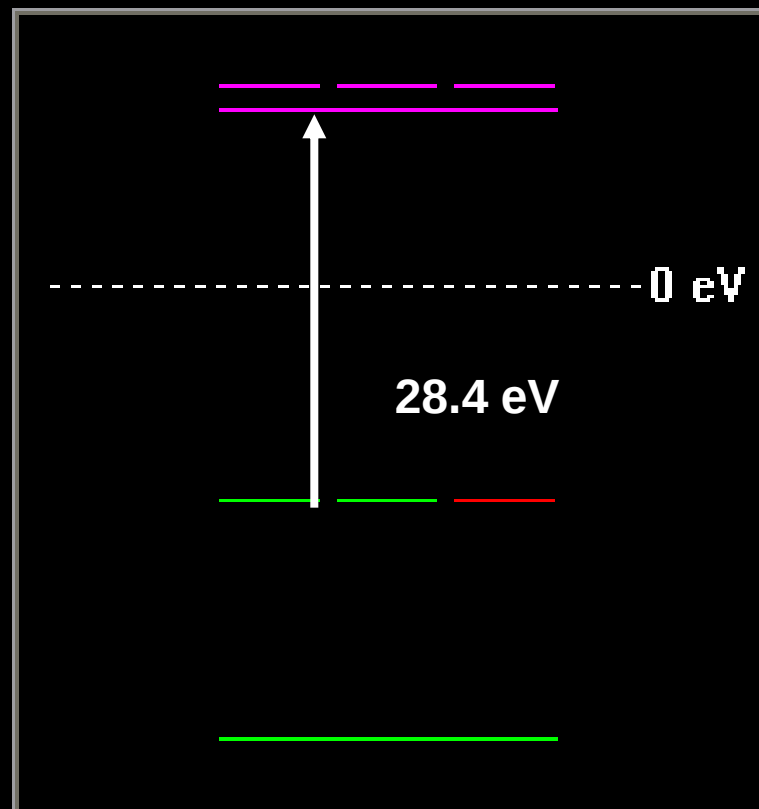
- Metano



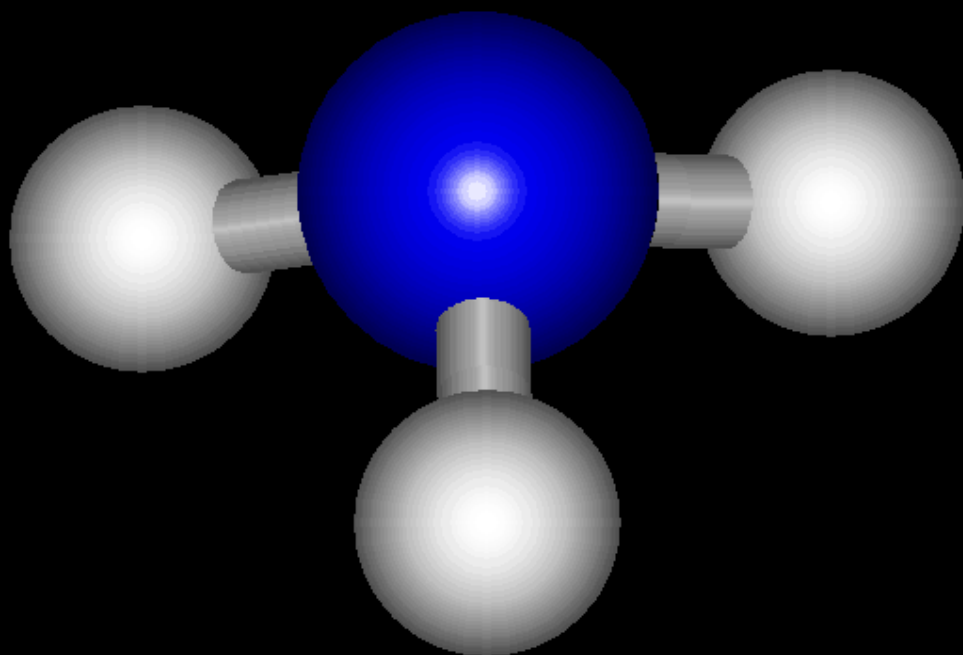
- Amoníaco



Metano
(436 Å)

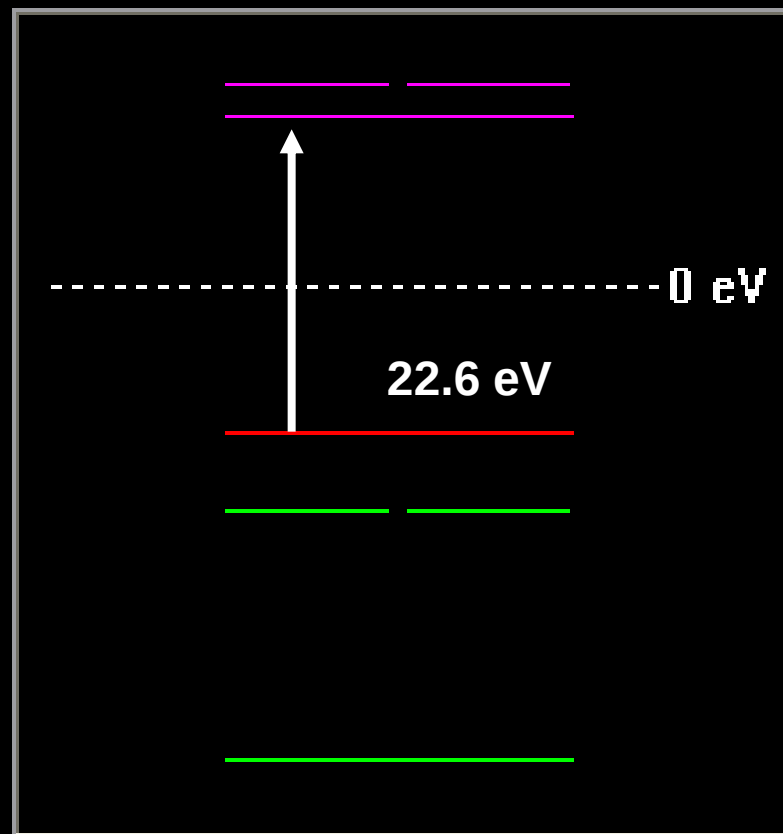


(H₂O: 24.5 eV)

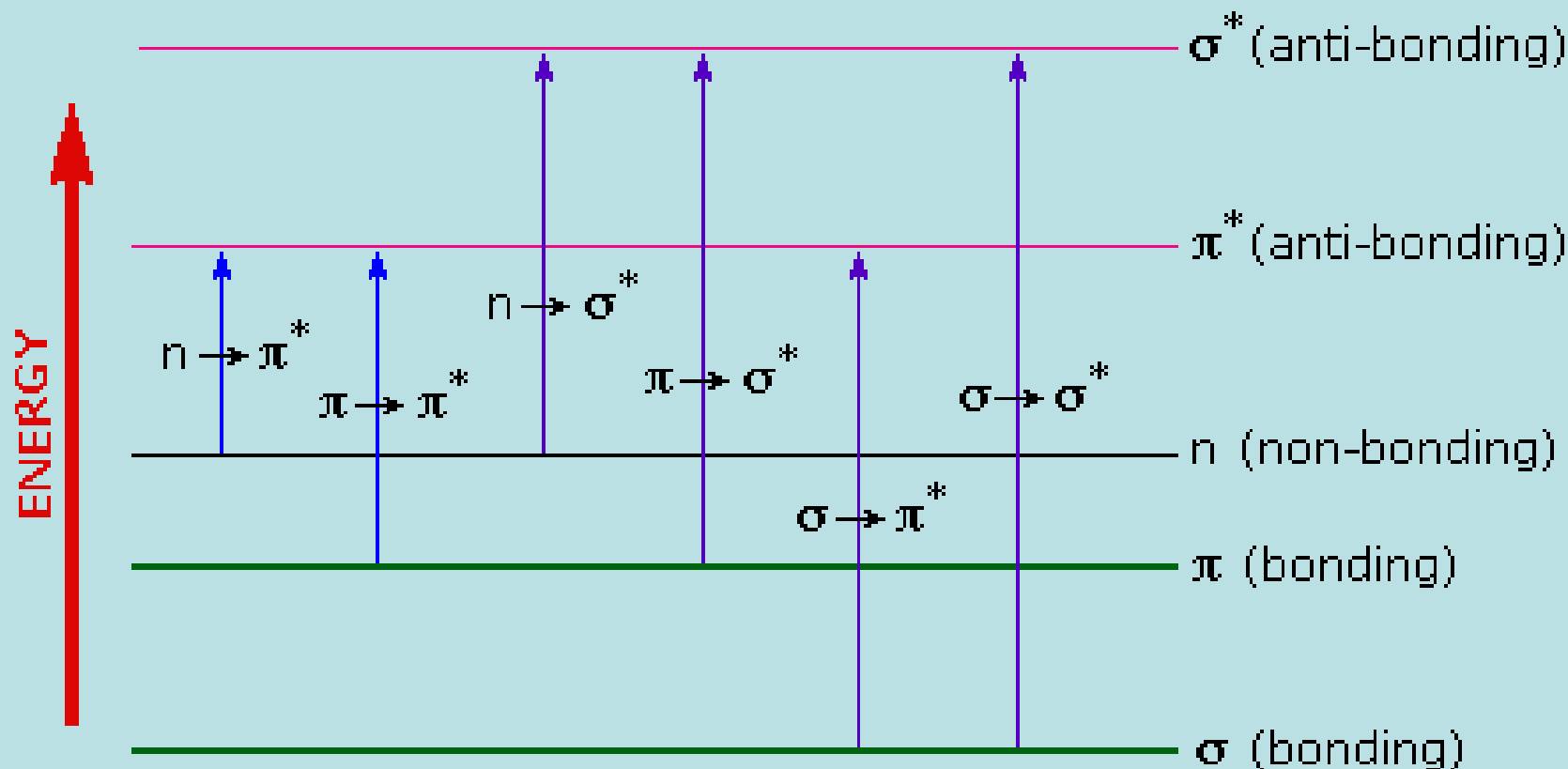


Amoníaco

(548 Å)

