Universidad Nacional de Río Negro
Int Partículas, Astrofísica & Cosmología - 2021

- **Unidad** 02–Astrofísica, estrellas y planetas
- **Clase** U02 C05 - 9/16
- **Fecha** 29 Sep 2021
- **Cont** Planetas y vida
- **Cátedra** Asorey

RIO NEGRO

Contenidos: un viaje en el tiempo y el espacio

Unidad 2
Astrofísica, escalas medias

Unidad 1
Partículas, lo más pequeño

U2: Astrofísica, escalas intermedias
5 encuentros, del 01/Sep al 29/Sep

- Estrellas.
  - Modelo politrópico. La fusión nuclear estelar.
  - Clasificación estelar. Diagrama H-R.
  - Evolución estelar. Nebulosas.
- Planetas
  - El Sistema Solar
  - Exoplanetas
  - Vida en el Universo: Astrobiología.
- Trabajo unidad → fecha máxima de entrega 12/Nov

En el principio...

- Nubes de gas gigantes
- $6x10^6$ M_S y R~15 pc
- Colapso gravitacional
- Aumenta temperatura
- T es pequeña pero R es muy grande

  ¡L es grande!
- → Gigantes Rojas

Vejez

- Se acabó el H en el núcleo, ¿y ahora?
- Conversión H → He, sólo en en una corona alrededor del centro
- No alcanza la energía → Contracción
- Aumenta T_c → Mayor producción de E
- Si $T_c = 10^8$ K, He → C ("Flash de Helio")
- R_{Sol} → 220 veces!!!
- Pero 220 (7×10^5) km ~ *1.5×10^8 km*
- Núcleo cebolla: H → He → C → O → Si → Fe

Núcleo "cebolla"

Nucleosíntesis

Tres caminos Tres

- La masa estelar en este punto (la masa final) determina el destino final
  - $M_f < 1.44\ M_S$ → **Enana blanca**
  - $1.44\ M_S < M_f < 3\ M_S$ → **Estrella de neutrones**
  - $M_f > 3\ M_S$ → **Agujero negro**

Nebulosa planetaria

- Las capas exteriores son expulsadas por el intenso viento estelar
- La estrella continúa consumiendo el combustible en el interior
- ~10^8 años

Enana blanca

NGC2440 + HD62166
(en Pupis)

- No hay más producción de energía
- La gravedad domina
- El colapso comienza pero se detiene → Pauli!
- $R \sim R_{Tierra}$ ← Calcular ρ y v_e
- La estrella se enfría por radiación al espa

→ Enana negra

:-(

Sirio B

Supernovas

- Dos tipos de SN: I y II
- Estás son las tipo II
- En el núcleo:

$$p^+ + e^- \rightarrow n + \nu_e$$

- Estrella de neutrones
- $M \sim 2\ M_{Sol}$, $R \sim 20$ km
- ¡Calcular ρ y v_e!
- Pulsars (LGM)
- M grandes→ Agujeros Negros

Supernova 1987A

Supernova 1987A (u03-c04-sn1987ashock.gif)

Remanente de Supernovas

NGC2264 – Nebulosa Cono (Monoceros)

Agujeros negros

- Región del espacio tiempo donde nada, ni siquiera la luz, puede escapar
- Se lo observa por su interacción con materia
- Binaria de contacto Cygnus X1
- Horizonte de eventos
  - Radio de Schwarzschild

$$R_s = \frac{2GM}{c^2}$$

Gargantúa (Interstellar)

Nebulosas

Nebulosas (latín: *nebulae*, nubes)

- Nebulosas: nubes interestelares formadas por
  - Gases → H, H2, He, y otros gases neutros o ionizados
  - Polvo cósmico → partículas (aglomerados) d<100 μm (C, Fe, ...)
- Distintos tipos
  - Objeto Herbig-Haro
  - Nebulosas difusas
  - Remanente de Supernova

