

## PROBLEMA 2: FÍSICA EN LA PALEONTOLOGÍA (10 puntos)

La paleontología es una ciencia que estudia los seres vivos que habitan la Tierra en el pasado. Como cualquier ciencia la Física tiene varias aplicaciones en esta rama: encontrar la edad de fósiles, reconstruir la forma de los organismos, realizar análisis mecánicos, entender los procesos que llevaron a la extinción y evolución, etc. En este problema analizaremos una versión simplificada de dos de sus aplicaciones.

### Parte A: Esqueleto incompleto

Casi siempre que se encuentra un fósil estos están incompletos, y en algunos casos apenas se encuentran unos fémures o costillas. Por lo tanto, para realizar estimaciones de tamaño y longitud es una tarea complicada. Para realizar estas, se debe realizar estimaciones de los huesos faltantes y reconstruir basado en un registro de varios fósiles. En esta parte analizaremos una situación más simple.

Supongamos que se ha encontrado un fósil de un espécimen de Tiranosaurio Rex al cual le falta totalmente su cola. La pelvis (Punto A por simplificación en la figura 1) es el punto sobre el cual el cuerpo del dinosaurio puede girar. Aproximaremos la cola como un cono horizontal de radio mayor (Punto A)  $r = 0.500 \text{ m}$  y longitud  $L$ . El cuerpo del dinosaurio se ha estimado que tiene un volumen de  $V_0 = 3.27 \text{ m}^3$  con su centro de masa ubicado a una distancia  $x = 0.800 \text{ m}$  de la pelvis, y ambas piernas ocupan un volumen  $V_1 = 3.17 \text{ m}^3$ . Tome la densidad de masa de tejidos vivos como constante de valor  $\rho = 1.09 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ .

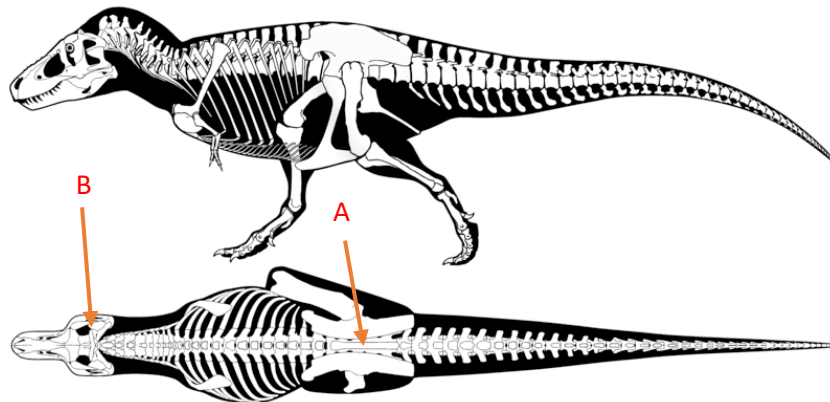


Figura 1. Especimen de Tiranosaurios Rex (No es el encontrado, entonces usar solo como referencia)

A.1) Escriba una expresión algebraica para la masa de la cola y del cuerpo. (0.75 puntos)

A.2) Calcule la longitud de la cola  $L$ . (2 puntos)

A.3) Determine la masa del dinosaurio. (1.25 puntos)

Una estrategia de caza es empujar con la cabeza a otros dinosaurios hacia los laterales. El torque necesario para realizar esta acción es proporcionado por su cadera. Suponga que el torque máximo que la cadera es capaz de generar acelera la cola con una aceleración angular  $\alpha$ . El punto desde el cual se aplica la fuerza es el punto B mostrado en la figura, a una distancia  $d = 3.80 \text{ m}$  de la pelvis.

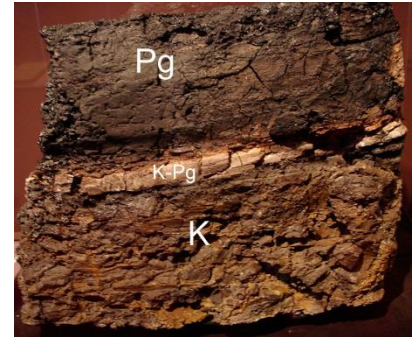
A.4) Si la fuerza entregada es  $F$ , encuentre  $F/\alpha$ . (1.5 puntos)

