



SCT

SECRETARÍA DE  
COMUNICACIONES  
Y TRANSPORTES

AEM

AGENCIA ESPACIAL  
MEXICANA

# COHETES EDUCATIVOS

## Sesión Teórica

# LA FÍSICA DE LOS COHETES.

**Dirección de Formación de Capital Humano  
Especializado en el Campo Espacial.**

**Agencia Espacial Mexicana**  
**[www.gob.mx/aem](http://www.gob.mx/aem)**



$$F_g = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

## FUERZA DE GRAVEDAD

1643 - 1727

# ¿QUÉ VELOCIDAD NECESITAMOS PARA SALIR DE AQUÍ?



## CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA

Energía de movimiento

$$E_k = \frac{1}{2} m v^2$$

Energía almacenada

$$U = -mgh = -G \frac{Mm}{r}$$

$$E_{total} = \frac{1}{2} m v^2 - G \frac{Mm}{r}$$

$$E_{total\ inicial} = E_{total\ final}$$

$$r_f \xrightarrow{\text{Tiende}} \infty \quad \Rightarrow \quad v_f \xrightarrow{\text{Tiende}} 0$$

## Velocidad de Escape

$$v_e = \sqrt{\frac{2GM}{r}} = \sqrt{2gh}$$

No depende de la masa de lo que trate de escapar

$$v_e = \sqrt{\frac{2GM}{r}}$$

$$M_{\text{Tierra}} = 5.98 \times 10^{24} \text{ kg}$$

$$r_{\text{Tierra}} = 6.38 \times 10^6 \text{ m}$$

$$G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$$

$$v_e = 11.2 \text{ km/s}$$

# SEGUNDA LEY DE NEWTON

*“El cambio de movimiento es directamente proporcional a la fuerza motriz impresa ...”*

