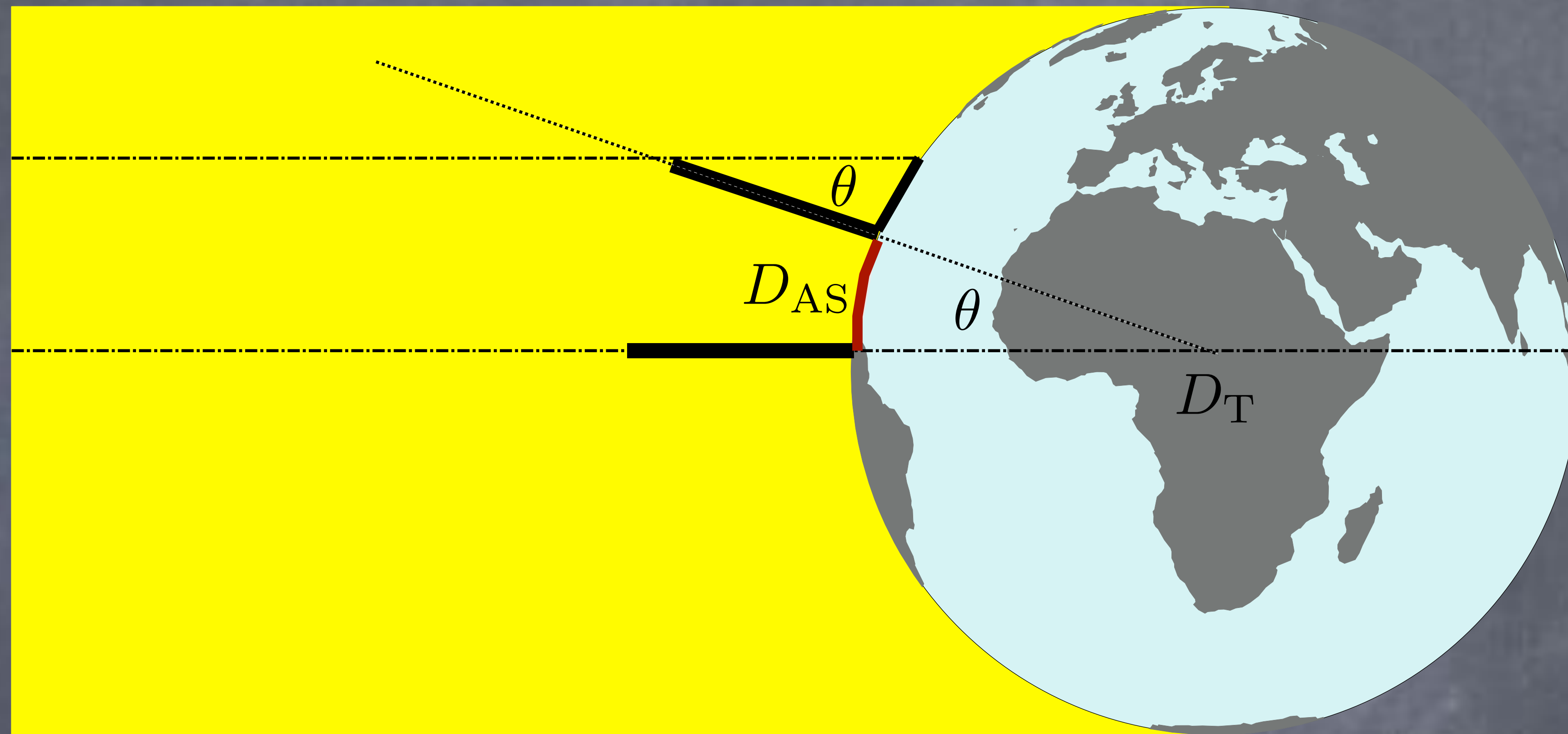


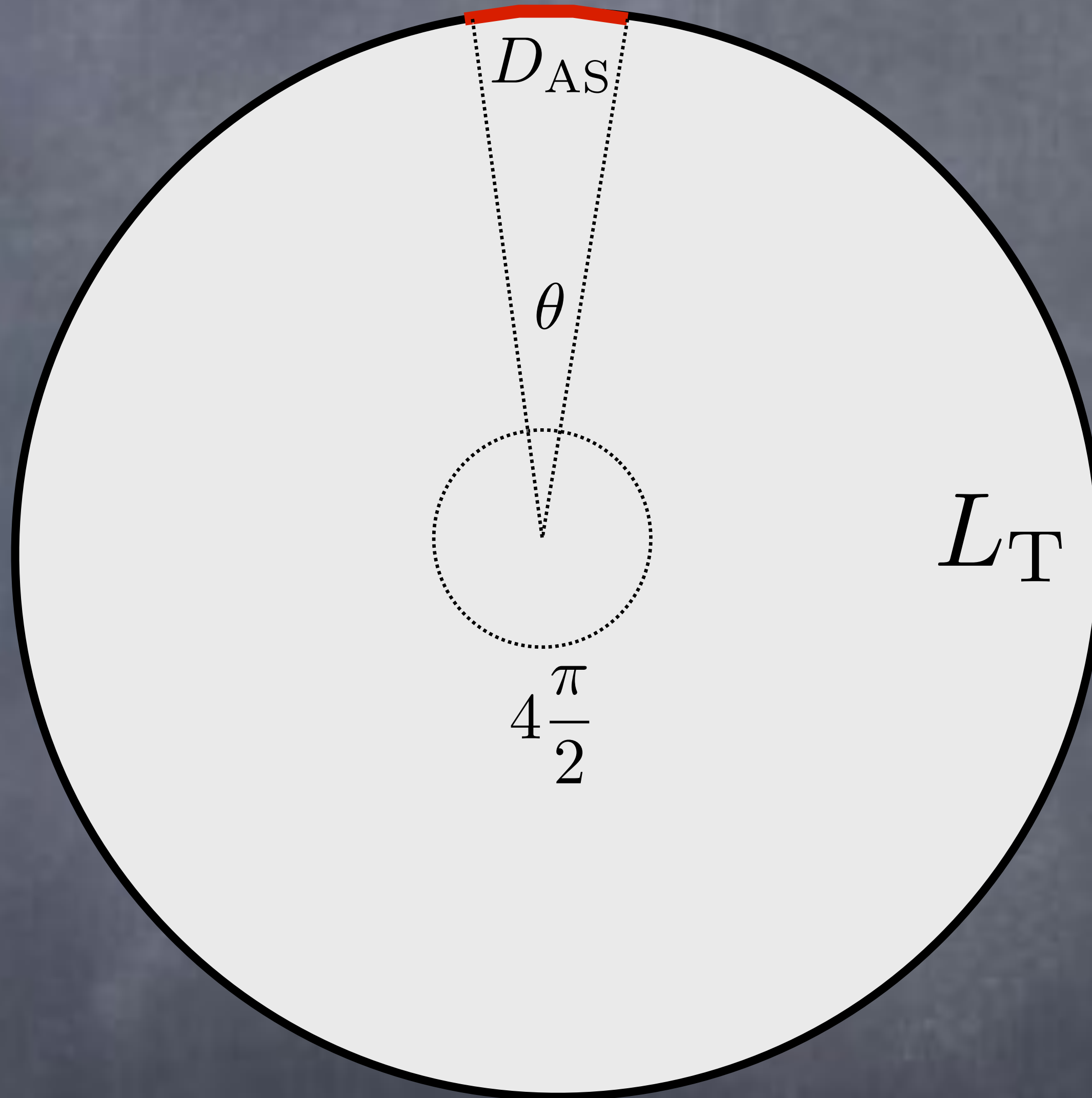
Eratóstenes. Medida de la circunferencia de la Tierra



Si se mide el ángulo de la sombra que da un obelisco en Alejandría el día del Solsticio de verano al mediodía y se mide la distancia Alejandría Siena, se podrá determinar el radio de la Tierra.

