

ASOCIACION NACIONAL DE ESTUDIANTES DE INGENIERIA QUIMICA

XXI CONGRESO NACIONAL DE ESTUDIANTES DE INGENIERIA QUIMICA

EL IMPACTO DE LA INGENIERIA QUIMICA  
EN EL DESARROLLO DE LA REGION

# EFFECTOS TERMODINAMICOS EN MACRO PROCESOS

Ing. Federico G. Salazar



FECHA: DEL 19 AL 21 DE SEPTIEMBRE DE 2006  
LUGAR: HOTEL MARRIOT GUATEMALA



## **EFFECTOS TERMODINAMICOS EN MACRO PROCESOS**

1. PRESENTACION
2. DESCRIPCION DEL MODELO ACTUAL
3. HIPOTESIS DE FORMACION DEL  
MODELO ACTUAL
4. CONCLUSIONES

## 1. PRESENTACION

- Los fenómenos naturales pueden ser interpretados adecuadamente por la termodinámica y sus leyes.
- Se hace uso de modelos matemáticos simplificados para representar situaciones reales
- El sistema tierra-luna exhibe características especiales (órbita sincrónica de la luna, conformar un sistema biplanetario, diferentes hipótesis sobre su formación).
- Se pretende dar una interpretación al comportamiento de la luna como satélite de la tierra

## 1. DESCRIPCION DEL MODELO ACTUAL SISTEMA TIERRA-LUNA

	TIERRA	LUNA	L/T
<b>Masa (kg)</b>	$5.98 \times 10^{24}$	$7.347\ 673 \times 10^{22}$	0.01200
<b>Diámetro (km)</b>	12,756	3,474.80	0.27241
<b>Orbita (Distancia promedio) (km)</b>	149,597,890	384,400	0.00257
<b>Circunferencia orbital media (km)</b>	924,375,700	2,413,402	0.00261
<b>Densidad media (kg/m<sup>3</sup>)</b>	5,520	3,344	0.60580
<b>Gravedad en la superficie (m/s<sup>2</sup>)</b>	9.8	3.7044	0.37800
<b>Presión atmosférica (kPa)</b>	101.3	$3 \times 10^{-13}$	$3 \times 10^{-15}$

## 1. DESCRIPCION DEL MODELO ACTUAL SISTEMA TIERRA-LUNA

	TIERRA	LUNA	L/T
<b>Velocidad de Escape (m/s)</b>	11,200	2,380	0.21250
<b>Velocidad rotacional (en el ecuador) <math>m \cdot s^{-1}</math></b>	465.11	4.626	0.00995
<b>Periodo de Rotación (longitud del día en días de la Tierra)</b>	23.93 horas	27.32166 días	27.40158
<b>Periodo de Revolución (longitud del año en días de la Tierra) (días)</b>	365.26	27.32166	0.07480
<b>Velocidad orbital (km/s)</b>	30.287	1.03	0.03401

## 1. DESCRIPCION DEL MODELO ACTUAL SISTEMA TIERRA-LUNA

	TIERRA	LUNA	L/T
<b>Oblicuidad (tilt) grados del eje</b>	23.4	18.4 a 28.6	1.00427
<b>Excentricidad de la Orbita (desviación del circulo=0)</b>	0.017	0.0549	3.22941
<b>Temperatura superficial media (K)</b>	281	250	0.88968
<b>Temperatura superficial máxima media (K)</b>	310	396	1.27742
<b>Temperatura superficial mínima media (K)</b>	260	40	0.15385
<b>Albedo Visual geométrico (reflectividad)</b>	0.39	0.12	0.30769