Objetos Herbig-Haro (HH)
Haces en estrellas nuevas

Nebulosa difusa

Nebulosa difusa

- Nebulosas extensas y sin bordes definidos
  - Nebulosas de emisión → emisión de gases ionizados, principalmente H-II (regiones H-II)
    - Lugares de formación estelar → Orion, Carina, ...
    - Nebulosas de estrellas masivas → Planetarias (Anillo)
  - Nebulosas de reflexión → baja emisión pero reflejan luz de estrellas cercanas (Cabeza de Bruja, ...)
  - Nebulosas oscuras → nubes opacas y densas que bloquean la luz de objetos detrás de ellas (Glóbulos de Bok, Saco de Carbón)

Nebulosa de Orión

Nebulosa de Orión

Regiones de formación estelar

Proplyd
Disco protoplanetario ionizado

Nebulosa del esquimal

Nebulosa cabeza de bruja (reflexión)

Saco del Carbón, en la Cruz del Sur

Remanentes de supernova (Crab)

Remanente de Supernovas

NGC2264 – Nebulosa Cono (Monoceros)

Catalogos

- **Catálogo Messier**
  - Compilado por Charles Messier entre 1774 y 1781
  - "Catálogo de las Nebulosas y Cúmulos de Estrellas, que se observan entre las estrellas fijas sobre el Horizonte en París"
- 103 objetos → 110 objetos
- Objetivo: eliminar los objetos difusos del cielo para la búsqueda de cometas
- Recibien la denominación Mnnn
- Nebulosas, Cúmulos Abiertos, Cúmulos Globulares y Galaxias

Nebulosas (Nebulosa Trífida M20)

Galaxias

Cumulo Globular M80

- Agrupación de 100000 a 1000000 de “estrellas viejas”
- Es aproximadamente esférico
- Típicamente color dorado

Cúmulo Abierto M11

- Grupos de estrellas formadas a partir de la misma nube molecular
- Estrellas Jóvenes, Masivas y muy calientes
- Tamaño: 30 años luz

New General Catalog (NGC)

- Nuevo Catálogo General (de Nebulosas y Cúmulos de estrellas)
  - Compilado en 1880 por Johan Dreyer
  - Observaciones de Herschel
- Contiene 7840 objetos difusos

http://spider.seds.org/ngc/ngc.html

NGC 2244

Sistemas planetarios

Encelado visto por la sonda Casini

El Sistema Solar

Para verlo en escala,
http://joshworth.com/dev/pixelspace/pixelspace_solarsystem.html

Saturno, un planeta exterior
¿Como explicar ese movimiento?

Primera ley: Movimiento cerrado

Primera Ley (1609): Los planetas se desplazan alrededor del Sol describiendo órbitas elípticas. El Sol se sitúa en uno de los focos.

Primera ley: Movimiento cerrado

Primera Ley (1609): Los planetas se desplazan alrededor del Sol describiendo órbitas elípticas. El Sol se sitúa en uno de los focos.

Primera ley: Movimiento cerrado

Primera Ley (1609): Los planetas se desplazan alrededor del Sol describiendo órbitas elípticas. El Sol se sitúa en uno de los focos. Son así, pero sólo en forma, no a escala

Parámetros orbitales

- **Centro**: O
- **Radio mayor**: a
- **Radio menor**: b
- **Radio vector**: r
- **Perihelio**: Punto de la órbita más cercano al Sol (PH)
- **Afelio**: Punto de la órbita más lejano al Sol (AF)
- **Distancia media**: (PH+AF)/2=a
- **Excentricidad**: ε Elipse: $0<\varepsilon<1$
  parámetro que determina el grado de desviación de una sección cónica respecto a la circunferencia ($\varepsilon=0$)

$$\epsilon=\sqrt{1-\frac{b^2}{a^2}}$$

- **Velocidad orbital**: Depende de la posición $v_o(r)$

¿cómo se mueve un planeta?