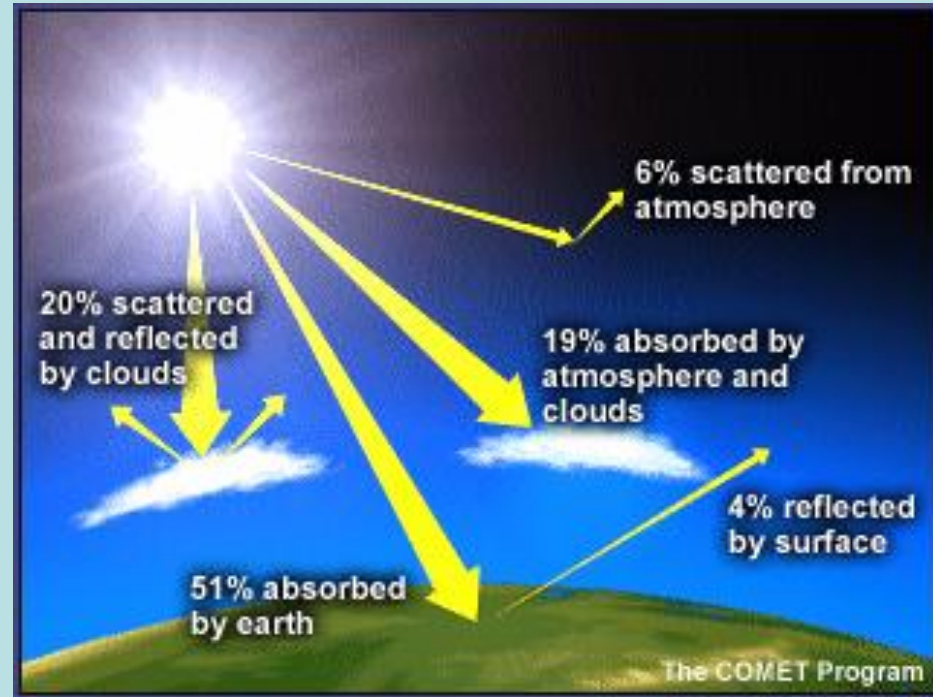
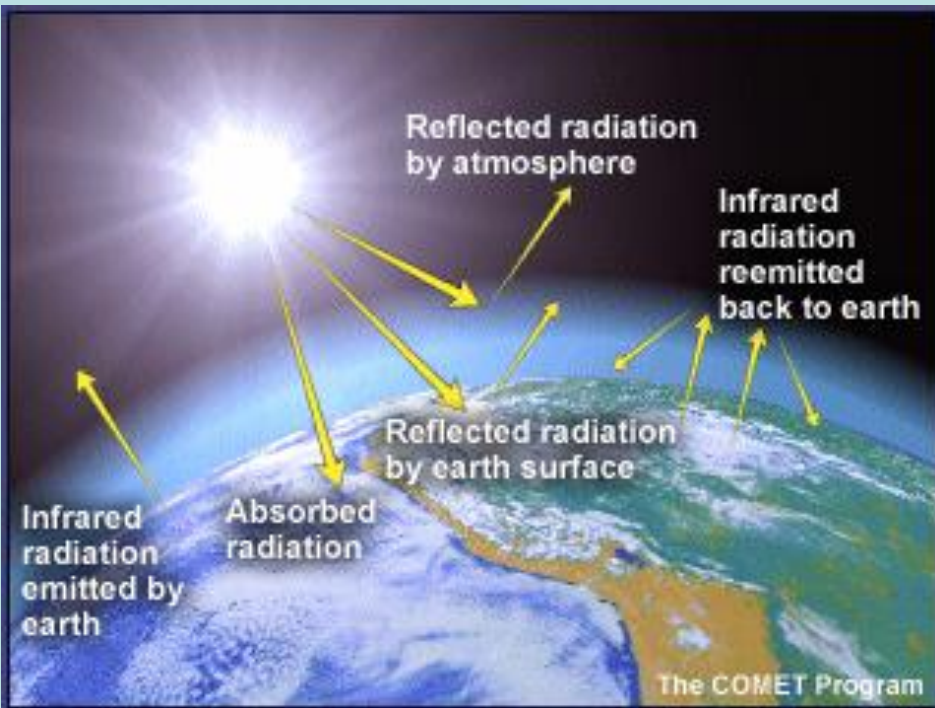


(H₂O: 24.5 eV)



Compuesto	λ (nm)	Intensidad	transición mínima energía
CH_4	122	intensa	$s-s^*$ (C-H)
NH_3	~130	intensa	$n-s^*$

¿Gases Invernadero?



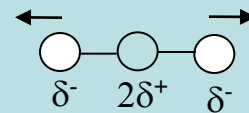
Algo de la energía IR escapa directamente al espacio, pero la mayoría es absorbida por los “gases invernadero”. Esto tempera la atmósfera, de otra forma la temperatura media atmosférica sería alrededor de 30° C más fría (aprox. -15° C)

Vibraciones Activas en IR

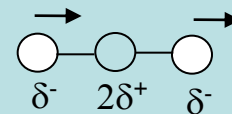
(tener un **momento dipolar** que cambie como resultado de la vibración)

CO₂: $3(3)-5 = 4$ modos

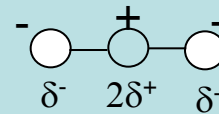
*degeneradas -single IR
peaks idénticos*