## 1. DESCRIPCION DEL MODELO ACTUAL SISTEMA TIERRA-LUNA

	TIERRA	LUNA
<b>Componentes Atmosféricos</b>	77% nitrógeno, 21% oxígeno, 1% argón, 0.038% dióxido de carbono Trazas de vapor de agua	casi inexistente 25 % Helio 25 % neón 23 % hidrógeno 20 % argón Trazas de Metano, Amoniacó y bióxido de carbono
<b>Materiales superficiales</b>	Roca basáltica y granítica y materiales alterados	42.6 % oxígeno 20.8 % magnesio 20.5 % sílice 9.9 % hierro 2.31 % calcio 2.04 % aluminio 0.472 % níquel 0.314 % cromo 0.131 % manganeso 0.122 % titanio

ESIQ

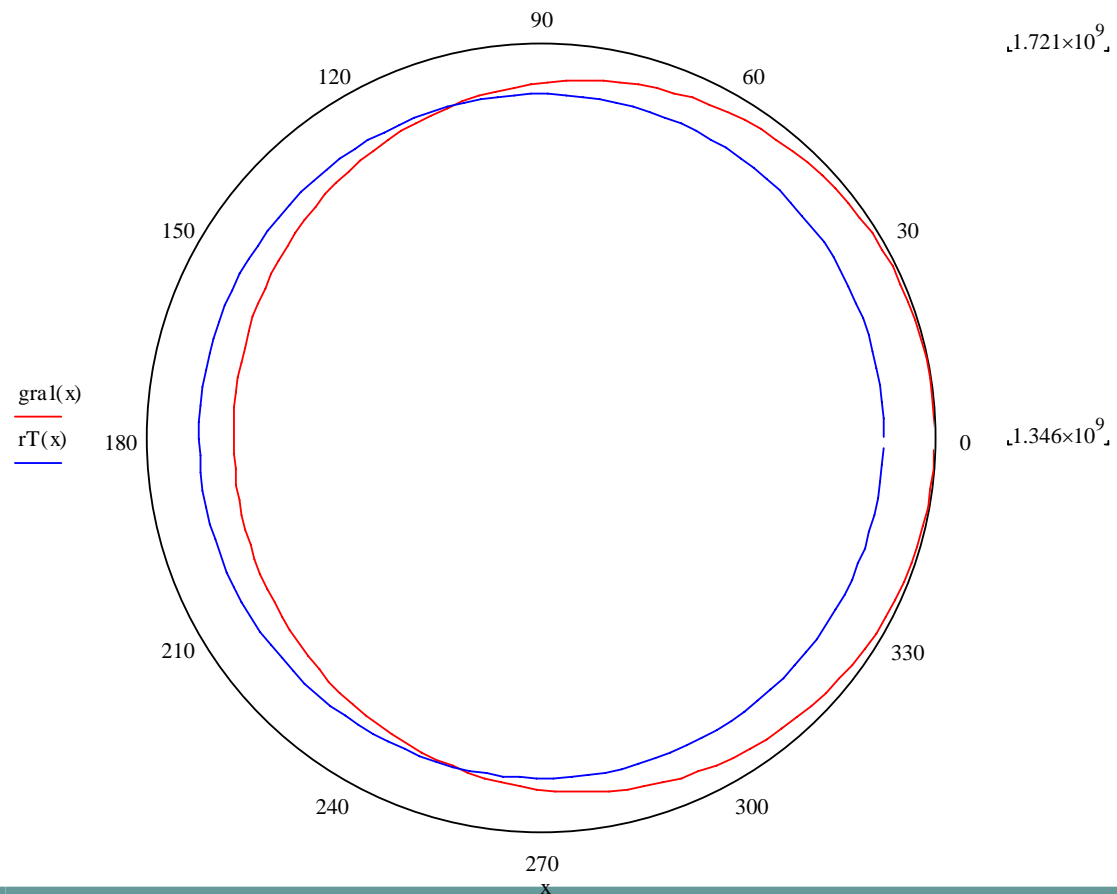
# **1. DESCRIPCION DEL MODELO ACTUAL SISTEMA TIERRA-LUNA**

