

# La Luna

- Datos:

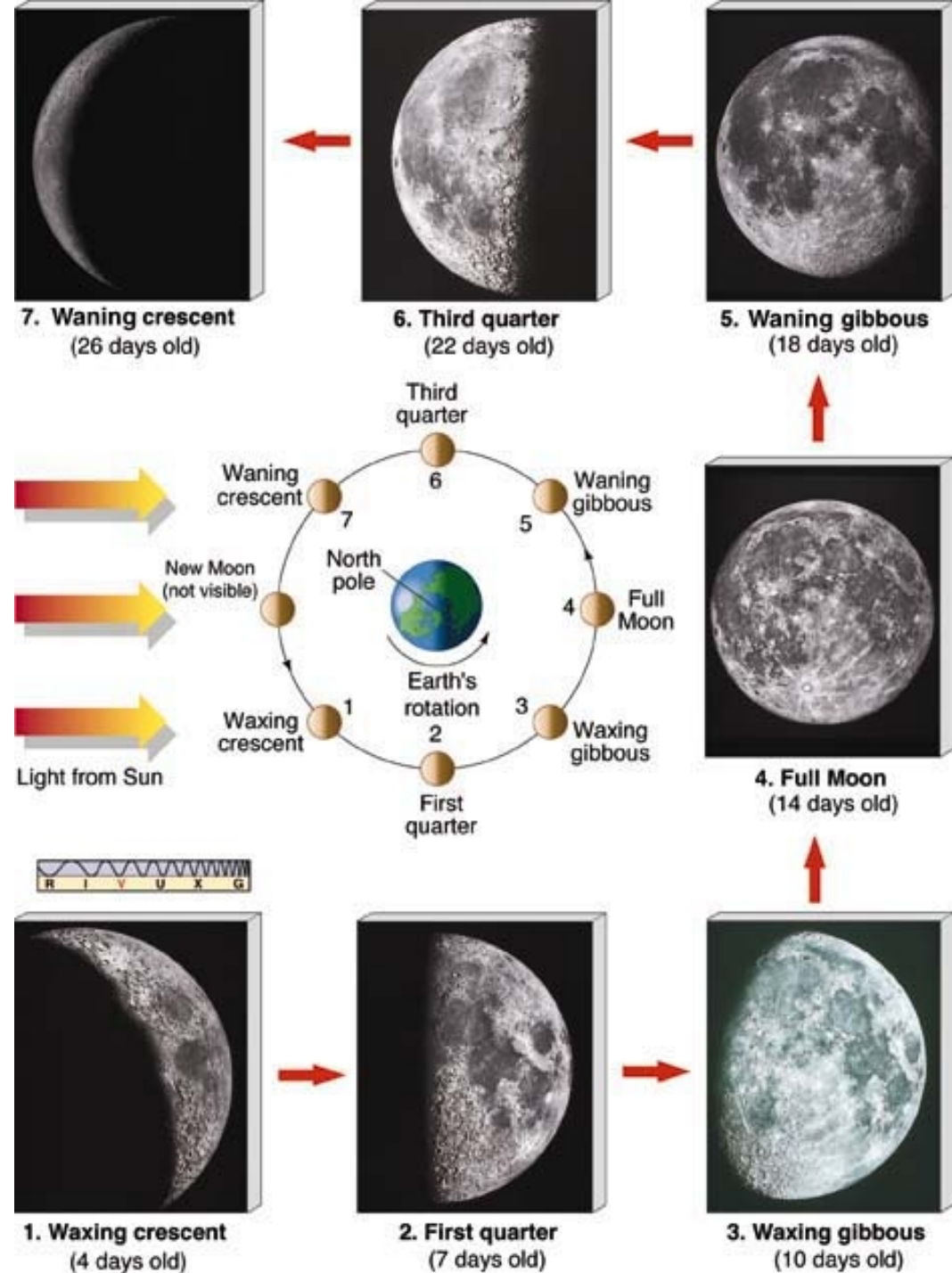
Distancia orbital	0.003 UA
Periodo orbital	27.32 días
Masa	0.01 M <sub>⊕</sub>
Radio	0.27 R <sub>⊕</sub>
Densidad (/agua)	3.34
Velocidad escape	2.4 km/s
Periodo rotación	27.32 días
Inclinación axial	6° 43'



# Fases de la Luna

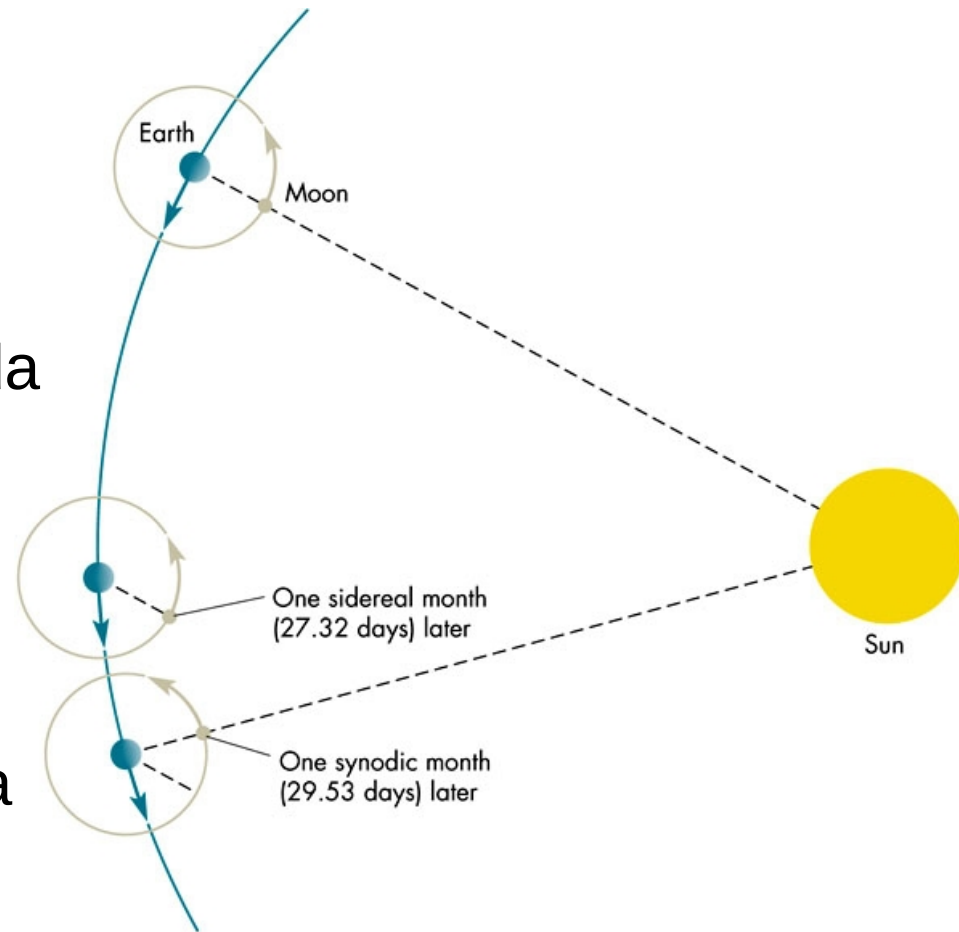
- La Luna no emite luz propia, sólo luz reflejada del Sol
- La Luna hacia el E más rápido que el Sol
- Dependiendo de la geometría Tierra-Luna-Sol