- El movimiento no es circular, pero L es constante
- Si L es constante → L = mrv → r v = "cte"
  - Aumenta r, disminuye v; disminuye r, aumenta v

Segunda ley: Conservación Cant. Mov. Angular

Segunda Ley (1609): El radio vector que une el planeta y el Sol barre áreas iguales en tiempos iguales

$$\boxed{\frac{A}{t}=\text{cte}} \Rightarrow \frac{A_1}{t}=\frac{A_2}{t}$$

$$\frac{b_1 \times r_1}{2t}=\frac{b_2 \times r_2}{2t}$$

$$\frac{v_1 t \times r_1}{t}=\frac{v_2 t \times r_2}{t}$$

$$\boxed{v_1 r_1 = v_2 r_2}$$

$$m v_1 r_1 = m v_2 r_2$$

$$\Rightarrow L_1 = L_2 \Rightarrow \boxed{L=\text{cte}}$$

y además $v_1 = v_2 \dfrac{r_2}{r_1}$

$$\boxed{\text{Si } r_1 < r_2 \Rightarrow v_1 > v_2}$$

¿Cómo calcular la velocidad? → Vis-viva

Hemos visto que en cualquier punto de la órbita: $v_1 = v_2 \frac{r_2}{r_1}$. En particular para Afelio (A), y perihelio (p) ⇒

(1) $\boxed{v_p = v_A \left(\frac{r_A}{r_p}\right)}$ y $r_p < r_A \Rightarrow v_A < v_p$ ✓ y $\boxed{a = \frac{r_p + r_A}{2}}$ (2)

Ahora bien, la Energía orbital es: $E_0 = E_K + E_G = \frac{1}{2} m v_r^2 - \frac{GMm}{r}$ en cualquier punto a dist. r.

⇒ Por conservación de la Energía ⇒ $E_0 = cte$ ⇒ En el Afelio y en el perihelio:

$$\frac{1}{2}\cancel{m} v_A^2 - \frac{GM\cancel{m}}{r_A} = \frac{1}{2}\cancel{m} v_p^2 - \frac{GM\cancel{m}}{r_p} \Rightarrow \frac{v_A^2}{2} - \frac{GM}{r_A} = \frac{v_p^2}{2} - \frac{GM}{r_p} \Rightarrow \frac{v_A^2}{2} - \frac{v_p^2}{2} = \frac{GM}{r_A} - \frac{GM}{r_p}$$

Por (1): $\frac{v_A^2}{2} - \frac{v_p^2}{2}\left(\frac{r_A}{r_p}\right)^2 = GM\left(1/r_A - 1/r_p\right) \Rightarrow \frac{v_A^2}{2}\left(1 - \frac{r_A^2}{r_p^2}\right) = \frac{v_A^2}{2}\left(\frac{r_p^2 - r_A^2}{r_p^2}\right) = GM\left(1/r_A - 1/r_p\right) \Rightarrow$

$$\frac{v_A^2}{2} = GM\left(\frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_p}\right)\frac{r_p^2}{r_p^2 - r_A^2} = GM\left(\frac{\cancel{(r_p - r_A)}}{\cancel{r_p} \cdot r_A}\right)\left(\frac{r_p^{\cancel{2}}}{\cancel{(r_p - r_A)}(r_p + r_A)}\right) = GM\frac{r_p}{r_A(r_p + r_A)}$$ y usando (2)

$$\Rightarrow \frac{v_A^2}{\cancel{2}} = GM \cdot \frac{2a - r_A}{r_A \cdot \cancel{2}a} \Rightarrow v_A^2 = GM\left(\frac{2}{r_A} - \frac{1}{a}\right) \Rightarrow \boxed{v_A = \sqrt{GM\left(\frac{2}{r_A} - \frac{1}{a}\right)}}$$ (3) Ecuación Vis-Viva

Velocidad Afelio — Masa Estrella — Afelio — Semieje Mayor

⇒ Para la Energía orbital:

$$E_0 = \frac{v^2}{2} - \frac{GM}{r} \Rightarrow E_0 = \frac{v_A^2}{2} - \frac{GM}{r_A} = \frac{1}{2}\left(GM \cdot \left(\frac{2}{r_A} - \frac{1}{a}\right)\right) - \frac{GM}{r_A}$$ $(m \ll M)$

$$\Rightarrow E_0 = \frac{\cancel{GM} \cdot \cancel{2}}{\cancel{2}\, \cancel{r_A}} - \frac{GM}{2a} - \frac{\cancel{GM}}{\cancel{r_A}} \Rightarrow \boxed{E_0 = -\frac{GM}{2a}}$$ (4) Energía orbital!!