MODELO MATEMATICO DE LA  
ORBITA



# ESIQ

## 1. DESCRIPCION DEL MODELO ACTUAL SISTEMA TIERRA-LUNA



## 1. DESCRIPCION DEL MODELO ACTUAL SISTEMA TIERRA-LUNA

### VELOCIDAD DE LA LUNA

$$r_L := 384400 \text{ km}$$

$$\theta_L := 27.32166 \text{ day}$$

$$c_L := 2\pi \cdot r_L$$

$$c_L = 2.415 \times 10^9 \text{ m}$$

$$v_L := \frac{c_L}{\theta_L}$$

$$v_L = 1.023 \frac{\text{km}}{\text{s}}$$

$$\text{Periodo} := \frac{2\pi}{\sqrt{G \cdot M_T}} \cdot (r_L)^{\frac{3}{2}}$$

$$\text{Periodo} = 2.372 \times 10^6 \text{ s}$$

$$v_L := \frac{c_L}{\text{Periodo}}$$

$$v_L = 1.018 \frac{\text{km}}{\text{s}}$$

## 1. DESCRIPCION DEL MODELO ACTUAL SISTEMA TIERRA-LUNA

### CANTIDAD DE MOVIMIENTO

Masa tierra X velocidad tierra

$$M_T \cdot v_T = 1.779 \times 10^{29} \frac{\text{kg m}}{\text{s}}$$

masa lunar X velocidad lunar =

$$M_L \cdot v_L = 2.188 \times 10^{27} \frac{\text{kg m}}{\text{s}}$$

$$\text{Momentum} = 1.801 \times 10^{29} \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}}$$

### ENERGIA CINETICA

½ masa tierra X (velocidad tierra)<sup>2</sup>

$$\frac{1}{2} \cdot M_T \cdot (v_T)^2 = 2.65 \times 10^{24} \text{ GJ}$$

½ masa lunar X (velocidad lunar)<sup>2</sup>

$$\frac{1}{2} \cdot M_L \cdot (v_L)^2 = 3.259 \times 10^{22} \text{ GJ}$$

$$EK = 2.682 \times 10^{24} \text{ GJ}$$

## 1. DESCRIPCION DEL MODELO ACTUAL SISTEMA TIERRA-LUNA

### ENERGIA GRAVITACIONAL

Constante gravitacional  $G := 6.67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{newton} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2}$

$$E_K := \frac{G \cdot M_T \cdot M_L}{2 \cdot r_L} + \frac{G \cdot M_{\text{sol}} \cdot M_T}{2 \cdot r_T} \quad E_K = 2.691 \times 10^{21} \text{ GJ}$$

$$E_P := -\frac{G \cdot M_T \cdot M_L}{r_L} - \frac{G \cdot M_{\text{sol}} \cdot M_T}{r_T} \quad E_P = -5.382 \times 10^{21} \text{ GJ}$$

$$E := E_K + E_P \quad E = -2.691 \times 10^{21} \text{ GJ}$$

## 2. HIPOTESIS DE FORMACION DEL MODELO ACTUAL: SISTEMA TIERRA-LUNA

<b>CORTEZA LUNAR ELEMENTO</b>	<b>MASA MOLECUL AR g/mol</b>	<b>TEMPERATU RA VAPORIZA CION °K</b>	<b>CALOR DE VAPORIZA CION kJ/mol</b>
<b>Oxígeno</b>	15.9994	90	6.82
<b>Magnesio</b>	24.305	1363	128.7
<b>Sílice</b>	28.086	2628	383.3
<b>Hierro</b>	55.847	3023	351
<b>Calcio</b>	40.078	1757	149.95
<b>Aluminio</b>	26.98	2740	293.72

## 2. HIPOTESIS DE FORMACION DEL MODELO ACTUAL: SISTEMA TIERRA-LUNA

ATMOSFERA LUNAR ELEMENTO	MASA MOLECULAR g/mol	TEMPERATURA VAPORIZACION °K	CALOR DE VAPORIZACION kJ/mol
Helio	4.0026	4	0.082
Neón	20.1797	27	1.736
Hidrógeno	1.00797	20	0.46
Argón	39.948	87	6.53