## Fases de la Luna



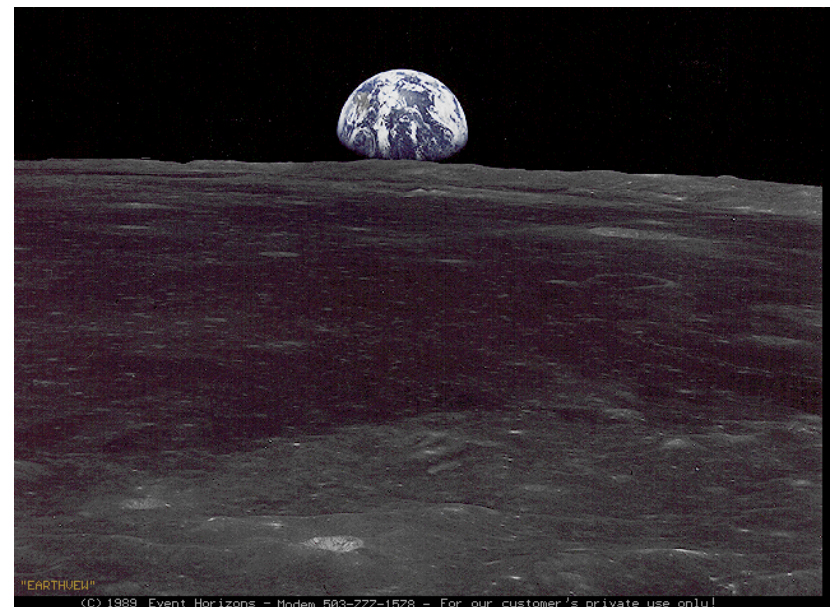
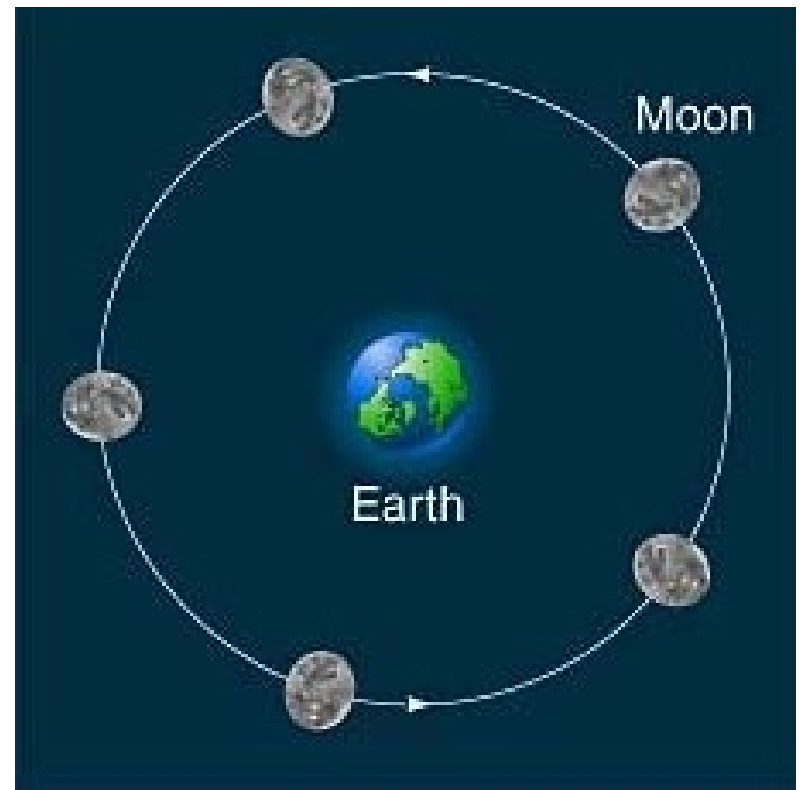
# Mes sinódico y mes sidéreo

- **Mes sinódico:** tiempo que tarda la Luna en recorrer su ciclo de fases: 29.53 días
- **Mes sidéreo:** tiempo que tarda la Luna en completar una órbita alrededor de la Tierra: 27.32 días
- **Diferencia:** movimiento Tierra alrededor Sol