$$F_{\text{externa}} = \frac{d(mv)}{dt} = \frac{dp}{dt}$$



# CASO PARTICULAR:

*LA MASA NO CAMBIA EN EL TIEMPO*

$$F_{\text{externa}} = \frac{d(mv)}{dt}$$

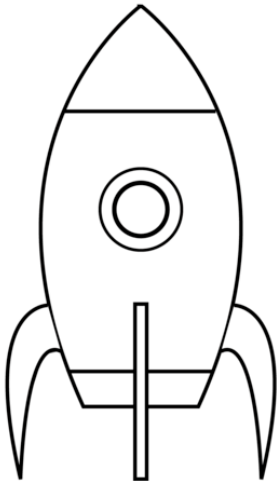


$$F = ma$$

$$t = t_0$$

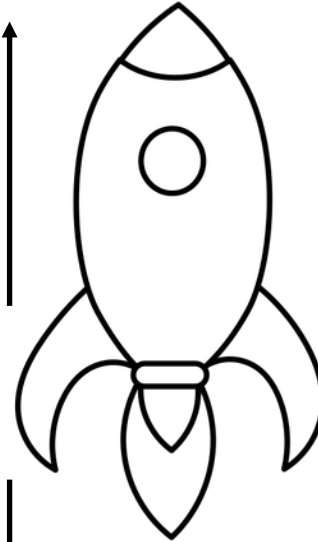
$$m_0$$

$$v_0$$



$$t = t_0 + \Delta t$$

$$m_0 - \Delta m$$
$$v + \Delta v$$



$$\Delta m$$
$$v - u$$



$$p_{total} = [mv]_{cohete} + [mv]_{propelente}$$

$$p_0 = [m_0 v_0]_{\text{cohete}} + [m_0 v_0]_{\text{propelente}}$$

$$p_0 = [m_0 v_0]$$

$$p_1 = [m_1 v_1]_{\text{cohete}} + [m_1 v_1]_{\text{propelente}}$$

$$p_1 = (m_0 - dm)(v + dv) + (v - u) dm$$

## 2da Ley de Newton

$$F_{\text{externa}} = \frac{dp}{dt} = \frac{d(mv)}{dt}$$

$$-mg = \frac{dp}{dt} = \frac{p_1 - p_0}{\Delta t}$$

$$m \frac{dv}{dt} = u \frac{dm}{dt} - mg$$

Dinámica de un cohete

## Dinámica de un cohete

$$m \frac{dv}{dt} = u \frac{dm}{dt} - mg$$



Empuje

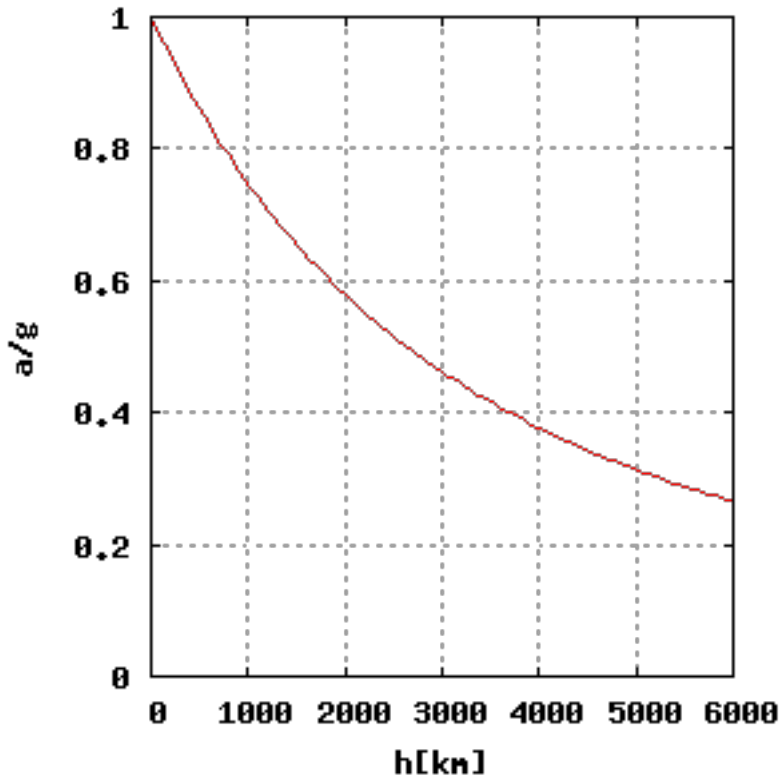


Peso

Sumando tooodos los pedacitos  
→ Integrando

$$v = v_0 + u \ln \frac{m_0}{m_f} - gt$$

Ecuación de un cohete



$$t = 0 \quad \rightarrow \quad g = 9.81 \frac{m}{s^2}$$

$$t \sim \infty \quad \rightarrow \quad g \sim 0$$

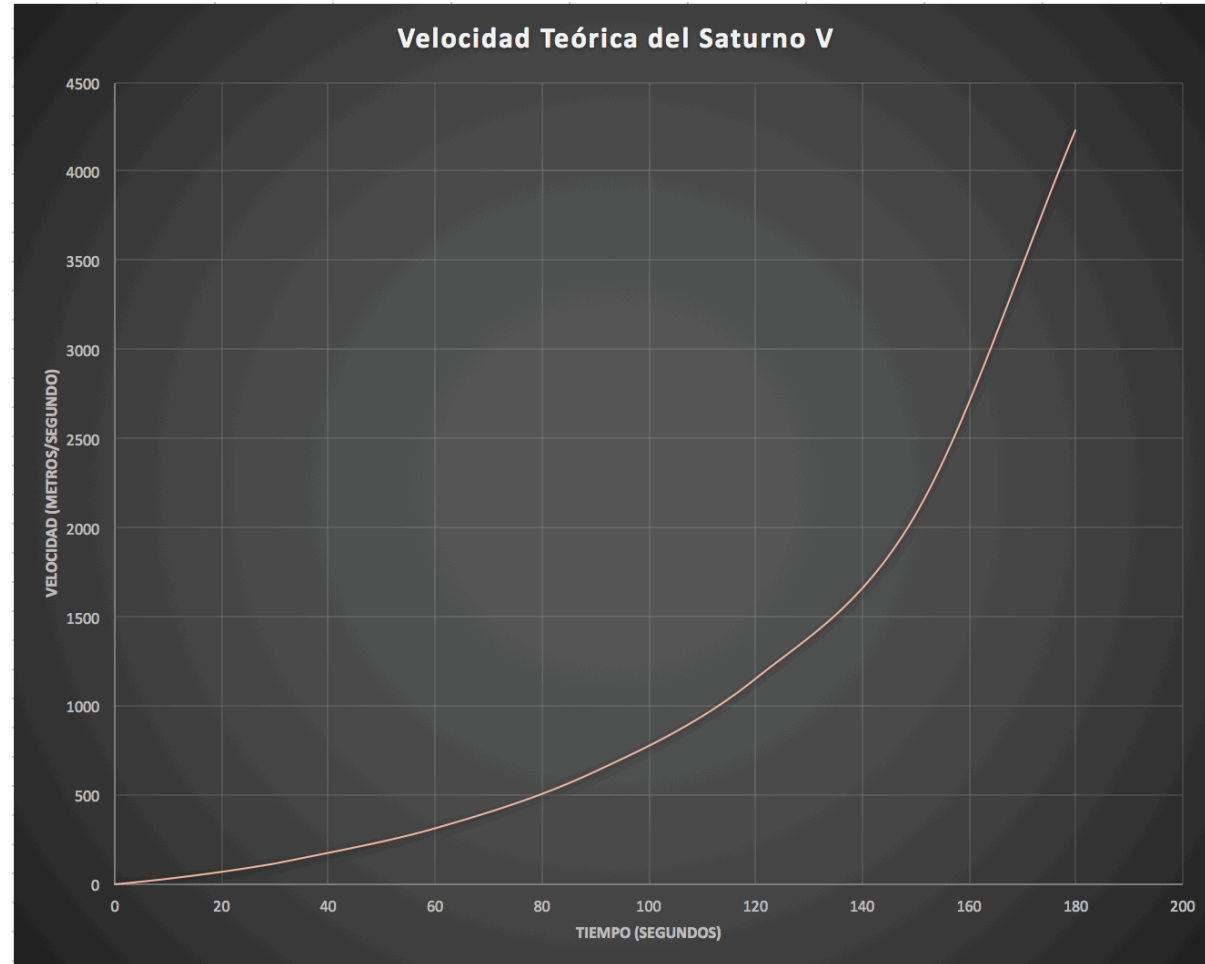
$$v = v_0 + u \ln \frac{m_0}{m_f}$$

Ecuación de un cohete



# SATURNO V

- $m_0 = 2.97 \times 10^6 \text{ kg}$
- $v_0 = 0$
- $u = 2.5 \times 10^3 \text{ m/s}$
- $dm/dt = 1.5 \times 10^4 \text{ kg/s}$
- $g = 9.81 \text{ m/s}^2$





SCT

SECRETARÍA DE  
COMUNICACIONES  
Y TRANSPORTES

AEM

AGENCIA ESPACIAL  
MEXICANA