## 2. HIPOTESIS DE FORMACION DEL

### MODELO ACTUAL: SISTEMA TIERRA-LUNA

#### ORIGEN DEL SISTEMA TIERRA-LUNA

#### TEORIAS

- **co-creación:** que afirmaba que la Luna y la Tierra se formaron al mismo tiempo a partir de la Nebulosa solar;
- **Fisión:** que afirmaba que la Luna se había desprendido de la Tierra; y
- **Captura:** que mantenía que la Luna se había formado independientemente y fue capturada posteriormente por la Tierra.
  
- **impacto:** la Tierra colisionó con un gran objeto (tan grande como Marte o más) y la Luna se formó a partir del material eyectado. Aún hay detalles que no encajan, pero la teoría del impacto está hoy ampliamente aceptada.

ESIQ

## 2. HIPOTESIS DE FORMACION DEL

**MODELO ACTUAL: SISTEMA TIERRA-LUNA**

ORIGEN DEL SISTEMA TIERRA-LUNA



## 2. HIPOTESIS DE FORMACION DEL MODELO ACTUAL: SISTEMA TIERRA-LUNA

### ENERGIA CINETICA

$$M_{\text{inicial}} := 0.108 M_T$$

$$EK1 := \frac{G \cdot M_T \cdot M_{\text{inicial}}}{2 \cdot rL} \qquad EK1 = 3.344 \times 10^{20} \text{ GJ}$$

$$EK2 := \frac{G \cdot M_T \cdot M_L}{2 \cdot rL} \qquad EK2 = 3.808 \times 10^{19} \text{ GJ}$$