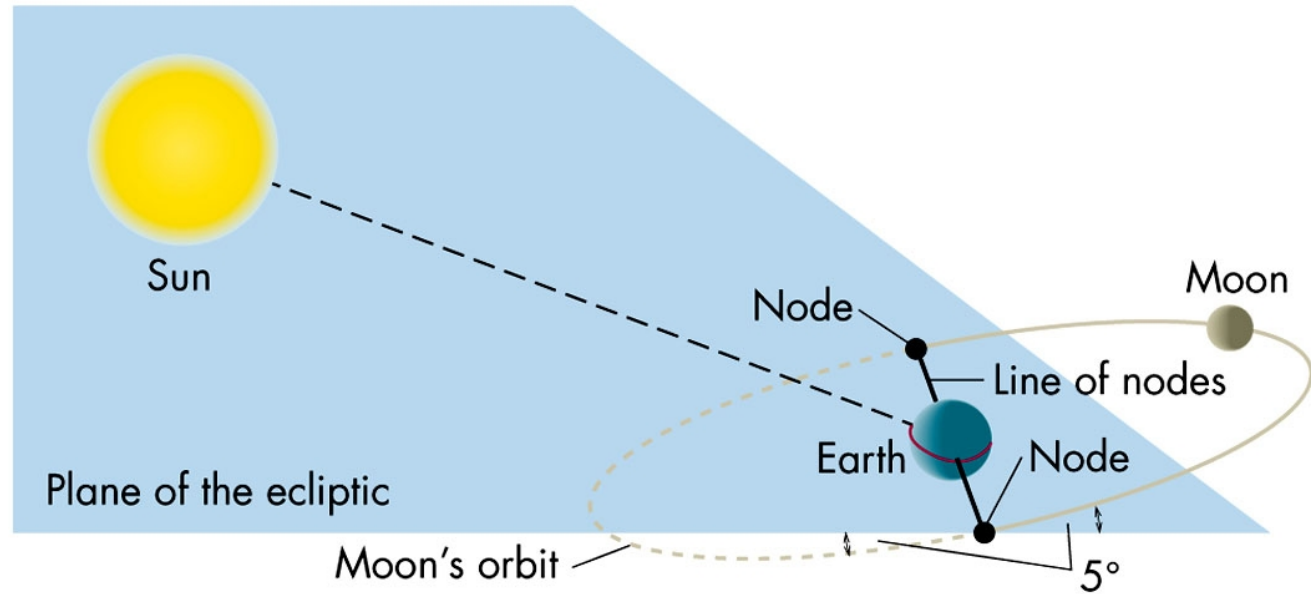


# Rotación síncrona

- $P_{\text{rotación}} = T_{\text{traslación}}$  [MoonRotation.mov]
- La Luna siempre da la misma cara a la Tierra
- **Libración:** se ve >mitad por
  - inclinación eje/órbita
  - velocidad no uniforme en órbita
- Desde la Luna:
  - Tierra rotante siempre ~misma posición respecto observador
  - Tierra mueve sobre fondo estrellas
  - Fases de Tierra



# Órbita

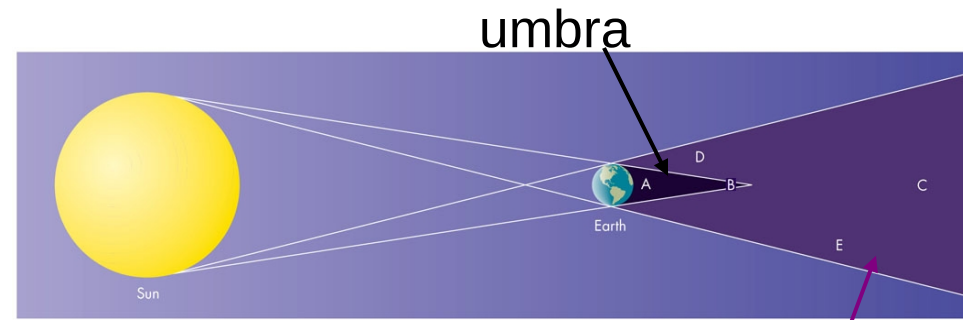


- Plano órbita Luna ~Plano eclíptica
  - Inclinación  $\sim 5^\circ$
- **Nodos:** puntos de corte del plano de la eclíptica y el plano de la órbita:
  - Nodo ascendente: S a N
  - Nodo descendente: N a S
- $F_{\text{sol}\ominus} = 2F_{\oplus\ominus} \rightarrow$  Tierra y Luna orbitan Sol juntos



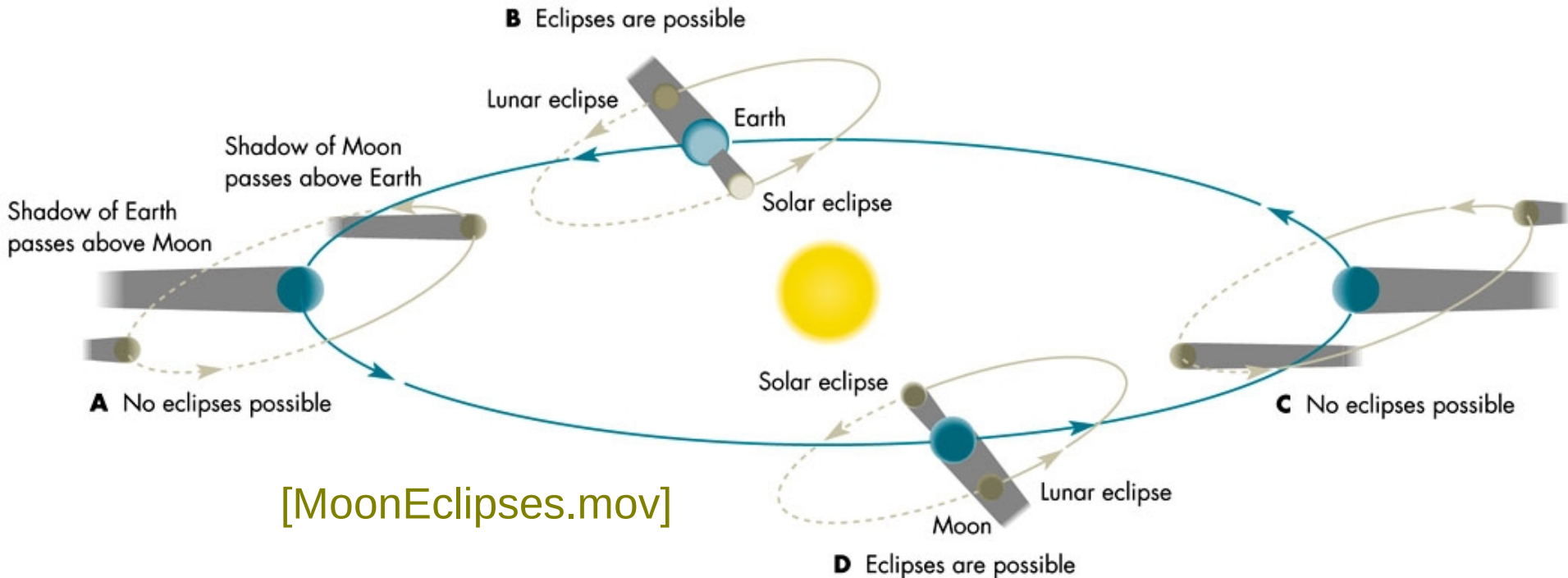
# Eclipses

- Cuando Luna **luna o nueva** Y **en línea de nodos**: Sol-Tierra-Luna en línea → **Eclipses**
- Zonas sombra: **umbra** y **penumbra**