Entonces, en una órbita

- Para un objeto de masa *m* que orbita un objeto de masa *M* con una órbita con semieje mayor a, la energía orbital:

$$E_o = E_K + E_G = \frac{1}{2} m v_r^2 - \frac{GMm}{r} \rightarrow \boxed{E_o = \frac{-GMm}{2a}}$$

- Y en cualquier punto de la órbita se cumple

$$\boxed{v_r = \sqrt{GM\left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a}\right)}} \qquad y\ si\ a = r \rightarrow v_o = \sqrt{\frac{GM}{r}} = cte$$

Tercera Ley

Tercera Ley (1618): El cuadrado del período orbital (tiempo que tarda en dar una vuelta alrededor del Sol, T) es directamente proporcional al cubo de la distancia media al Sol (a, igual al semieje mayor de la elipse).

$$T^2 = k_{\mathrm{Sol}}\, a^3$$

Calcule k_{Sol} y $1/k_{Sol}$ en unidades del SI (m y s) y en años y unidades astronómicas

$$\frac{T^2}{a^3} = \left(\frac{4\pi^2}{G\, m_{\mathrm{Sol}}}\right) \equiv k_{\mathrm{Sol}}$$

Recuerde que esta constante sólo depende de la masa del Sol y, por lo tanto, es la misma para TODOS los objetos que orbitan al Sol.

Duración de la órbita

- Órbita circular $\boxed{v_o = \frac{2\pi r_o}{t_o}}$

$$\Rightarrow v_o = \sqrt{\frac{G m_1}{r_o}} = \frac{2\pi r_o}{t_o}$$

$$\frac{G m_1}{r_o} = \left(\frac{2\pi r_o}{t_o}\right)^2$$

$$\boxed{\frac{t_o^2}{r_o^3} = \left(\frac{4\pi^2}{G m_1}\right)}$$

¡Atención!
t^2 prop. r^3

$$t_o^2 = \left(\frac{4\pi^2}{G m_1}\right) r_o^3 \Rightarrow \boxed{t_o = \sqrt{\frac{4\pi^2}{G m_1} r_o^3}}$$

Duración órbita

Más cerca → más rápido, III, el regreso

Para el Sistema Solar

- Si medimos a en Unidades astronómicas y T en años terrestres, *k=1*

$$\left(\frac{T}{\text{año}}\right)^2 = \left(\frac{a}{\text{U.A.}}\right)^3$$

- (nota: pensar en la Tierra, T=1, a=1 entonces k=1)

¿Será verdad? → Datos!

¿Será verdad? → Datos!

Tercera Ley

- Y vale para cualquier sistema orbital. Por ejemplo
  - calcule la masa de la Tierra sabiendo que el periodo orbital lunar es de 27,4 días y la distancia media es a=384800 km
  - calcule el radio de la órbita de Io sabiendo que su periodo orbital es de 43h y la masa de Júpiter es 1.899×10^{27} kg.

$$\frac{T^2}{a^3} = \left(\frac{4\pi^2}{G\, m_{\text{central}}} \right) = \text{cte}$$

Y también fuera del Sist. Solar: HD_171028_b

http://arx
M=0.99
m=1.962
a=1.310
E=0.59

$M=0.99M_S$

$m=1.962m_J$

$A=1.31019$ UA, $\varepsilon=0.59$

Órbita

Órbita
1.5
1.0
0.5
0.0
−0.5
−1.0
−1.5
Y (UA)
−2.5
−2.0
−1.5
−1.0
−0.5
0.0
0.5
1.0
X (UA)
1.6
1.4
1.2
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
t (años)