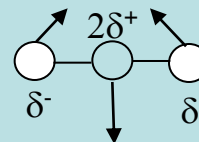
$\mu = 0$; IR inactiva



$\mu > 0$; IR activa

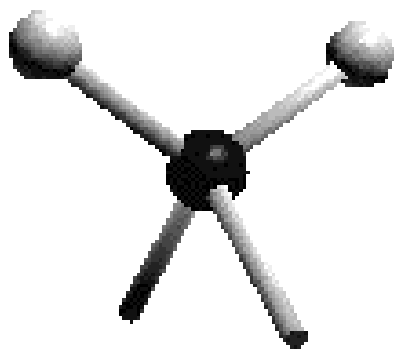


$\mu > 0$; IR activa



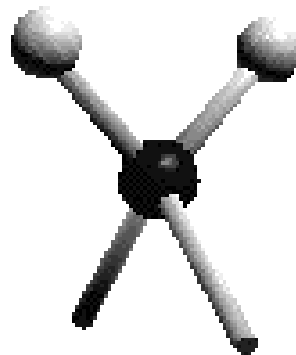
$\mu > 0$; IR activa

Agua: = 3 modos



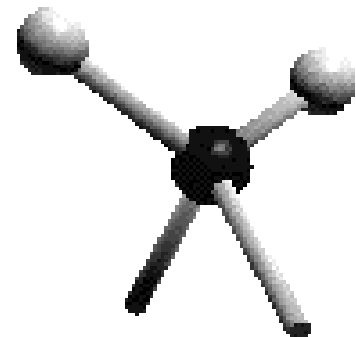
Copyright © 1997 Charles E. Abrams

v_1



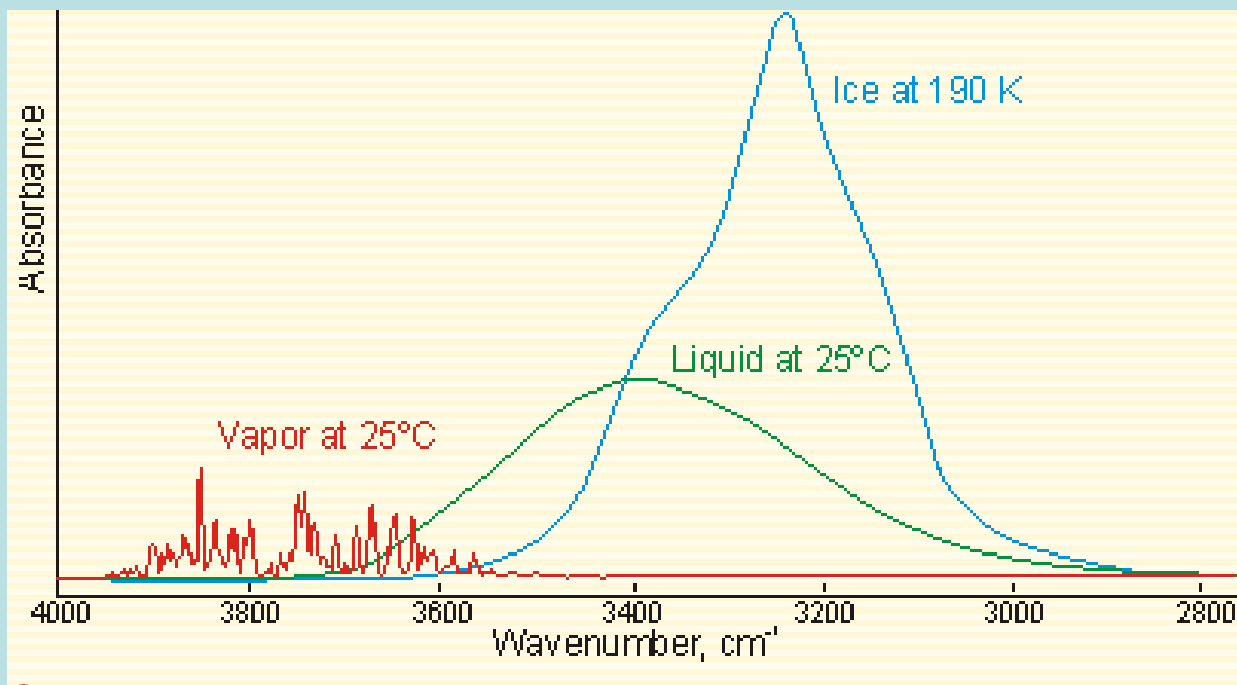
Copyright © 1997 Charles E. Abrams

v_2



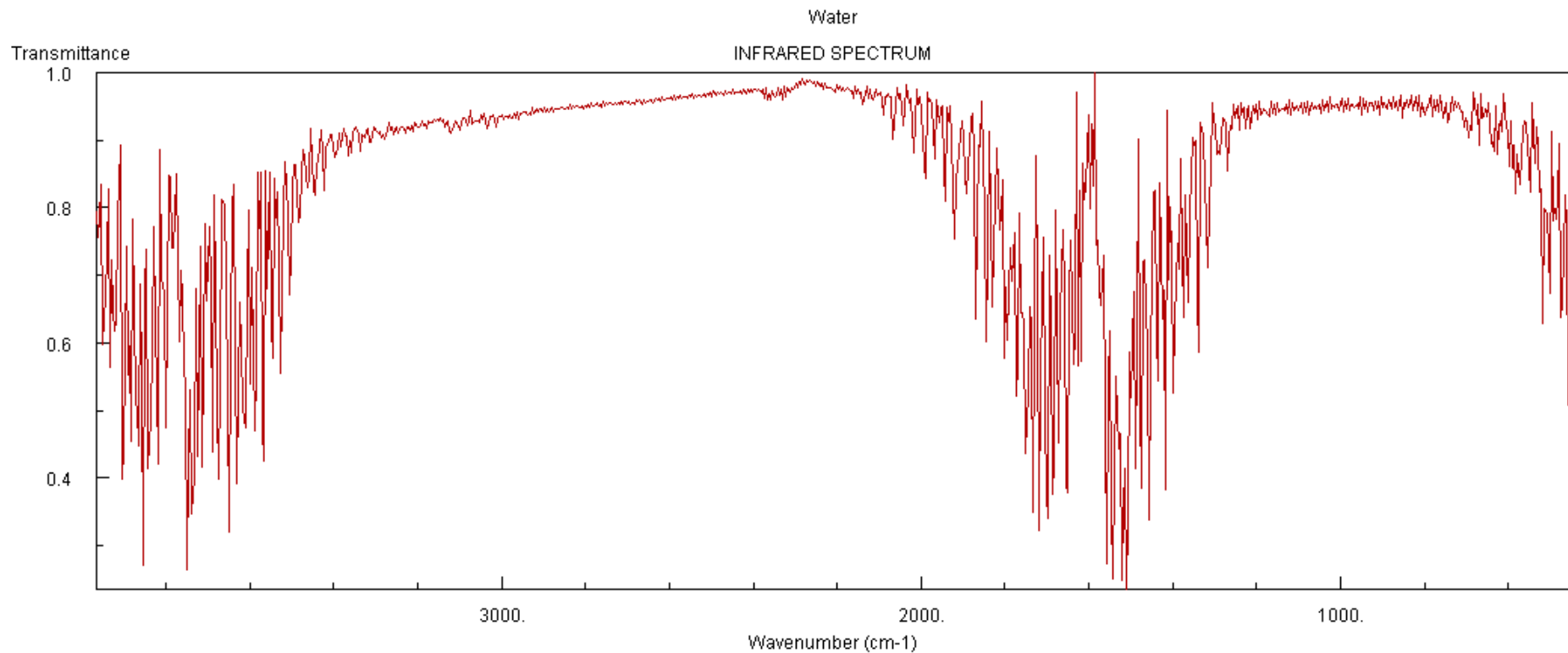
Copyright © 1997 Charles E. Abrams

v_3



Vibraciones principales de isótopologos de agua

Gas	ν_1 , cm^{-1}	ν_2 , cm^{-1}	ν_3 , cm^{-1}
H_2^{16}O	3657.05	1594.75	3755.93
H_2^{17}O	3653.15	1591.32	3748.32
H_2^{18}O	3649.69	1588.26	3741.57
HD^{16}O	2723.68	1403.48	3707.47
D_2^{16}O	2669.40	1178.38	2787.92
T_2^{16}O	2233.9	995.37	2366.61



3657.05 cm⁻¹
27300 Å

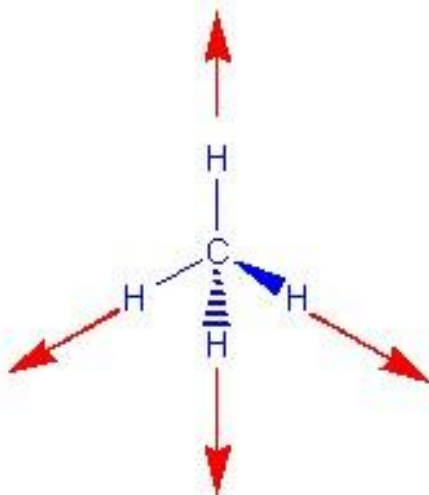
3755.93 cm⁻¹

1594.75 cm⁻¹
62700 Å

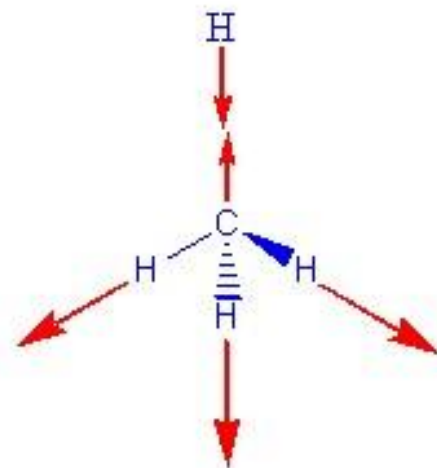
Metano CH₄:

= 9 modos

The stretching modes of CH₄

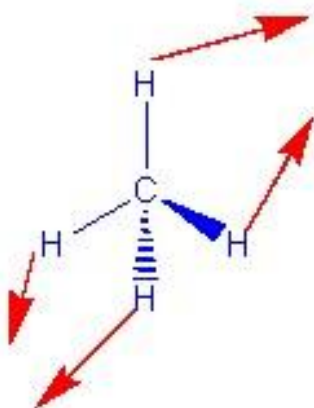


Symmetrical stretch

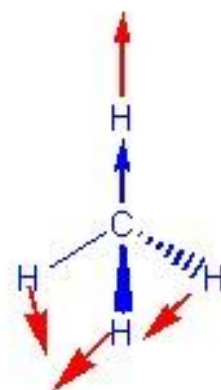


Asymmetric stretch-

The bending modes of CH₄

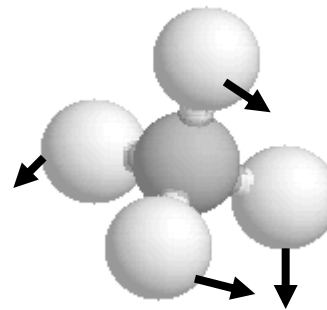
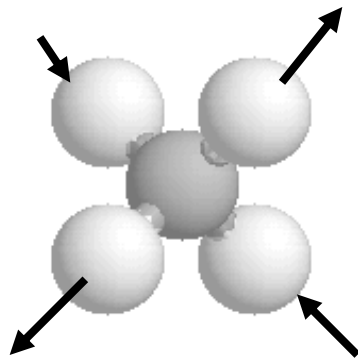
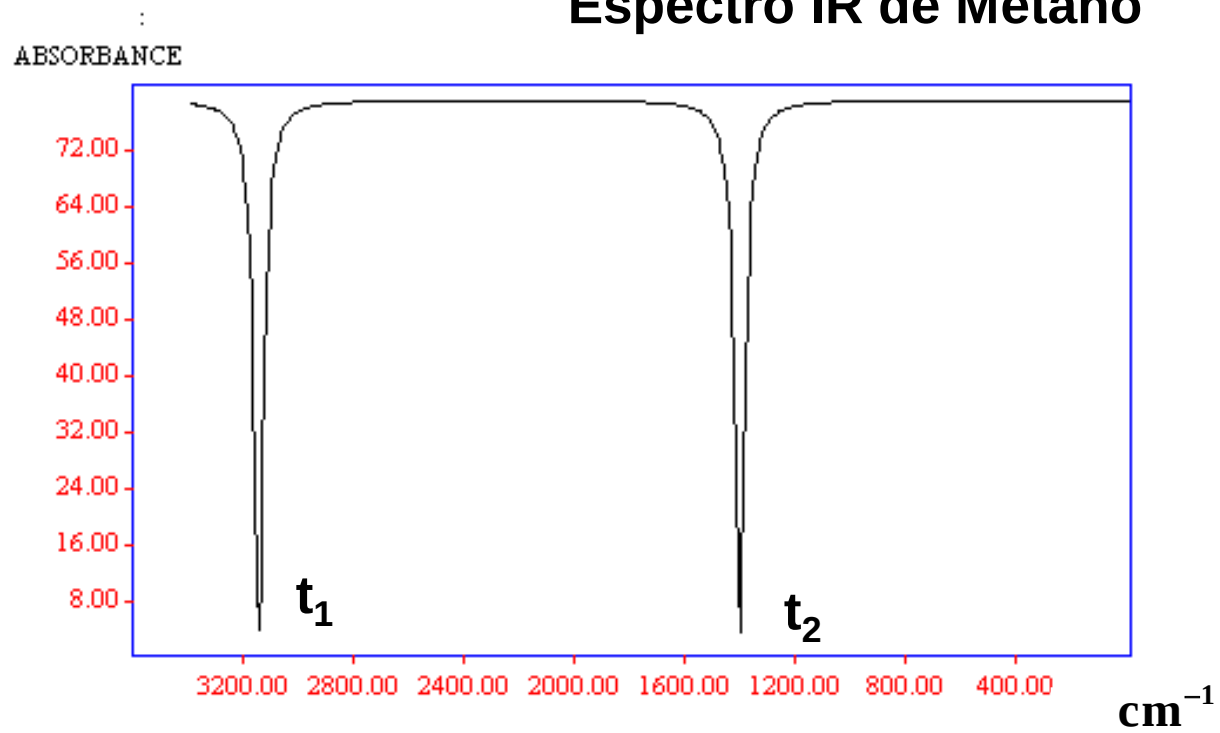