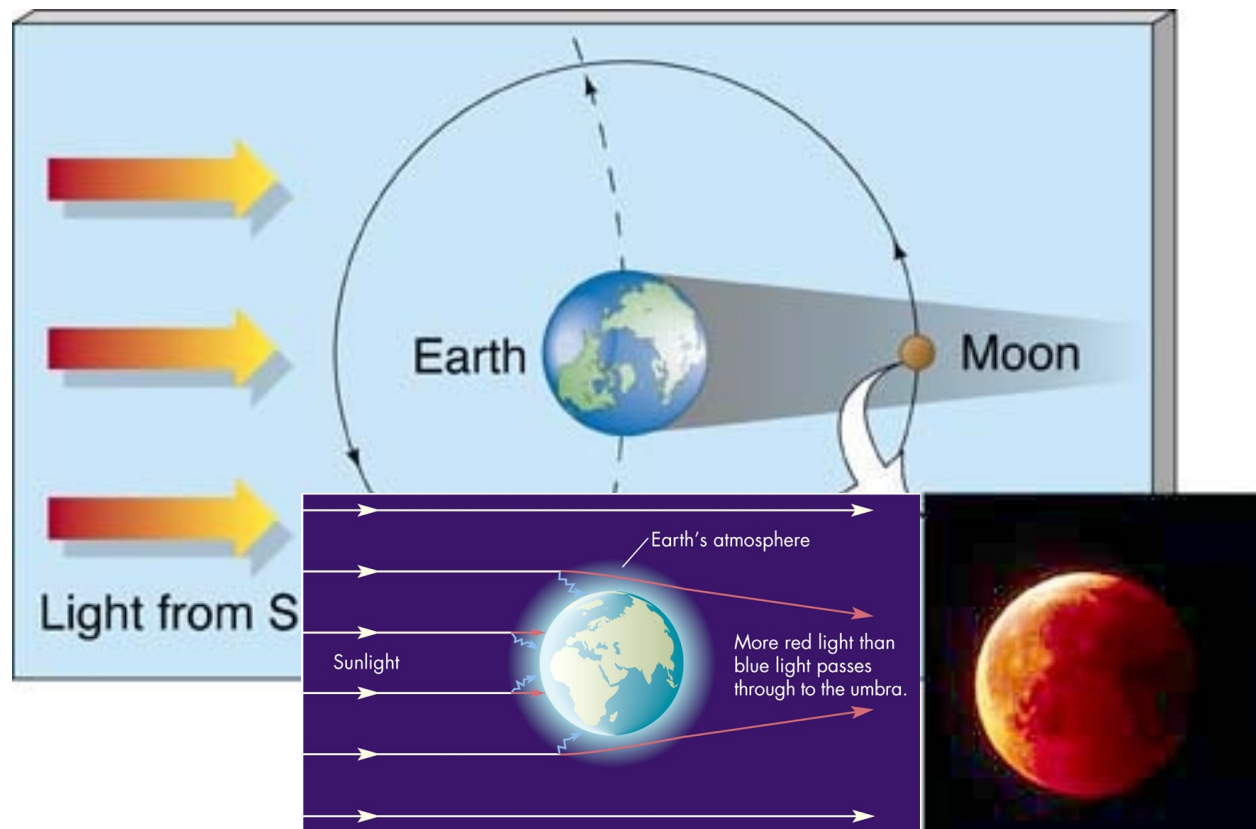


Location of observer	What the observer sees there
Point A (umbra)	Total eclipse
Point B (umbra)	Total eclipse
Point C (penumbra)	Annular eclipse
Point D (penumbra)	Partial eclipse
Point E (penumbra)	Partial eclipse

penumbra

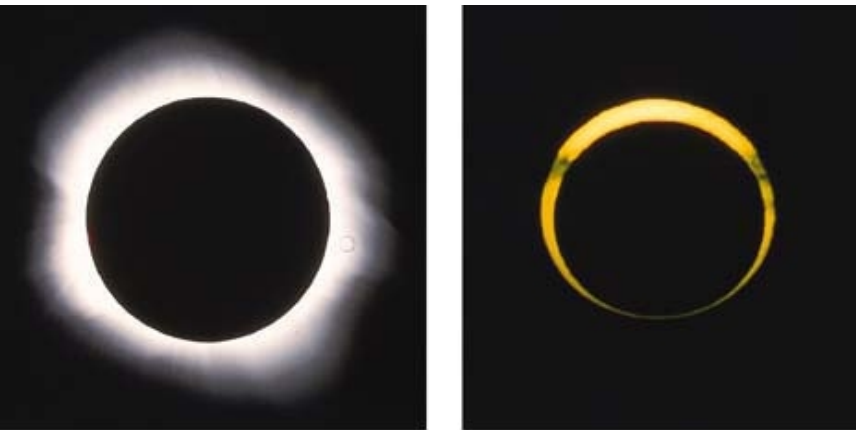


# Eclipses de Luna



- Anchura umbra Tierra  $1^{\circ}.3 > \emptyset$  Luna  $0^{\circ}.5$ :
  - siempre que hay alineamiento con luna llena hay eclipse total de Luna
  - Luna en umbra  $\sim 3$ h, totalidad  $\sim 100$  min
- Un hemisferio completo ve el eclipse
- Luz Sol dispersada por atmósfera Tierra ilumina Luna en eclipse: color rojo

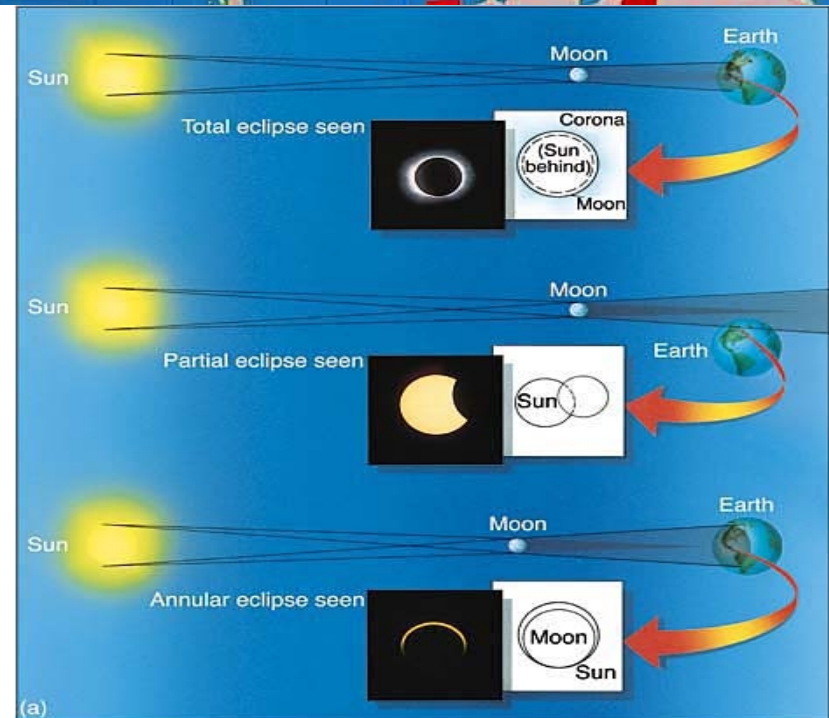
# Eclipses de Sol



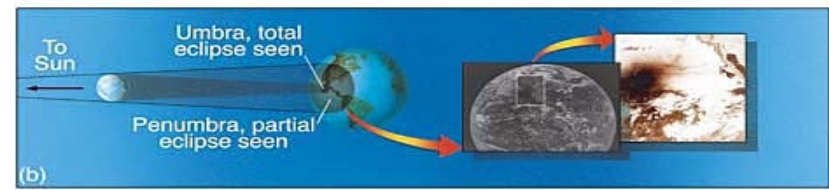
(a)