Órbita+posición

Órbita+posición+velocidad

Órbita+posición+velocidad+aceleración

planeta+aceleración

aceleración=Fuerza / masa

masa de prueba

Muevo la masa de prueba en el plano z=0

Muevo la masa de prueba en el plano z=0 → "Campo gravitatorio"

$$\vec{F}(r) = \frac{G\,M\,m}{|\vec{r}|^2}\,\hat{r}$$

$$\vec{F}(r) = m\left[\left(\frac{G\,M}{|\vec{r}|^2}\right)\hat{r}\right]$$

$$\vec{F}(r) = m\,\vec{g}(r)$$

$$\boxed{\vec{g}(r) = \left(\frac{G\,M}{|\vec{r}|^2}\right)\hat{r}}$$

g(r) es un *campo vectorial*. A cada punto **r** del espacio le asigna el vector **g(r)**

g(r) representa al campo gravitatorio de la estrella HD171028D

$M_{HD171028D} = 0.99\ M_S$

“Solar System Scope”

https://www.solarsystemscope.com/

Formación del Sistema Solar

Mientras tanto en Tauro

XZ Tau + HL Tau + V1213 Tau

https://www.nasa.gov/content/goddard/hubble-catches-jets-bubbles-bursts-of-light-in-taurus/

HL Tauri (t_s~10^5 años) observado por ALMA

Disco protoplanetario en HD142527 (polvo = rojo, gas = verde)

https://www.almaobservatory.org/es/comunicados-de-prensa/alma-descubre-zona-de-formacion-de-sistema-planetario-gigante/

Planetas fuera del Sist. Solar: HD_171028_b

http://arxiv.org/abs/0708.0954
M=0.99 M_Sol
m=1.962 m_Jup
a=1.31019 UA
E=0.59

Temperatura orbital

- ¿Que fracción de la energía captura un planeta de radio r?

Zona de Habitabilidad

temperatura orbital: El flujo de Energía del Sol: $F = \frac{L}{4\pi d^2}$

Una esfera produce una sombra circular!

$\Rightarrow$ La potencia absorbida es $P_a = F.A \Rightarrow P_a = \frac{L}{4\pi d^2} \cdot \pi r^2 \Rightarrow P_A = \frac{L r^2}{4 d^2}$

El planeta recibe energía y se calienta a temperatura $T_p \Rightarrow P_E = 4\pi r^2 \sigma T_p^4$

Por conservación de la Energía:

$P_A = P_E \Rightarrow$

$\frac{L r^2}{4 d^2} = 4\pi r^2 \sigma T_p^4$

No depende de r!!!

Despejando $T_p \Rightarrow T_p^4 = \frac{L}{16\pi\sigma d^2} \Rightarrow \boxed{T_p = \sqrt{\frac{L}{16\pi\sigma d^2}}}$ temperatura orbital

también $d^2 = \frac{L}{16\pi\sigma T_p^4} \Rightarrow \boxed{d = \sqrt{\frac{L}{16\pi\sigma T_p^4}}}$ zona de Habitabilidad

$T_p = 0°C = 273\,K \rightarrow d_0$

$T_p = 100°C = 373\,K \rightarrow d_{100}$

¡d_0 y d_{100} sólo dependen de la Estrella! (L)

Temperatura orbital

$$T_P = \sqrt[4]{\frac{L_S}{16\pi\sigma d^2}}$$

$$d = \sqrt{\frac{L_S}{16\pi\sigma T_P^4}} \rightarrow d_{T_P} \propto \sqrt{L_S}$$

$$d_{273K} = 1{,}0394\sqrt{\frac{L_S}{L_\odot}}$$

$$\left(\frac{d_{T_P}}{1UA}\right) = \left(\sqrt{\frac{L_\odot}{16\pi\sigma T_P^4 (1UA)^2}}\right)\sqrt{\frac{L_S}{L_\odot}}$$

$$d_{373K} = 0{,}5568\sqrt{\frac{L_S}{L_\odot}}$$

¡CUIDADO! Esto depende de la presión atmosférica y de la composición de la atmósfera (gases de efecto invernadero)

Zona habitable: Agua líquida

55 Cancri f

zona habitable... galáctica

Sistema Lich (PSR B1257+12) → pulsar en Virgo

Daugr, Poltergeist y Phobetor

Planeta(s) de **Lich**[1]

Planeta	Masas (M_E)	Semieje mayor (UA)	Periodo orbital (días)	Excentricidad
Draugr	<0,02	0,19	25,262	0
Poltergeist	>4,3	0,36	66,5419	0,186
Phobetor	>3,9	0,46	98,2114	0,0252
¿e?	0,0004	2,6	1250	?