Symmetric bend



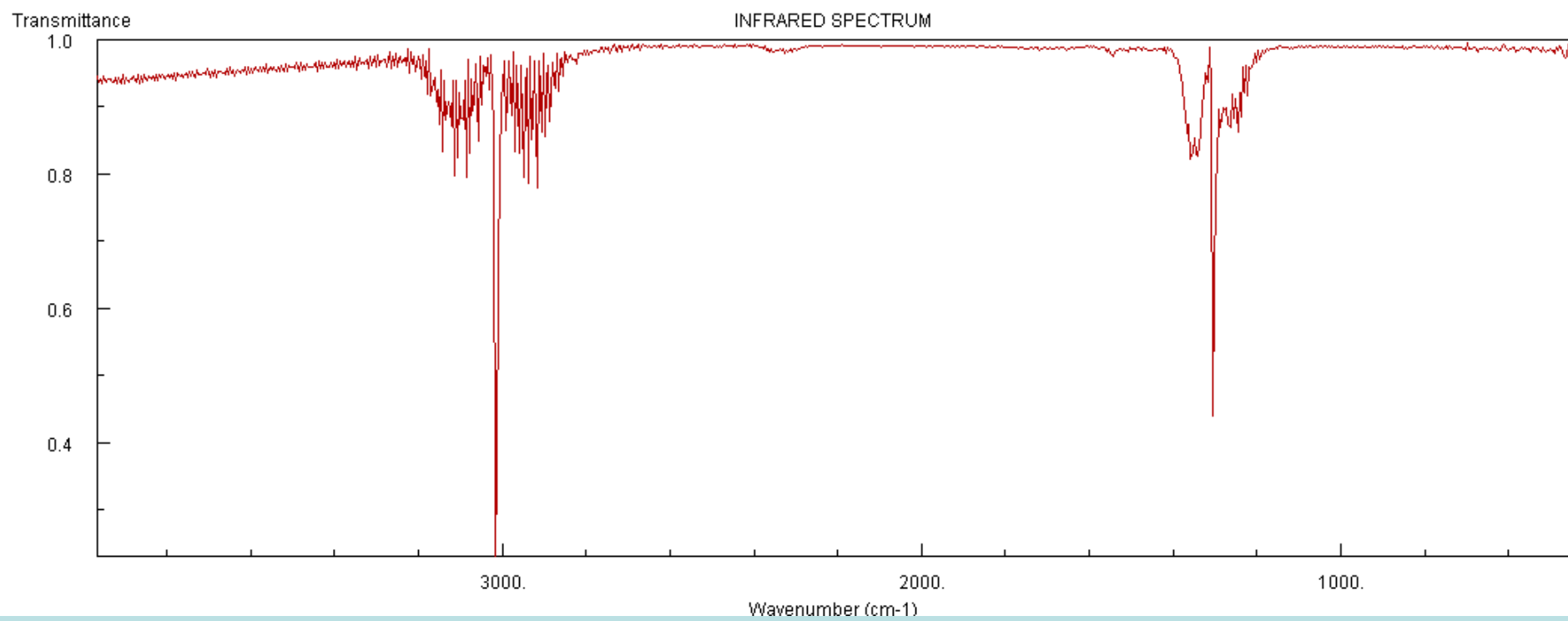
Asymmetric bend

Espectro IR de Metano

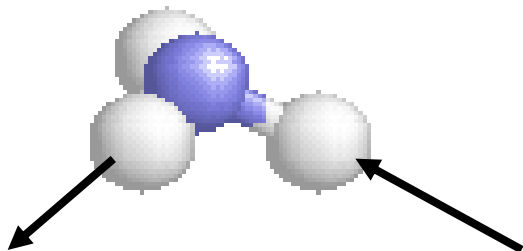


Methane

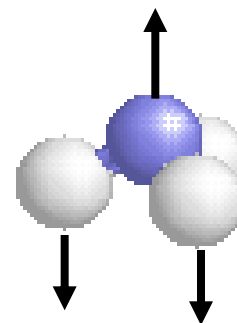
INFRARED SPECTRUM



Amoníaco NH_3 = 6 modos



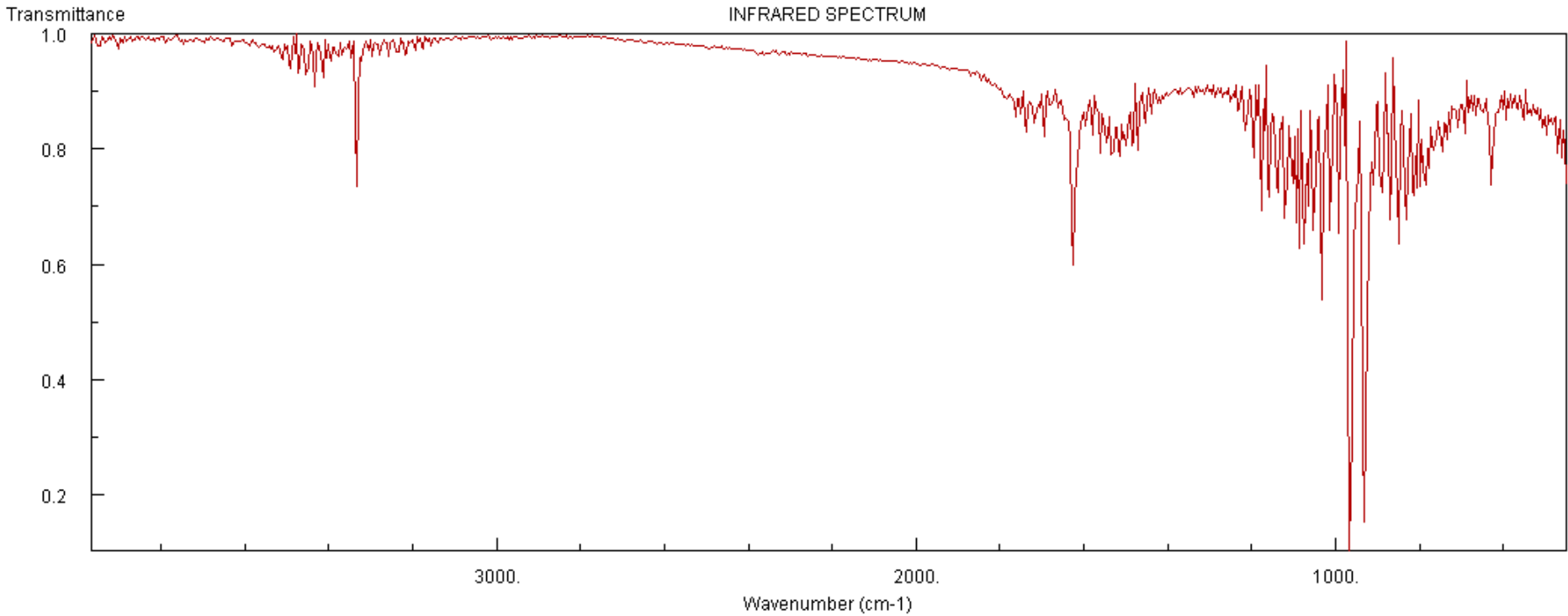
N-H
stretching asimétrico
(E)
3464cm-1
(IR intensidad = 0.073)



N-H
wagging
(A1)
1139 cm-1
(IR intensidad = 1.0)