(b)

- Según geometría:
  - totales
  - parciales
  - anulares
- Anchura sombra < 270km
  - traza: ~150km x 10 000km (0.3% superficie)
  - total < 7min 40s (~2-3min)



(a)



(b)



# Predicción de los eclipses

- Sólo se producen cuando línea nodos apunta Sol: **estación de eclipses**
  - separadas 5.7 meses (nodos retrogradan, van en busca de la Tierra):  
2 en muchos años, 3 en algunos
  - **año de eclipse**=2xestación=346.6 días el mismo nodo alineado Sol
- Mínimo común múltiplo de año de eclipse y mes sinódico:  
 $6585\frac{1}{3}$  días = 18 años  $11\frac{1}{3}$  días **saros**
- Babilonios conocían saros (600 AC)
- 240 eclipses Sol/siglo:
  - 35% parciales
  - 32% anulares
  - 33% totales
- # eclipses Sol ~# eclipses Luna pero impresión es más Luna

# Mareas

[MoonTides.mov]

- **Fuerzas de marea:**  
aceleraciones gravitatorias  
relativas de una parte de un  
cuerpo respecto a otra
  - efecto neto es alargar el cuerpo  
en la dirección de  $r$
- **Sistema Tierra-Luna:**
  - Corteza Tierra deformada en  
~dirección luna ~cm
  - Océanos  $\leq 15\text{m}$ : 2x día
    - Sol: mareas vivas y muertas
- **Mareas generan fricción:**
  - rotación Tierra: día  $< 0.002\text{s/siglo}$
  - distancia Luna  $> 4\text{cm/año}$
  - en muchos Gy:  $P_{\oplus} = P_{\odot} = 47$  días<sup>B</sup>