VLT → 2M1207 (enana marrón) → 2M1207b
Primera imagen de EP confirmado

Pictor

7h
6h
5h
8h
7h
6h
5h
4h
3h
–40°
–50°
–60°
CAELUM
COLUMBA
PUPPIS
PICTOR
CARINA
DORADO
RETICULUM
VOLANS
β
ζ
η1
η2
λ
θ
ι
δ
γ
ν
μ
α
-1
0
1
2
3
4
5
6

β-Pictoris

GJ758 (Infrarrojo)

Sistema Trappist 1

Sistema binario

Moon of Kepler-16b

55 Cancri e : El piso es lava

Exoplanetas

http://exoplanets.org/

Por ejemplo, masas

Masa vs separación

https://exoplanets.nasa.gov/

https://exoplanets.nasa.gov/eyes-on-exoplanets

Enciclopedia Exoplanetas: http://exoplanet.eu/

https://exoplanets.nasa.gov/keplerscience/

Planet Patrol → ciencia ciudadana

https://www.zooniverse.org/projects/marckuchner/planet-patrol

Pero si hay otros planetas, ¿hay vida?

Astrobiología

- Astrobiología.

astrobiología

De *astro-* y *biología*.

1. f. Rama interdisciplinar de la ciencia cuyo objetivo es el origen, evolución y distribución de vida en el universo fuera de la Tierra.

¿Vida? 18 acepciones

- Gracias rae: tantas palabras y tan poco contenido… ;-)

vida

Del lat. *vita.*

1. f. Fuerza o actividad esencial mediante la que obra el ser que la posee.

2. f. Energía de los seres orgánicos.

3. f. Hecho de estar vivo. *Le debe la vida a un medicamento.*

4. f. Existencia de seres vivos en un lugar. *No es posible la vida en Marte.*

5. f. Ser vivo. *Hizo nacer la vida en este jardín.*

6. f. Manera de vivir. *Su hija les cambió la vida.*

7. f. Estado o condición a que está sujeta la manera de vivir de una persona. *Vida monacal, de soldado.*

8. f. Actividad que desarrolla una persona o una comunidad. *Vida política, social, sexual.*

9. f. Tiempo que transcurre desde el nacimiento de un ser hasta su muerte o hasta el presente. *Una larga vida.*

10. f. Duración de una cosa. *Un electrodoméstico de vida corta.*

11. f. Narración de los hechos principales de la **vida** de una persona. *Lee vidas de santos.*

12. f. Animación, vitalidad de una persona o de una cosa. *Esta ciudad tiene poca vida nocturna. Es un cuadro con mucha vida.*

13. f. Viveza o ardor, especialmente de los ojos.

14. f. Cosa que origina suma complacencia. *Esta brisa es la vida.*

15. f. Cosa que contribuye o sirve al ser o conservación de otra. *El agua es vida.*

16. f. Conjunto de los bienes necesarios para vivir. *La vida en esta ciudad es muy cara.*

17. f. Existencia después de la muerte.

18. f. *Rel.* Visión y gozo de Dios en el cielo. *Mejor vida. Vida eterna.*

¿qué es la vida?

Vida, por Wikipedia
https://es.wikipedia.org/wiki/Vida

- *"puede definirse como la capacidad de administrar los recursos internos de un ser físico de forma adaptada a los cambios producidos en su medio, sin que exista una correspondencia directa de causa y efecto entre el ser que administra los recursos y el cambio introducido en el medio por ese ser, sino una asíntota de aproximación al ideal establecido por dicho ser, ideal que nunca llega a su consecución completa por la dinámica del medio"*

Homeóstasis → Condición de equilibrio

- **Homeóstasis**: **estado de equilibrio físico y químico estable alcanzado y mantenido por los sistemas vivos**
  - **Autoregulación → Mecanismos regulatorios**
    - **receptores, centros de control, efectores**
    - **retroalimentación**
  - En equilibrio → resistencia natural al cambio
  - Fuera de equilibrio → adaptación → nuevos equilibrios

Tres funciones básicas de un ente vivo

- **Relación:** con otos entes: simbiosis, parasistismo, cooperación, ...
- **Nutrición:** intercambio con el medio
- **Reproducción:** creación de nuevos entes similares al original

Para la biología, si está vivo tiene que...