Ammonia

INFRARED SPECTRUM



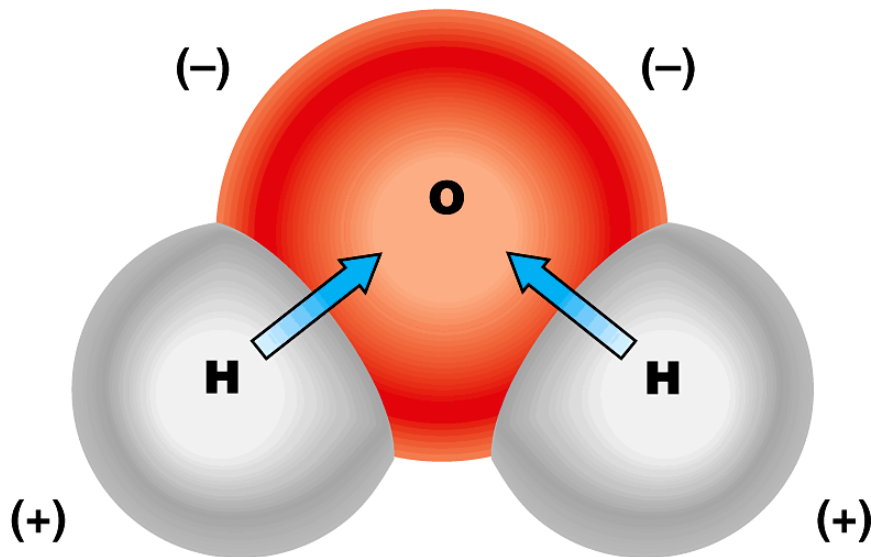
3464cm⁻¹

1139 cm⁻¹

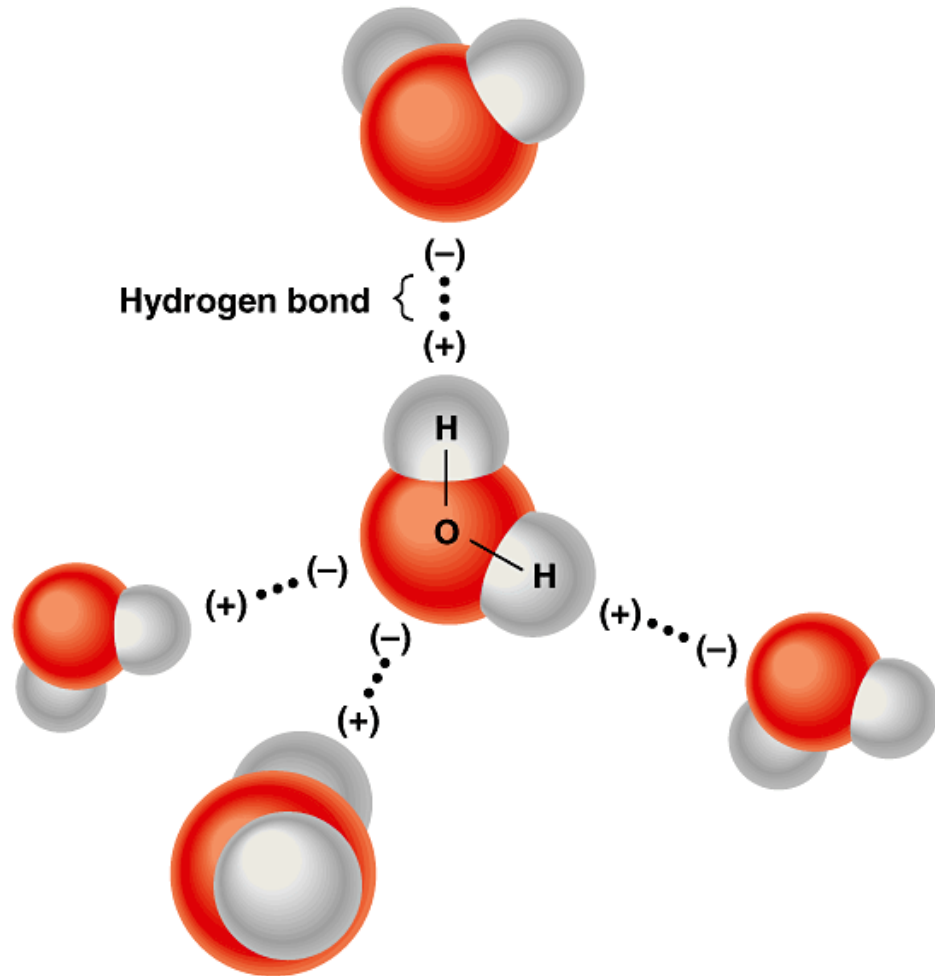
H₂O, CH₄, NH₃ = Gases invernadero

Enlaces en agua

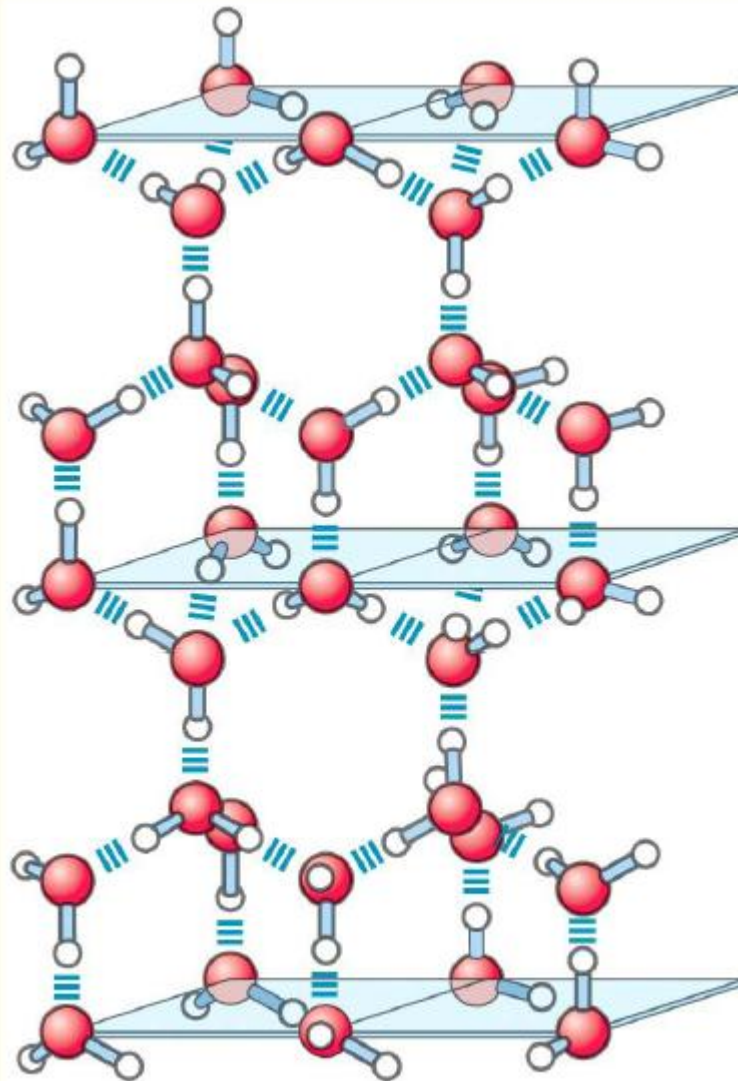
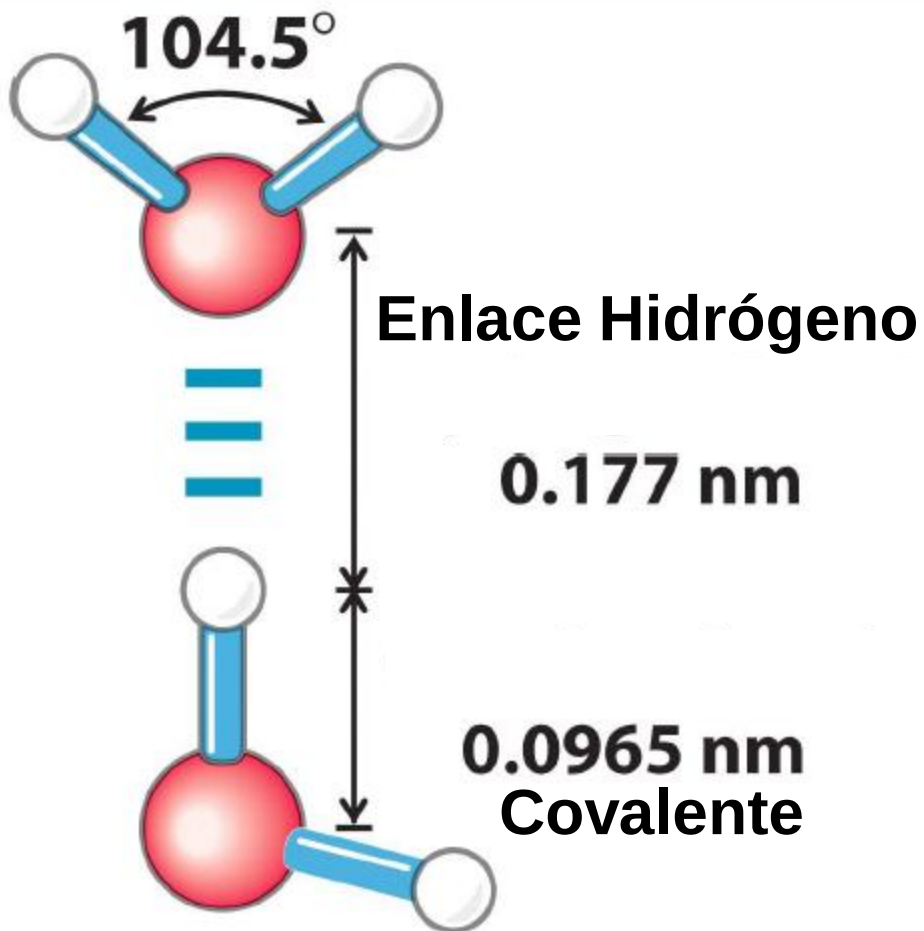
- Enlace Covalente Polar
- Enlace Hidrógeno



Copyright © 2003 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.