**Nota:** Se tiene un cono de altura  $h$ , radio máximo  $R$ , y masa  $m$ . La altura del centro de masa  $h_{cm}$  (respecto a su base), volumen, y momento inercia por unidad de masa  $\mu$  están dados por (Respecto a su centro de masa):

$$h_{cm} = \frac{1}{4}h; V = \frac{\pi r^2 h}{3}; \mu = \frac{1}{10}h^2$$

## Parte B: ¿Qué extinguió los dinosaurios?

La historia de la vida en la Tierra está escrita en las capas de rocas que se forman con el paso del tiempo. Sin embargo, hay una fina capa de arcilla en la cual los registros fósiles se interrumpen abruptamente, marcando el final de una era y el inicio de otra. Este punto se llama límite  $K/Pg$  (del Cretácico al Paleógeno), y ocurrió hace unos 65 millones de años. Fue entonces cuando los dinosaurios y muchas otras especies se extinguieron masivamente, en uno de los mayores misterios de la paleontología.



¿Qué causó esta catástrofe global? Una pista importante se encuentra en una fina capa de polvo que separa las rocas del Cretácico y del Paleógeno. Esta capa contiene cantidades muy altas de iridio, un metal raro en la Tierra, pero abundante en los asteroides y los cometas. Esto sugiere que un gran objeto espacial chocó con nuestro planeta, provocando un enorme cráter que luego se encontrara siendo llamado Chicxulub, que se localiza cerca de la península de Yucatán, en México.

Para este problema asumiremos la superficie de la tierra es totalmente esférica y simétrica de radio  $R_T$  y que la delgada capa de arcilla se extiende a lo largo del planeta con una densidad extra de iridio por unidad de área  $\sigma$ .

B.1) Cual es la masa de iridio encerrada en esa capa en todo el planeta. (1 punto)

B.2) Estime la masa del asteroide asumiendo que es homogéneo y con una densidad de iridio de  $\rho_i$ . (2 puntos)

Basado en otras de colisiones de asteroides se puede estimar que la energía  $E$  liberada en el impacto en el cráter de Chicxulub. Únicamente para el siguiente inciso, tome en cuenta los siguientes valores:

Densidad de iridio en la división K-T	$\sigma = 1.13 \times 10^{-6} kg/m^2$
Densidad de iridio en un asteroide	$\rho_i = 5.00 \times 10^{-4} kg/m^3$
Densidad de un asteroide	$\rho = 2700 kg/m^3$
Radio de la tierra	$R_T = 6371 km$
Energía liberada en el impacto	$E = 4.20 \times 10^{23} J$

B.3) Estime la velocidad de impacto relativa a la tierra? (1.5 puntos)

## SOLUCIÓN:

A.1) La masa de la cola  $m_1$  y del cuerpo  $m_2$  son:

$$m_1 = \rho \frac{\pi r^2 L}{3} =; m_2 = \rho V_0$$

A.2) El centro de masa del sistema debe estar sobre la pelvis, entonces:

$$m_1 \frac{L}{4} = m_2 x$$
$$\rho \frac{\pi r^2 L^2}{12} = \rho V_0 x$$
$$L = \sqrt{\frac{12 V_0 x}{\pi r^2}} = 6.32 \text{ m}$$

A.3) La masa total estará dada por  $M = m_1 + m_2 + \rho V_1$

$$M = \rho \left( V_0 + V_1 + \frac{\pi r^2 L}{3} \right) = 8.82 \text{ tons}$$

A.4) El torque estará expresado como:

$$\tau = I \alpha = F d$$
$$\frac{F}{\alpha} = \frac{\rho \pi r^2 L}{3} \frac{L^2}{10d} = \frac{\rho \pi r^2 L^3}{30d} = 1.90 \times 10^3 \text{ Kg} \cdot \text{m}$$

B.1) Tenemos que:  $m_i = 4\pi\sigma R_T^2$

B.2) La masa  $m_i$  debe encontrarse en el asteroide.

$$m_i = 4\pi\sigma R_T^2 = \rho_i V$$

Ahora la masa del asteroide  $m$  esta dada por:

$$m = \rho V$$
$$m = 4\pi\sigma R_T^2 \frac{\rho}{\rho_i} = 3.11 \times 10^{15} \text{ Kg}$$

B.3) La energía liberada será la energía cinética del asteroide:

$$\frac{1}{2} m v^2 = E$$
$$v = \sqrt{\frac{\rho_i E}{2\pi\sigma R_T^2 \rho}} = 1.64 \times 10^4 \text{ m/s}$$