$$\Delta EK := EK2 - EK1 \qquad \Delta EK = -2.963 \times 10^{20} \text{ GJ}$$

## 2. HIPOTESIS DE FORMACION DEL MODELO ACTUAL: SISTEMA TIERRA-LUNA

**COMPOSICION  
ESTIMADA  
DE LA LUNA**

$$\text{moles\_O} := \frac{M_1 \cdot (\text{O}\%)}{M_{\text{O}}}$$

$$\text{moles\_O} = 1.956 \times 10^{24} \text{ mol}$$

$$\text{moles\_Mg} := \frac{M_1 \cdot (\text{Mg}\%)}{M_{\text{Mg}}}$$

$$\text{moles\_Mg} = 6.288 \times 10^{23} \text{ mol}$$

$$\text{moles\_Si} := \frac{M_1 \cdot (\text{Si}\%)}{M_{\text{Si}}}$$

$$\text{moles\_Si} = 5.363 \times 10^{23} \text{ mol}$$

$$\text{moles\_Fe} := \frac{M_1 \cdot (\text{Fe}\%)}{M_{\text{Fe}}}$$

$$\text{moles\_Fe} = 1.303 \times 10^{23} \text{ mol}$$

$$\text{moles\_Ca} := \frac{M_1 \cdot (\text{Ca}\%)}{M_{\text{Ca}}}$$

$$\text{moles\_Ca} = 4.235 \times 10^{22} \text{ mol}$$

$$\text{moles\_Al} := \frac{M_1 \cdot (\text{Al}\%)}{M_{\text{Al}}}$$

$$\text{moles\_Al} = 5.556 \times 10^{22} \text{ mol}$$

## 2. HIPOTESIS DE FORMACION DEL MODELO ACTUAL: SISTEMA TIERRA-LUNA

### ENERGIA REQUERIDA PARA VOLATILIZACION

$Q_{\text{vapO}} := \text{moles\_O} \cdot \Delta H_{\text{O}}$	$Q_{\text{vapO}} = 1.334 \times 10^{19} \text{ GJ}$
$Q_{\text{vapMg}} := \text{moles\_Mg} \cdot \Delta H_{\text{Mg}}$	$Q_{\text{vapMg}} = 8.093 \times 10^{19} \text{ GJ}$
$Q_{\text{vapSi}} := \text{moles\_Si} \cdot \Delta H_{\text{Si}}$	$Q_{\text{vapSi}} = 2.056 \times 10^{20} \text{ GJ}$
$Q_{\text{vapFe}} := \text{moles\_Fe} \cdot \Delta H_{\text{Fe}}$	$Q_{\text{vapFe}} = 4.572 \times 10^{19} \text{ GJ}$
$Q_{\text{vapCa}} := \text{moles\_Ca} \cdot \Delta H_{\text{Ca}}$	$Q_{\text{vapCa}} = 6.35 \times 10^{18} \text{ GJ}$
$Q_{\text{vapAl}} := \text{moles\_Al} \cdot \Delta H_{\text{Al}}$	$Q_{\text{vapAl}} = 1.632 \times 10^{19} \text{ GJ}$

## 2. HIPOTESIS DE FORMACION DEL MODELO ACTUAL: SISTEMA TIERRA-LUNA

### ENERGIA TOTAL REQUERIDA PARA REACCION

$$\Delta H_{rxn} := 3.25 \times 10^{22} \cdot \text{GJ}$$

### ENERGIA TOTAL REQUERIDA PARA VOLATILIZACION

$$Q_{total} := Q_{\text{vapO}} + Q_{\text{vapMg}} + Q_{\text{vapSi}} + Q_{\text{vapFe}} + Q_{\text{vapCa}} + Q_{\text{vapAl}}$$

$$Q_{total} = 3.682 \times 10^{20} \text{ GJ}$$

### ENERGIA TOTAL DEL PROCESO

$$\Delta U_L := Q_{total} + \Delta H_{rxn} \qquad \Delta U_L = 3.287 \times 10^{22} \text{ GJ}$$

## 2. HIPOTESIS DE FORMACION DEL MODELO ACTUAL: SISTEMA TIERRA-LUNA

### DETERMINACION DE LA VELOCIDAD RESULTANTE

$$\Delta EK_{\text{disp}} := \Delta U_L - \Delta EK$$

$$\Delta EK_{\text{disp}} = 3.316 \times 10^{22} \text{ GJ}$$

$$v_{\text{LUNA}} := \sqrt{\frac{(\Delta EK_{\text{disp}}) \cdot 2}{M_L}}$$

$$v_{\text{LUNA}} = 30.045 \frac{\text{km}}{\text{s}}$$

## **2. HIPOTESIS DE FORMACION DEL MODELO ACTUAL: SISTEMA TIERRA-LUNA**

### **DISTRIBUCION DE MASA RESULTANTE DE LA CONDENSACION POST IMPACTO**

- **La masa ígnea se desplaza de la superficie terrestre por efecto de su alto contenido de energía y cantidad de movimiento**
- **En el proceso de enfriamiento se presenta el equilibrio sólido-liquido el cual se establece como efecto del proceso de separación de fases del tipo de refino por zona**
- **Las especies mas pesadas quedan depositadas en el fondo de la masa ocasionando un centro de masa no simétrico en el manto de la luna**

## 3. CONCLUSIONES: SISTEMA TIERRA-LUNA

### EFFECTO RESULTANTE

- Por su no uniformidad de masa, la luna recibe mayor efecto gravitacional y atracción por parte de la tierra
- Los elementos mas pesados quedan depositados en una sección del manto
- Lo anterior produce que la orbita de la luna sea modificada presentando la región de mayor peso mayor atracción hacia la tierra
- El efecto final se observa por el hecho de que la luna al girar sobre su orbita y rotar alrededor de la tierra, presente siempre la misma cara: la cara con mayor peso

ESIQ

**EFFECTOS TERMODINAMICOS EN MACRO PROCESOS**

**Muchas gracias**