Copyright © 2003 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

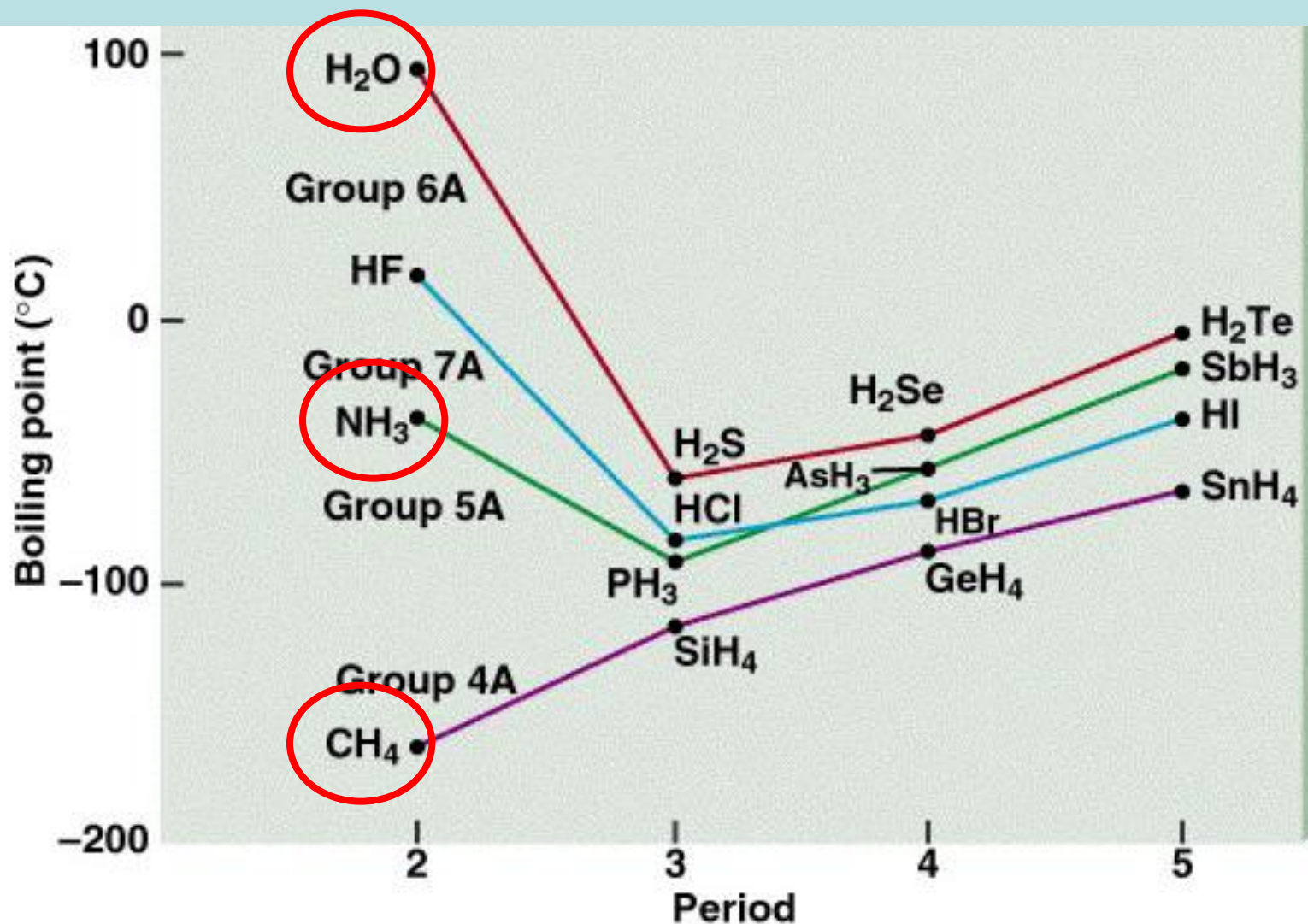


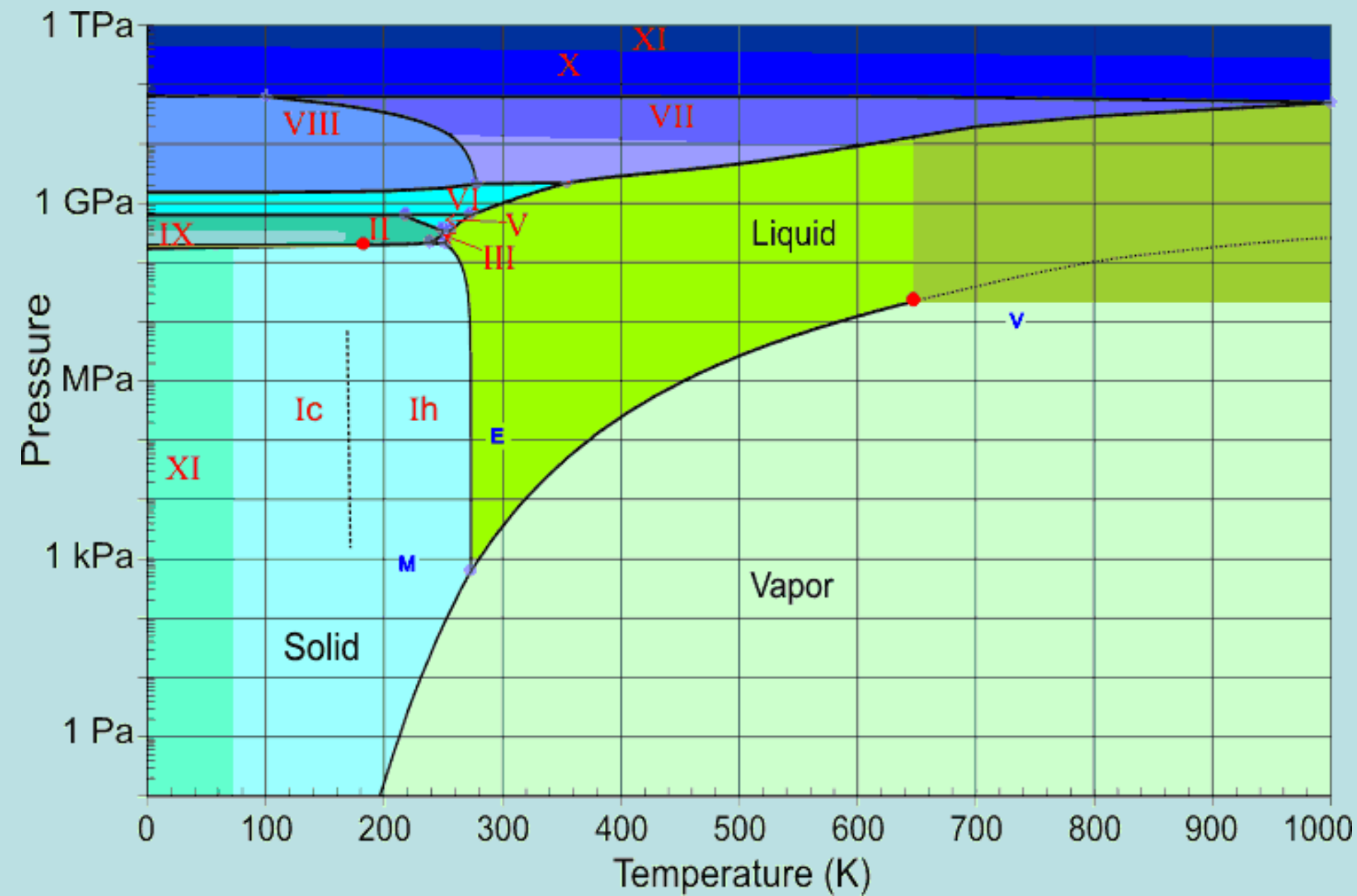
Propiedades del Agua



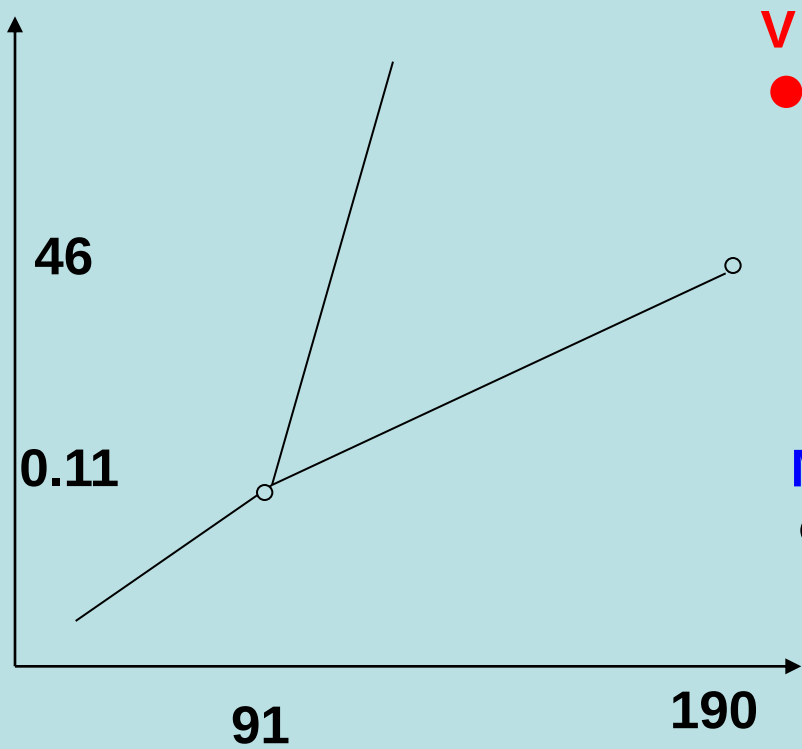
**Enlace hidrógeno hace el agua cohesiva →
tensión superficial**

Consecuencias del Enlace Hidrógeno

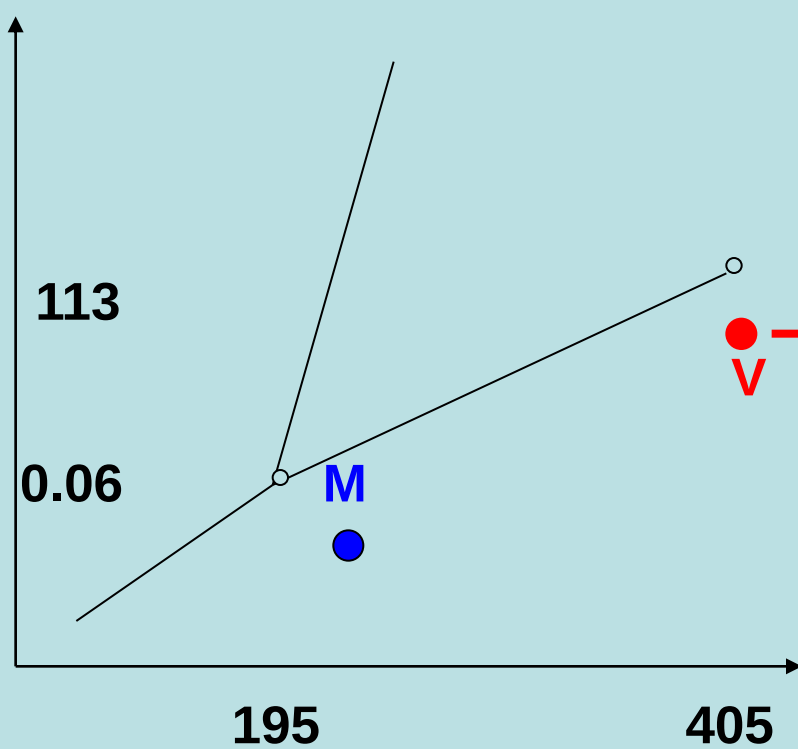




	$T_T(^{\circ}\text{K})$	$P_T(\text{atm})$	$T_c(^{\circ}\text{K})$	$P_c(\text{atm})$
H_2O	273	0.006	647	220
CH_4	91	0.11	190	46
NH_3	195	0.06	405	113



CH_4

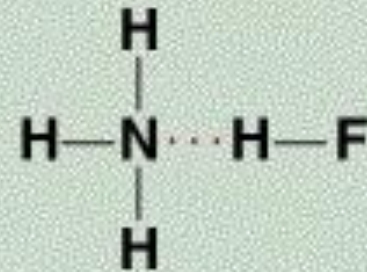
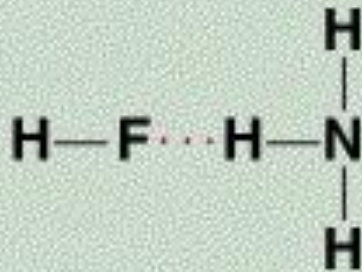
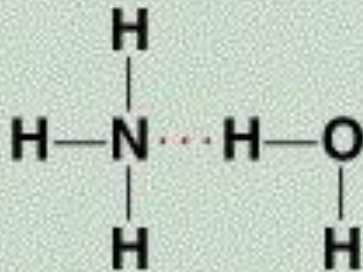
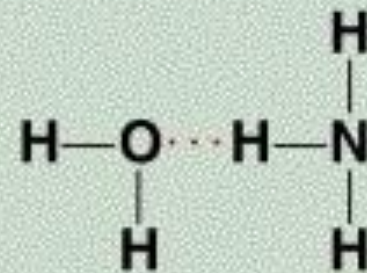
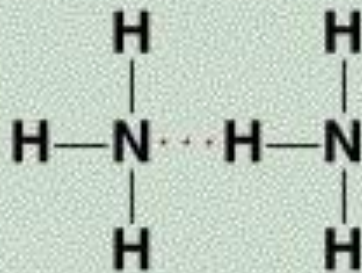
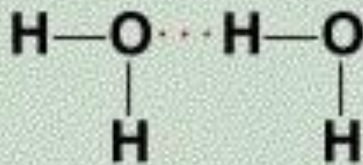


NH_3

Efectos de los Enlaces Hidrógeno

- Altos puntos de ebullición y bajas presiones de vapor para agua, ácido sulfúrico, amoníaco y compuestos orgánicos que contienen grupos -OH o -NH_2
- Estabilidad y conformación de grandes moléculas biológicas como DNA.
- Procesos bioquímicos que pueden ocurrir a temperatura ambiente.

Enlaces -H



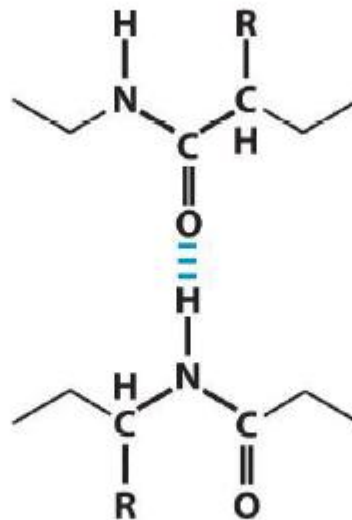
Between the hydroxyl group of an alcohol and water



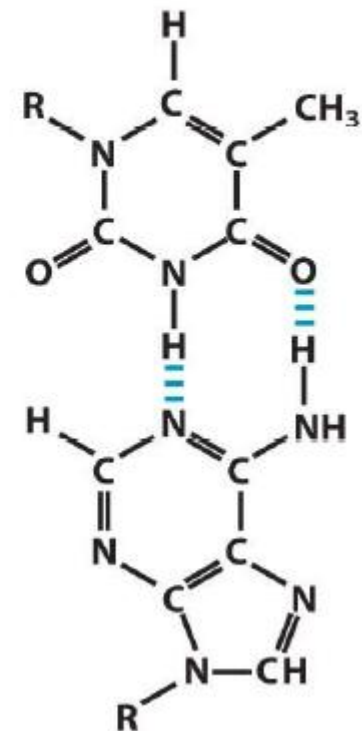
Between the carbonyl group of a ketone and water