- (auto)organización
- crecimiento
- reproducción
- evolución
- homeóstasis
- Movimiento

- Si falta algo de esto → no está vivo (virus, viroides, células cancerosas)

Qué es la Vida? E. Schrödinger

- La vida no viola las leyes de la termondinámica, aumentan su complejidad a costa de aumentar la entropía general en los procesos que hacen parte de esta
  - → "*Los sistemas vivos son una organización especial y localizada de la materia, donde se produce un continuo incremento de orden sin intervención externa*". (wikipedia → Vida → Termodinámica)
- La química de la herencia debe basarse en secuencias aperiódicas con la necesidad de una secuencia informativa que debe ser transmitida
  - → "*todo organismo vivo contiene información hereditaria reproducible codificada en los ácidos nucleicos los cuales controlan el metabolismo celular a través de unas moléculas (proteínas) llamadas enzimas que catalizan o inhiben las diferentes reacciones biológicas.*" (wikipedia→Vida→Bioquímica)

Una molécula que transporte información

- 4 pares de bases:
  - Adenina – Timina (A-T)
  - Citosina – Guanina (C-G)
  - Anibal Troilo y Carlos Gardel
- Código genético
  - 3 pares de bases → codón
  - 1 codón → 1 aminoácido
  - El código no es único
  - Codones de inicio y terminación

THE CHEMICAL STRUCTURE OF DNA

THE SUGAR PHOSPHATE 'BACKBONE'

DNA is a polymer made up of units called nucleotides. The nucleotides are made of three different components: a sugar group, a phosphate group, and a base. There are four different bases: adenine, thymine, guanine and cytosine.

A ADENINE

T THYMINE

G GUANINE

C CYTOSINE

WHAT HOLDS DNA STRANDS TOGETHER?

DNA strands are held together by hydrogen bonds between bases on adjacent strands. Adenine (A) always pairs with thymine (T), while guanine (G) always pairs with cytosine (C). Adenine pairs with uracil (U) in RNA.

FROM DNA TO PROTEINS

The bases on a single strand of DNA act as a code. The letters form three letter codons, which code for amino acids - the building blocks of proteins.

DNA → (TRANSCRIPTION) → RNA → (TRANSLATION) → PROTEIN

An enzyme, RNA polymerase, transcribes DNA into mRNA (messenger ribonucleic acid). It splits apart the two strands that form the double helix, then reads a strand and copies the sequence of nucleotides. The only difference between the RNA and the original DNA is that in the place of thymine (T), another base with a similar structure is used: uracil (U).

DNA SEQUENCE	T	T	C	C	T	G	A	A	C	C	C	G	T	T	A
mRNA SEQUENCE	U	U	C	C	U	G	A	A	C	C	C	G	U	U	A
AMINO ACID	Phenylalanine			Leucine			Asparagine			Proline			Leucine		

In multicellular organisms, the mRNA carries genetic code out of the cell nucleus, to the cytoplasm. Here, protein synthesis takes place. 'Translation' is the process of turning the mRNA's 'code' into proteins. Molecules called ribosomes carry out this process, building up proteins from the amino acids coded for.

© Andy Brunning/Compound Interest 2018 - www.compoundchem.com | Twitter: @compoundchem | FB: www.facebook.com/compoundchem
This graphic is shared under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives licence.

Replicación del ADN

www.dnalc.org

No está retorcida, está enrrollada....

B

Código Genético

Ácido ribonucleico

SETI (Search for ExtraTerrestrial Intelligence)

seti@home

SETI@home Multi-Beam
Searching for Gaussians
Doppler drift rate -1.0389 Hz/sec Resolution 0.596 Hz
New Gaussian: power 0.97, fit 0.661, score -13.025
Overall 1.716% done
CPU time: 44 min 49.69 sec
Data info
From: 8 hr 56' 36" RA, +32 deg 6' 15" Dec
Recorded on: Mon Feb 26 03:01:50 2007
Recorded at: Arecibo 1.4GHz Array, Beam 4, Pol 1
Base frequency: 1.419804688 GHz
User info
Name:
Team:
Total credit: 0.00
Power
Time (sec)
Frequency (Hz)
SETI@home
The Search for Extraterrestrial Intelligence