A

**Spring tide:** Sun and Moon aligned

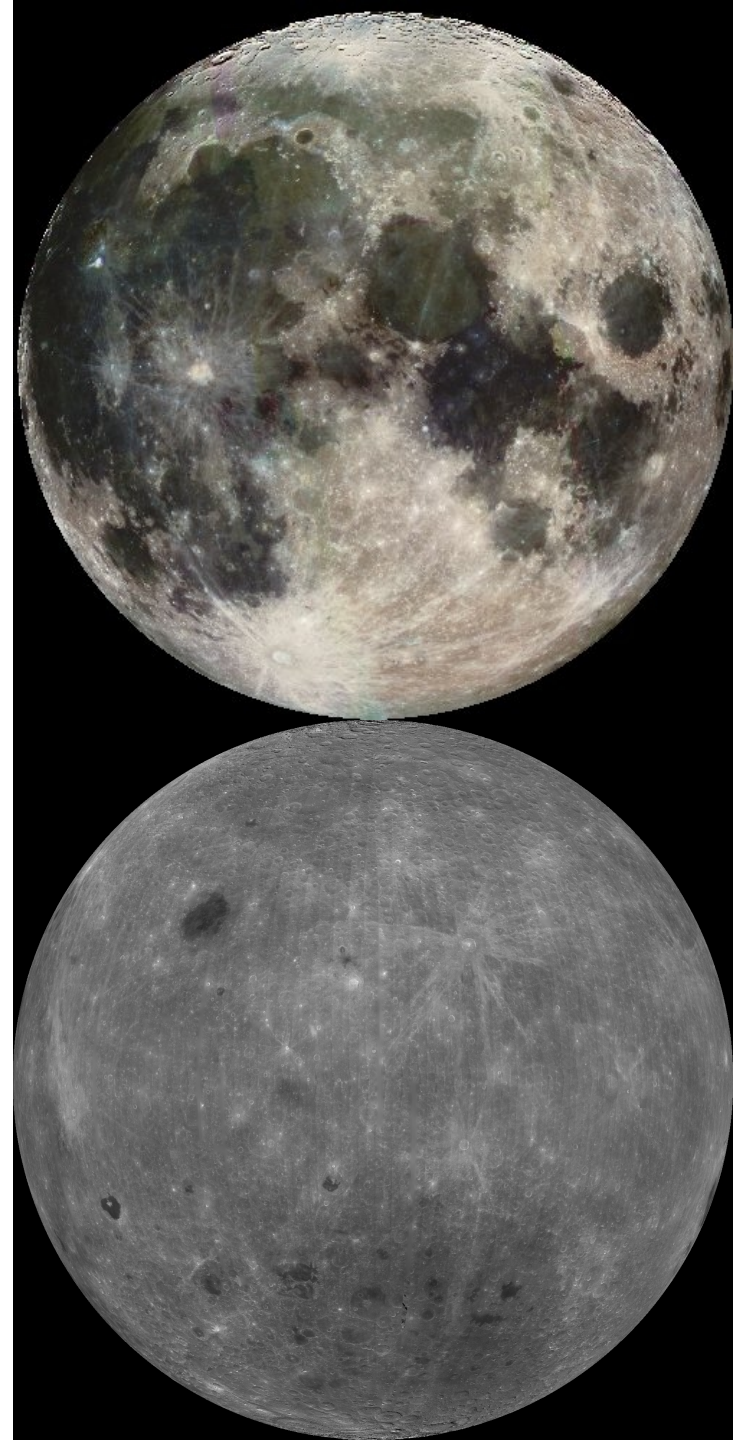


B

**Neap tide:** Sun and Moon perpendicular

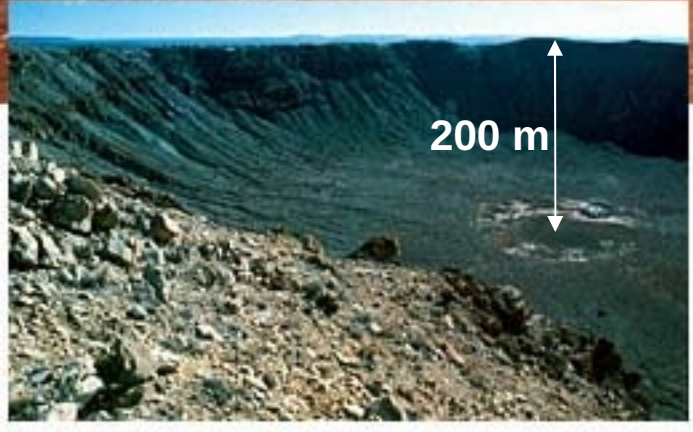
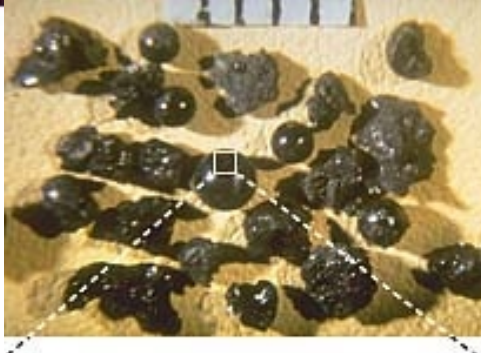
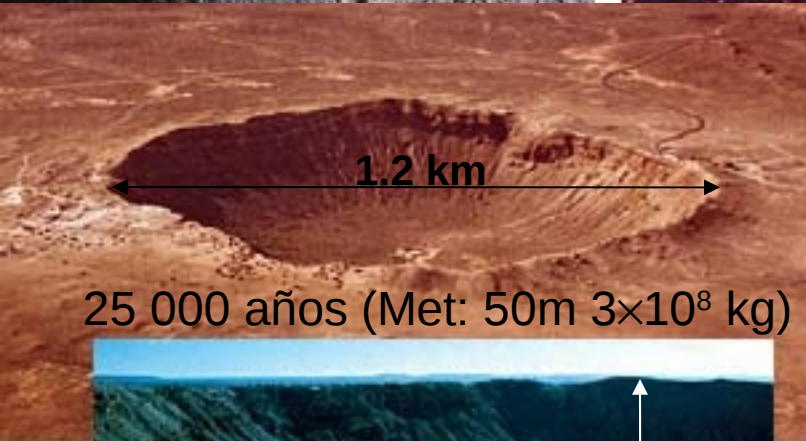
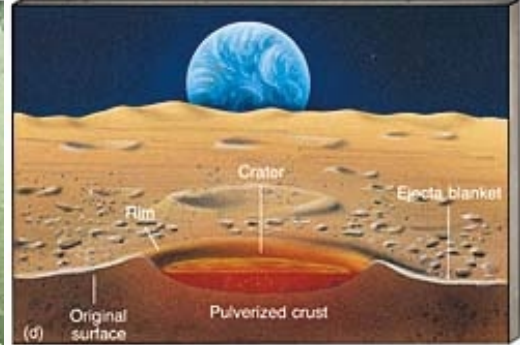
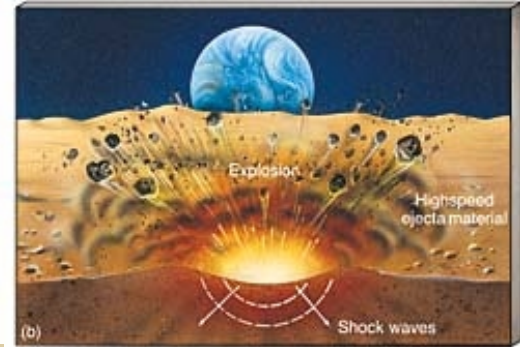
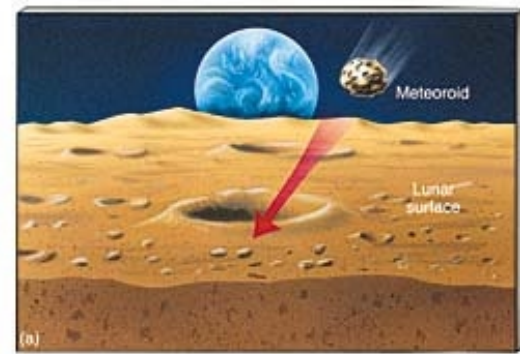
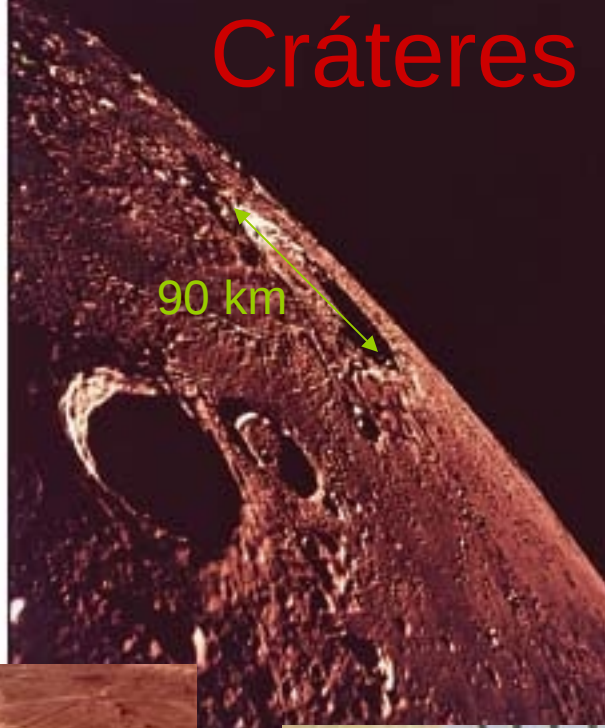
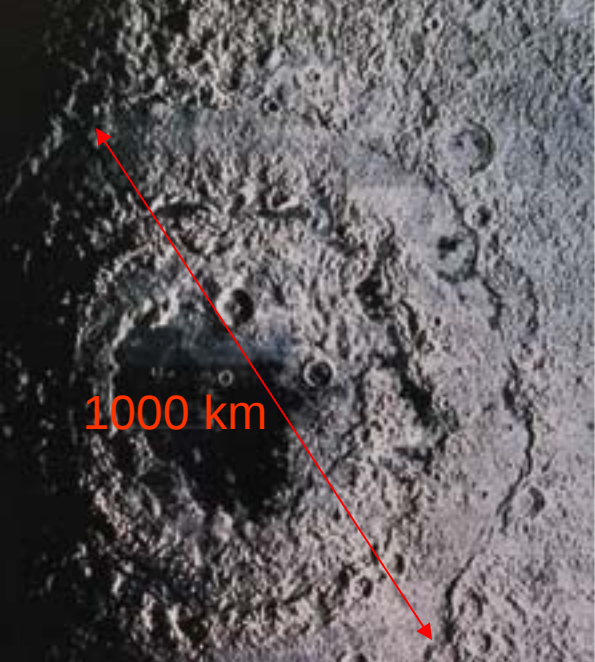
# Superficie lunar