Between peptide groups in polypeptides



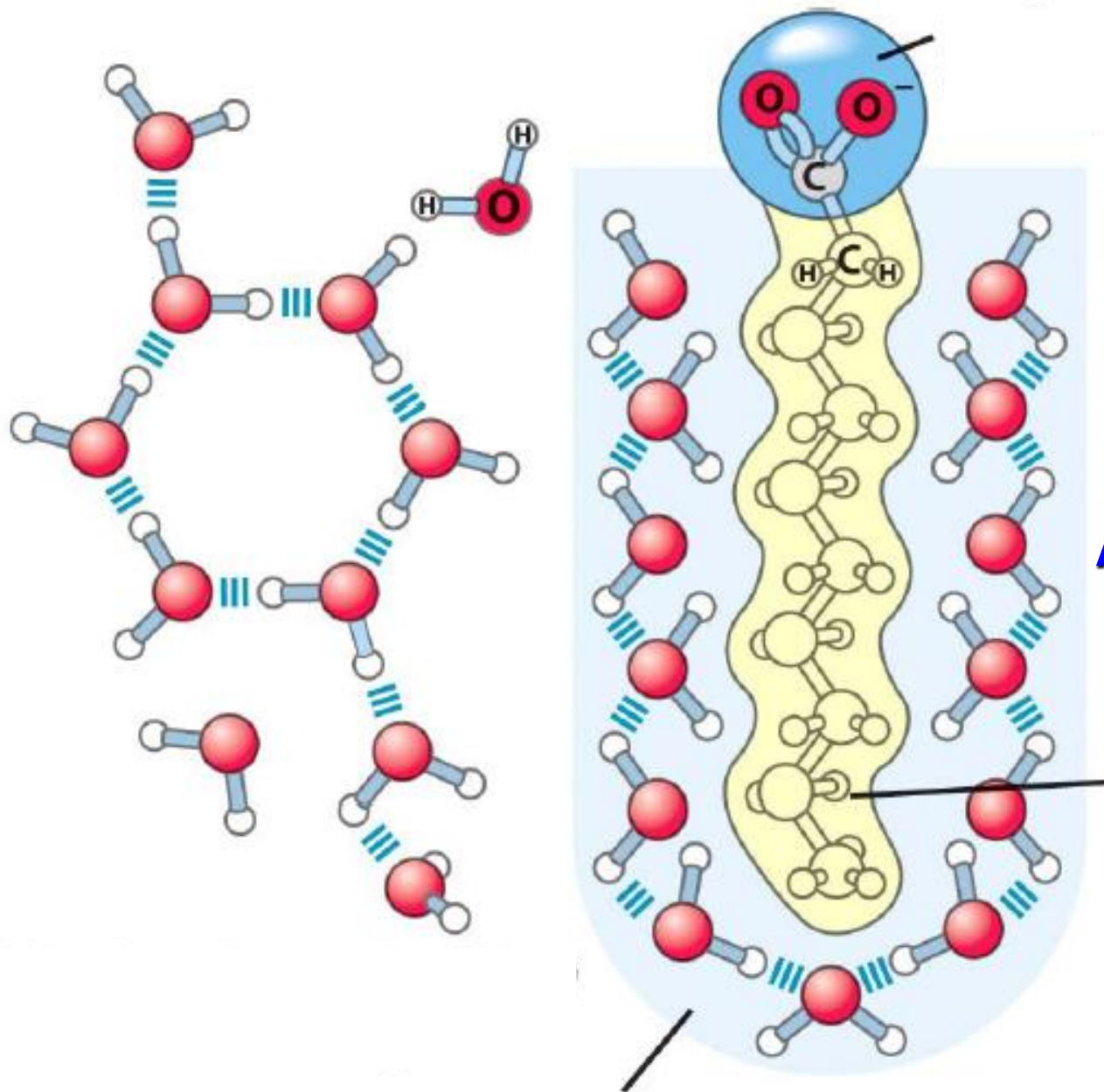
Between complementary bases of DNA



Thymine

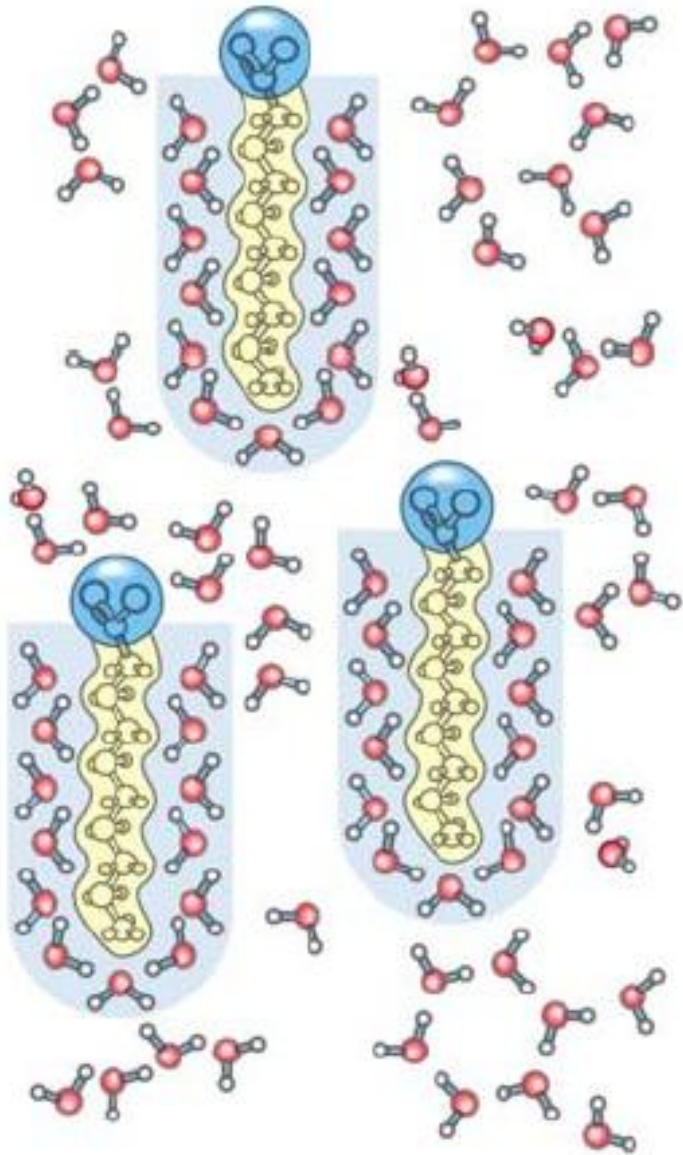
Adenine

Moléculas Anfipáticas = Building Blocks en Bioquímica

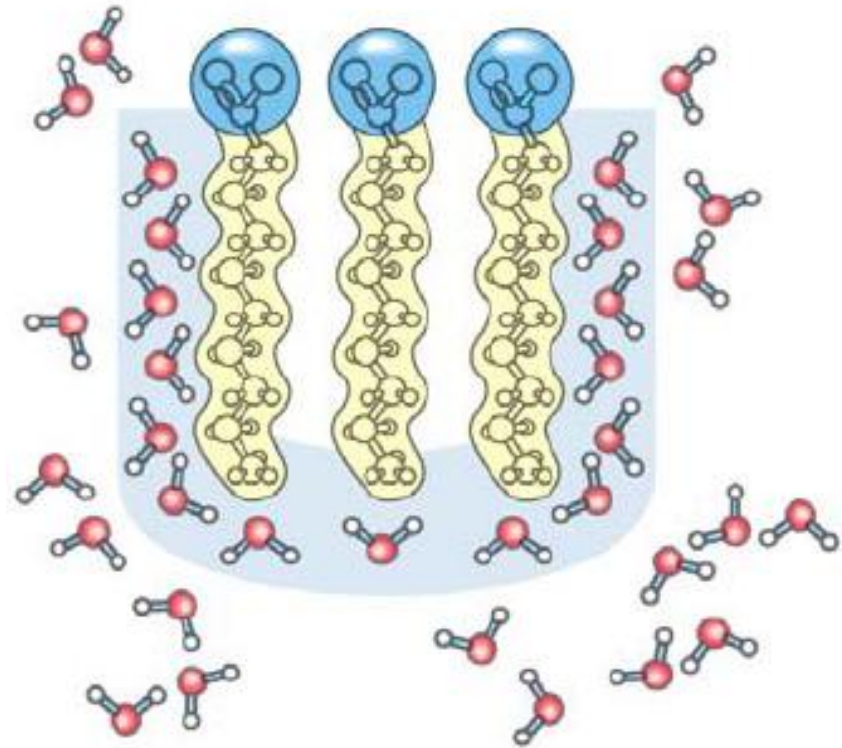


Auto-Ordenamiento

Auto- Ordenamiento

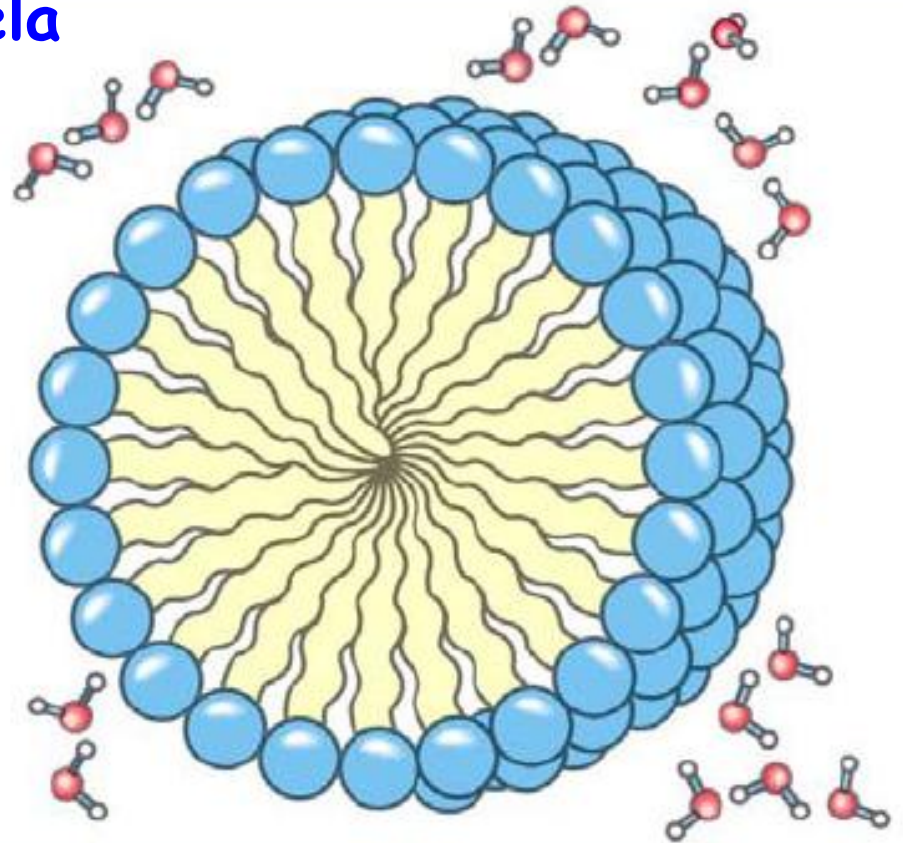
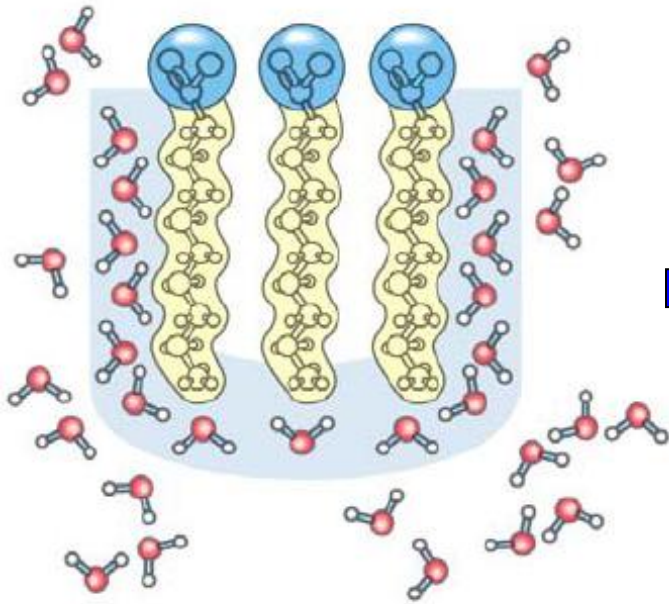


Lípidos dispersos
en H₂O



Racimos de Lípidos

Micela



Membrana celular

FIN

Ver mas....