Mensaje de Arecibo

- 1679 bits enviados a M13 (8 kpc) (16/Nov/1974)
  - Diseñado por Carl Sagan y Frank Drake
  - Números 0 al 9 en binario
  - Componentes del ADN (HCNOP)
  - Nucleótidos y doble hélice
  - Humanidad, altura y población humana 1974
  - Sistema Solar (Sol y Planetas → Tamaño)
  - Telescopio, medidas y longitud de onda

Ecuación de Drake (Frank Drake, 1961)

https://www.spacecentre.nz/resources/tools/drake-equation-calculator.html

- ¿Cuántas **civilaciones inteligentes hay en este momento en nuestra galaxia (*N*)**?
- Estimación "a la Fermi"

$$N = R_* \cdot f_p \cdot n_e \cdot f_l \cdot f_i \cdot f_c \cdot L$$

  - N = Número de civilizaciones que pueden ser contactadas
  - R_* = Tasa promedio de formación estelar (en 1 / año)
  - f_p = fracción de estrellas con planetas
  - n_e = número promedio de planetas que pueden soportar vida
  - f_l = fracción de planetas que desarrollaron vida
  - f_i = fracción de los planetas que desarrollaron vida donde es inteligente
  - f_c = fracción de civilizaciones con tecnología de comunicación
  - L = tiempo que las civilizaciones emiten señales al espacio (años)

$$N = R_* \cdot f_p \cdot n_e \cdot f_l \cdot f_i \cdot f_c \cdot L$$

La estimación de Drake

- R_* = 1 estrella nueva / año (en realidad es mayor)
- f_p = 0,2 – 0,5 (entre 1/5 y 1/2 de las estrellas forman planetas)
- n_e = 1 – 5 planetas con capacidad de desarrollar y soportar vida
- f_l = 1 (todos los planetas que pueden, desarrollan vida)
- f_i = 1 (si hay vida, será inteligente)
- f_c = 0,1 – 0,2 (10%-20% será capaz de comunicarse)
- L = 10^3 –10^8 años: tiempo que emitirán señales detectables

- Drake estimó

$$\left(20 < N < 5 \times 10^7\right) \text{civilizaciones}$$

$$N = R_* \cdot f_p \cdot n_e \cdot f_l \cdot f_i \cdot f_c \cdot L$$

Estimación moderna

- R_* = 1,5 - 3 estrellas nueva / año
- f_p ~ 1 (todas las estrellas forman planetas)
- n_e = 3 – 5 planetas capaces de desarrollar y soportar vida
- f_l ~ 1 (todos los planetas que pueden, desarrollan vida)
- f_i ~ 1 (si hay vida, es inevitable que se desarrollo inteligencia)
- F_c = 0,2 (20% será capaz de y querrá comunicarse)
- L = 300 años: tiempo que emitirán señales detectables

- Luego: N ~ 300-900 civilizaciones en la galaxia

$$N = R_* \cdot f_p \cdot n_e \cdot f_l \cdot f_i \cdot f_c \cdot L$$

Rare Earth Hypothesis

- R_* = 1,5 - 3 estrellas nueva / año
- $f_p \cdot n_e \cdot F_l = 10^{-5}$ (fracción de planetas capaces de desarrollar vida *como la nuestra*)
- $f_i = 10^{-9}$ (es muy dificil tener vida inteligente)
- f_c = 0,2 (como Drake)
- L = 300 años

- Luego: $N = 9.1 \times 10^{-13}$ civilizaciones en la galaxia :'(
- Estamos sólos en la galaxia y probablemente en el Universo Observable

La ecuación de Drake

https://steemit.com/cervantes/@simonmaz/planetas-extrasolares-x--1526399175-5431302

Para jóvenes

- El autor recomienda esta infografía para jóvenes de 10-14 años
- Incluye información sobre la vía láctea y órdenes de magnitud
- Ver en https://www.behance.net/gallery/4137925/The-Drake-Equation

Esferas de Dyson

IRAS (InfraRed Astronomical Satellite)

http://home.fnal.gov/~carrigan/infrared_astronomy/Fermilab_search.htm