- Distintos tipos de accidentes:
  - **Mares**: zonas oscuras. Llanuras basálticas de origen volcánico: lava rellenó cráteres  $\text{Ø} \geq 100\text{km}$
  - **Tierras altas**: más altas (y viejas) que mares
  - **Cráteres**: de impacto.  $1\text{m} \leq \text{Ø} \leq 220\text{km}$ 
    - cráteres secundarios
    - rayos
    - **Montañas**: en realidad secciones de cráteres
  - **Regolito**: polvo formado por meteoritos que cubre la superficie (hasta 40m profundidad)

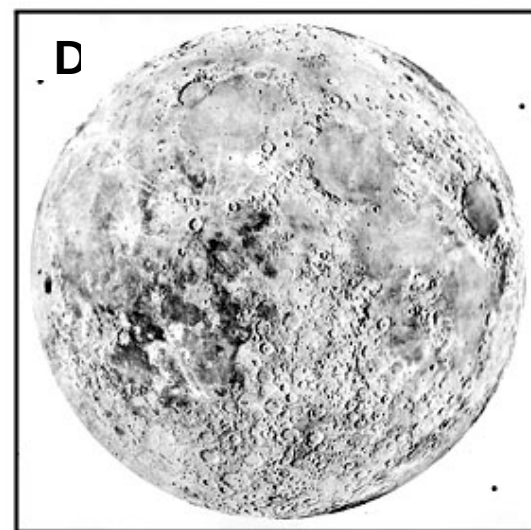
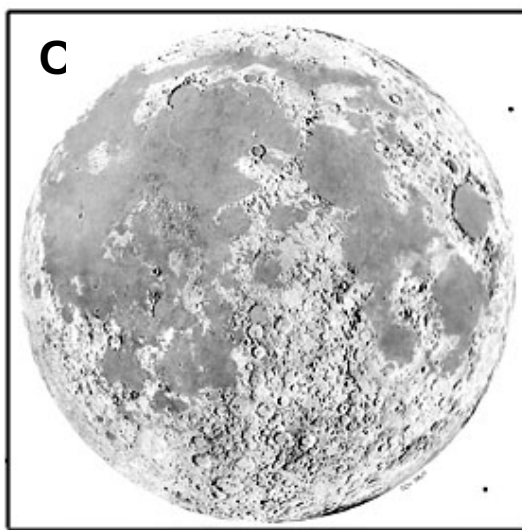
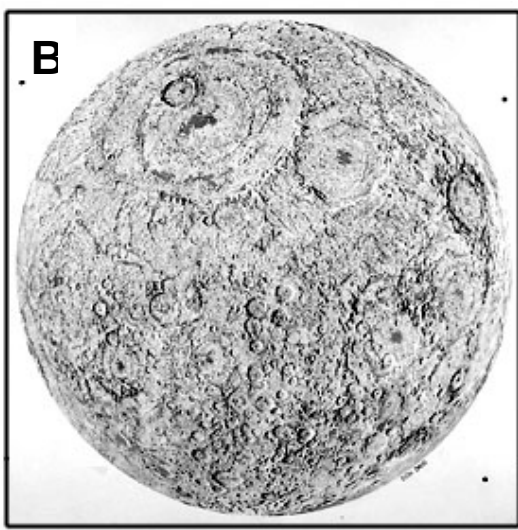




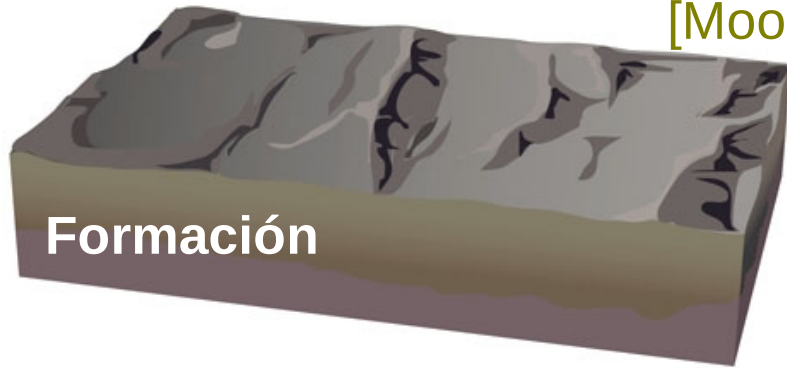
# Cráteres







[MoonEvol.mov]



Formación

A 4.6 Billion years ago



Intenso bombardeo

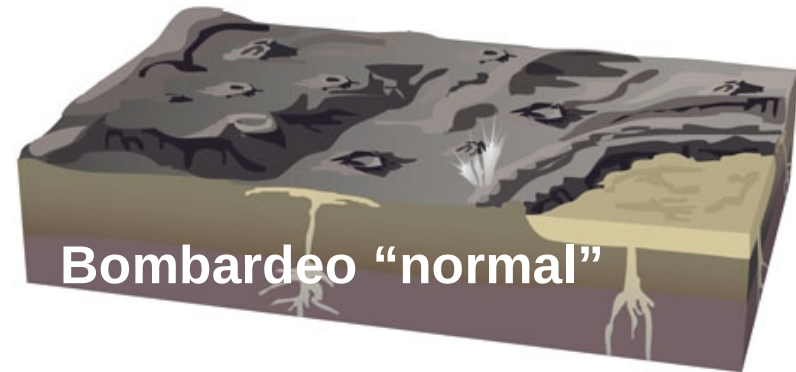
B 4.6–3.8 Billion years ago

# Evolución



Magma rellena mares

C 3.8–3.2 Billion years ago



Bombardeo "normal"