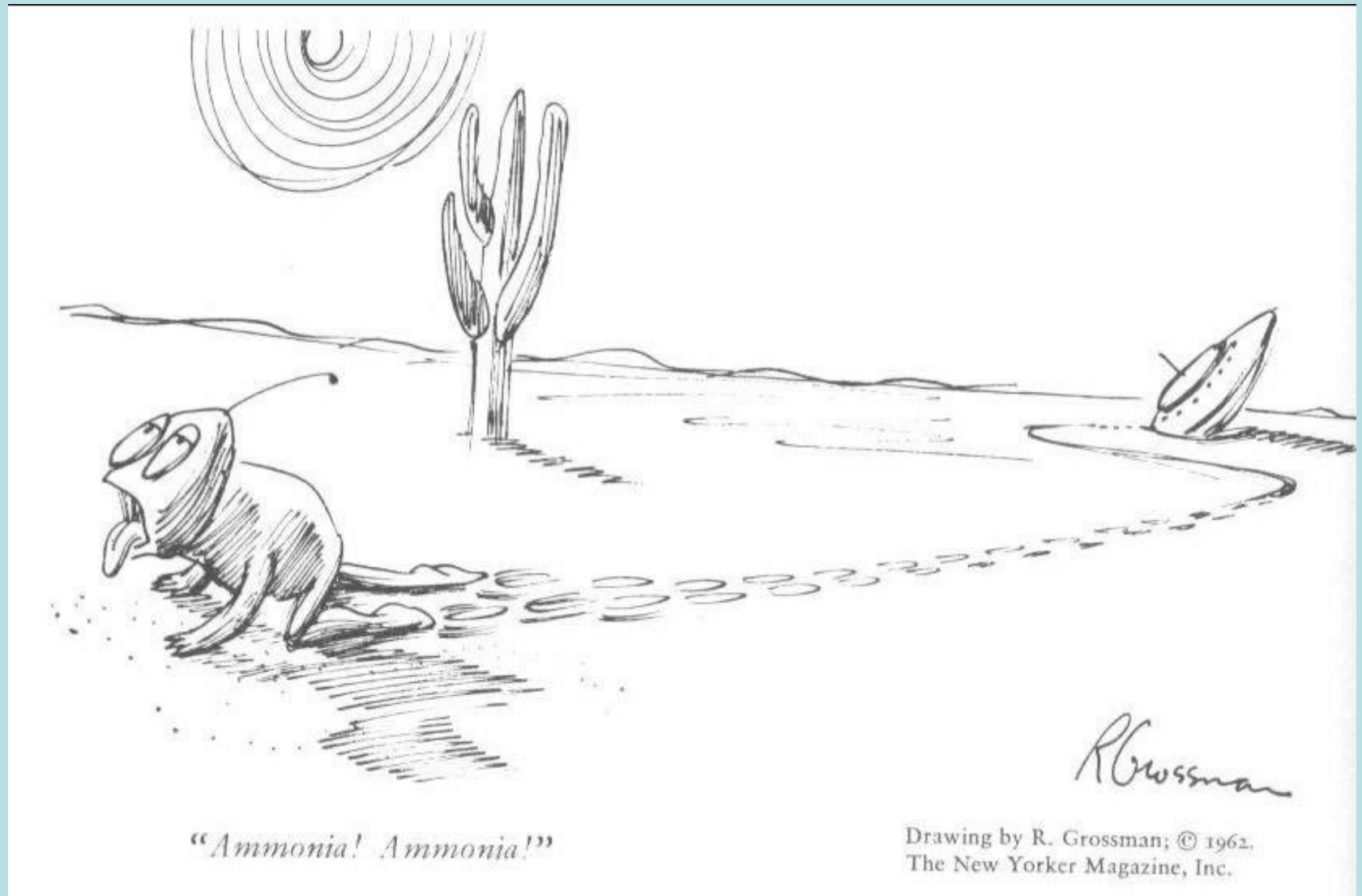
Vida basada en Amoníaco



Vida basada en Silicio



Vida basada en amoníaco



Vida basada en amoníaco

¿Una bioquímica alternativa en la que el agua fuera reemplazada por amoníaco líquido como solvente?

El agua tiene numerosos análogos amoniacales.

EJ.: análogo amoniacal de metanol, CH_3OH , es metilamina, CH_3NH_2 .

Posible armar contrapartes amoniacales de proteínas y ácidos nucleicos + el hecho que compuestos orgánicos, los péptidos, pueden existir sin alteración en el sistema amoniacal.

Las moléculas de amida, que sustituyen los aminoácidos normales, podrían tener condensación para formar polipéptidos, los que serían casi idénticos en forma a aquellos encontrados en las formas de vida terrestres.

⇒ Posibilidad de evolución biológica en mundos ricos en amoníaco tales como los gigantes gaseosos (Júpiter) y sus lunas.

Similitudes con agua.

- Existe un sistema completo de química orgánica e inorgánica en solución amoniacal en lugar de acuosa.
 - Amoníaco disuelve la mayoría de compuestos orgánicos tan bien o mejor que agua
 - Disuelve muchos metales elementales, incluyendo Sodio, Magnesio y Aluminio, directamente a solución. Otros elementos, tales como Yodo, Azufre, Selenio y Fósforo también son algo solubles en amoníaco con mínima reacción. Todos esos elementos importantes para las rutas de la síntesis prebiótica.
 - Rango de liquidez del amoníaco líquido (44 °C a 1 atm) es bajo para la biología. Pero, si se eleva la presión de la superficie planetaria, se amplía el rango de liquidez. A 60 atm, p. ej. (menor que las presiones disponibles en Júpiter o Venus) el amoníaco ebulle a 98 °C en lugar de -33 °C) $\Rightarrow$ rango de liquidez = 175 °C.
- La vida basada en amoníaco no necesita necesariamente ser de baja temperatura**

-Constante dieléctrica de $\text{NH}_3 \approx \frac{1}{4}$ de la del H_2O : es un aislador más pobre.

- $\Delta H_{\text{fusión}}$ de amoníaco es mayor, relativamente más difícil de congelar en el punto de fusión. Calor específico ligeramente mayor que el del agua y mucho menos viscoso (fluye mejor).

-La química ácido-base del amoníaco ha sido estudiada extensivamente y es tan rica en detalles como la de sistemas acuáticos.

- Como solvente vital, es difícilmente inferior al agua. Sin embargo, una bioquímica basada en amoníaco puede desarrollarse a lo largo de completamente diferentes líneas. Hay probablemente tantas posibilidades diferentes en sistemas carbono-amoníaco como los hay en sistemas carbono-agua.

El solvente vital de los organismos vivos debe ser capaz de disociarse en aniones y cationes (para que ocurran las reacciones ácido-base). En el solvente amoníaco, ácidos y bases son diferentes a las de sistemas acuosos (acidez y basicidad se definen relativo al medio en que se disuelven).

En el sistema amoniacal, el agua, que reacciona con amoníaco líquido para dar el ión NH_4^+ , sería un ácido fuerte – muy hostil para la vida. “Para los astrónomos “amoniacales”, nuestro planeta tendría océanos algo parecido a mares de ácido caliente”.

El agua y el amoníaco no son químicamente idénticos, sólo análogos. Habrá una bioquímica muy diferente. Se ha sugerido, por ejemplo, que las formas vivas basadas en NH_3 podrían usar cloruros de cesio y rubidio para regular el potencial eléctrico de las membranas celulares. Estas sales son más solubles en amoníaco líquido que las sales de potasio o sodio utilizadas por la vida terrestre.

Características negativas

El calor de vaporización de amoníaco es solamente la mitad de la del agua y su tensión superficial sólo un tercio.

En consecuencia, los enlaces hidrógenos que existen entre moléculas de amoníaco son mucho más débiles que los del agua, luego el amoníaco sería menos capaz de concentrar moléculas no-polares a través de efectos hidrofóbicos.

Sin esta habilidad, la pregunta es ¿cuán bien el amoníaco puede retener juntas moléculas prebióticas suficientemente bien para permitir la formación de un sistema que se auto-reproduce?

Vida basada en silicio

¿Posibilidad de que en alguna parte exista vida con una fundación química diferente, por ejemplo basada en silicio?

Especulaciones tempranas: el astrofísico alemán J. Scheiner (1891), el químico británico J. E. Reynolds (1893).

-Calor de estabilización de los compuestos de silicio podría permitir la vida a muy altas temperaturas (ej. **termófilos**).

-“Uno se queda pasmado ante las visiones originadas en tal sugerencia: visiones de organismos de silicio-aluminio – ¿porqué no seres de silicio-aluminio?– vagando en una atmósfera de azufre gaseoso, digamos por las riveras de un mar de hierro líquido, unos mil grados por encima de la temperatura de un horno de fundición” (J.E.Reynolds)

-La vida puede ser encontrada en el interior profundo de un planeta basada en silicatos parcialmente fundidos, donde talvez la oxidación del hierro la provee de energía necesaria. (J.B.S.Haldane)

¿Bioquímica del Silicio?

Silicio es común en el universo y también un elemento p-block del grupo IV, justo debajo del carbono en la tabla periódica (hay algo de similitud química básica).

- Como el carbono, con hidrógeno produce Silano, SiH_4 .
- Los silicatos son análogos a los carbonatos, cloroformo de silicio del cloroformo, etc.
- Ambos elementos forman cadenas largas o polímeros en los que se alternan con oxígeno. El caso más simple, las cadenas, carbono-oxígeno dan poliacetal, un plástico usado en fibras sintéticas, mientras que esqueletos alternados de silicio y oxígeno dan origen al polímero silicona.

Podrían existir algunas extrañas formas de vida a partir de sustancias "siliconoides" si no fuera por una aparente falla fatal en las credenciales biológicas del silicio. **Su poderosa afinidad por oxígeno.**

Cuando el carbono es oxidado en el proceso respiratorio de los organismos terrestres, se transforma en el gas dióxido de carbono, un residuo fácilmente eliminado por la criatura de su cuerpo. **La oxidación de silicio da origen a un sólido** (inmediatamente el dióxido de silicio se reorganiza en una red en que cada silicio está rodeado por cuatro oxígenos). Imposible de eliminar por respiración.

Las formas de vida también deben ser capaces de recolectar, almacenar y utilizar energía desde los alrededores.

En las basadas en carbono, los compuestos básicos de almacenamiento de energía son carbohidratos (enlaces simples C-C).

La oxidación de un carbohidrato libera energía (residuos son agua y dióxido de carbono) en una serie de pasos controlados por enzimas.

Una característica de la química del carbono es que muchos de sus compuestos pueden tener la forma levo o dextro y es esta quiralidad la que da a las enzimas la habilidad para reconocer y regular una enorme variedad de procesos en el cuerpo.

El silicio falla en dar origen a tantos compuestos quirales. Difícil de ver cómo podría servir de base para muchas cadenas de reacción interconectadas necesarias para soportar la vida.

La ausencia de biología basada en silicio o compuestos químicos prebióticos es también sugerida por evidencia astronómica.

En los lugares donde los astrónomos han buscado (meteoritos, cometas, en las atmósferas de planetas gigantes, en el medio interestelar y en las capas exteriores de estrellas frías) han encontrado moléculas de dióxido de silicio y silicatos pero no sustancias tales como silano o siliconas que podrían ser precursores de una bioquímica del silicio.

El silicio pudo haber tenido un rol en el origen de la vida en la Tierra.

Las formas de vida terrestres utilizan exclusivamente dextro-carbohidratos dextro y levo-aminoácidos. Una teoría que explica esto es que el primer compuesto prebiótico de carbono se formó en una laguna de "sopa primordial" sobre una superficie de sílica que tenía cierta quiralidad. Ésta quiralidad del compuesto de silicio determinó la quiralidad preferida de los compuestos carbonados que ahora encontramos en la vida terrestre.



La vida basada en silicio podría ser como cristales animados. Los elementos estructurales podrían ser hilos, como fibra de vidrio conectados por elementos tensores para crear estructuras delicadas, flexibles o muy delgadas

Dibujo: Dickinson y Schaller