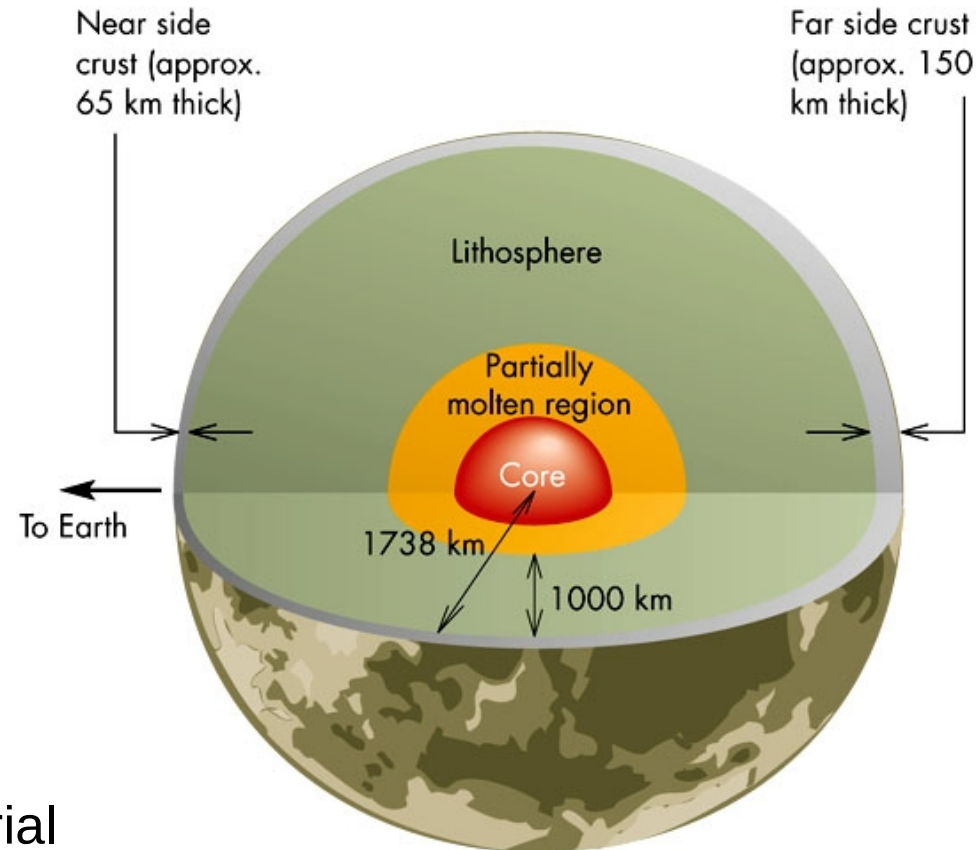
D 3.2 Billion years ago to today

# Atmósfera

- Muy tenue, sobre todo: He, Ne, Ar, H
- Origen:
  - He, Ar de desintegraciones radiactivas
  - H, He captura viento solar
- $v_{\text{escape}} \ll v_{\text{H, He}}$ : H, He escapan fácilmente
- Más pesados: “barridos” viento solar o absorbidos rocas
- Consecuencias falta atmósfera:
  - grandes variaciones térmicas: 400K (mediodía), 100K (amanecer)
  - cielo negro hasta de día

# Estructura interior

- Densidad:  $3.3 \text{ g cm}^{-3}$
- Núcleo metálico parcialmente fundido  $R < 700 \text{ km}$ 
  - $20\% \emptyset$ , 2-3% masa
  - Tierra:  $55\% \emptyset$ , 33% masa
- “Lunamotos” débiles
  - Corteza 65-150 km
- Flujo calor:  $1/3 \times$  Tierra
  - $\gg$  para cuerpo tan pequeño
  - decaimiento radiactivo de material “enriquecido”



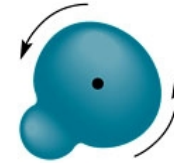
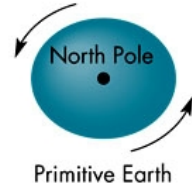
# Teorías de formación antiguas

Fission theory

## Teoría fisión

Órbita luna  $\leftrightarrow$  Ecuador

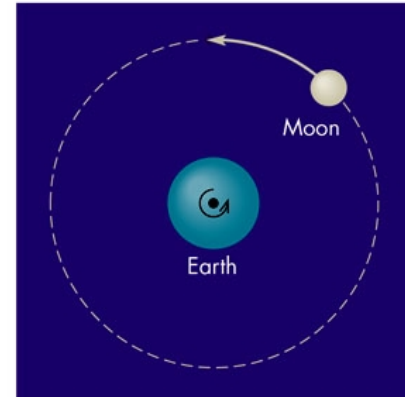
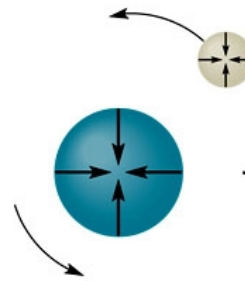
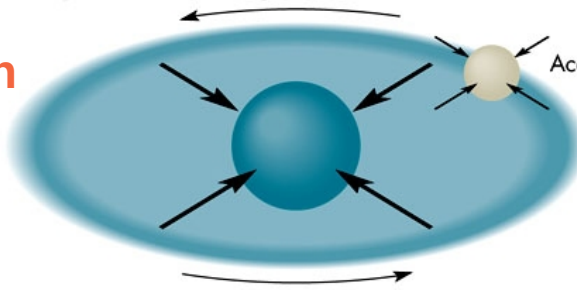
¿Por qué rotación tan rápida?



Binary accretion theory

## Teoría acreción binaria

¿Por qué  $Fe \ll$  Luna?

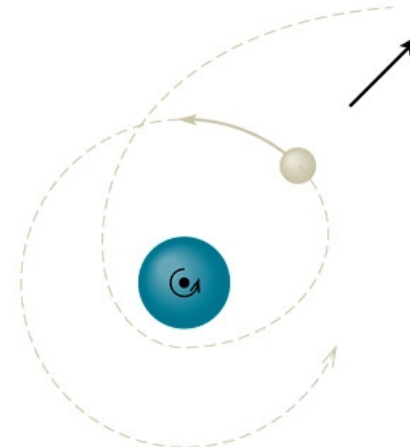
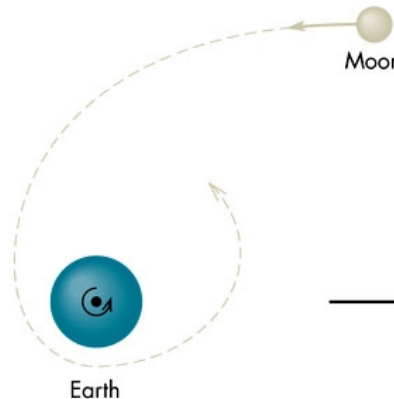


Capture theory

## Teoría captura

¿Disipación energía?

¿Por qué composición química ~?





# Teoría del impacto gigante

[MoonEvol.mov]

- Objeto de varias veces la masa de Marte
- Choque “rasante” con la Tierra
  - vaporizó objeto, y parte manto y corteza Tierra
- Parte del material orbitó la Tierra:
  - materiales ligeros escaparon
- Colisión tras formación núcleo Fe Tierra
  - poco Fe arrancado por colisión
- Composiciones parecidas porque mayor parte material Luna de corteza Tierra
- Diferencias podrían venir de aportaciones del otro objeto