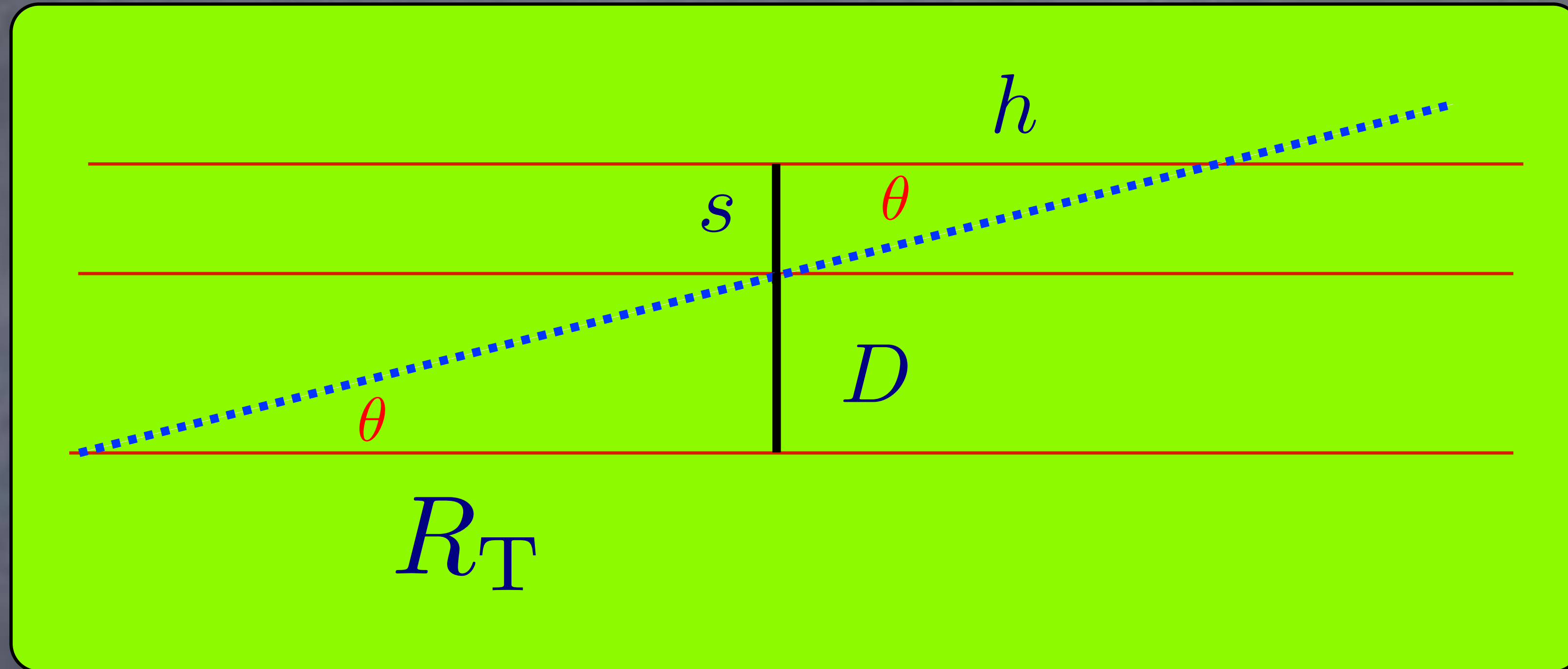
Eratóstenes. Medida de la circunferencia de la Tierra

$$\frac{L_T}{D_{AS}} = \frac{2\pi}{\theta}$$



Relación de ángulos y distancias

Eratóstenes. Medida de la circunferencia de la Tierra



$$\operatorname{tg}\theta = \frac{s}{h} = \frac{D}{R_T} \approx \operatorname{sen}\theta$$

Con la ayuda de un palo vertical, un árbol o un obelisco, colocado al mediodía del Solsticio de Verano en el Bajo Egipto, se puede determinar el ángulo θ . Si, a su vez, se puede determinar la distancia D entre Sienna y el lugar del Bajo Egipto, se podrá medir el radio de la Tierra.

Eratóstenes. Medida de la circunferencia de la Tierra

$$\theta \approx 7^\circ$$

$$\operatorname{tg} 7^\circ = 0,122$$

$$R_T \approx 8,2D$$

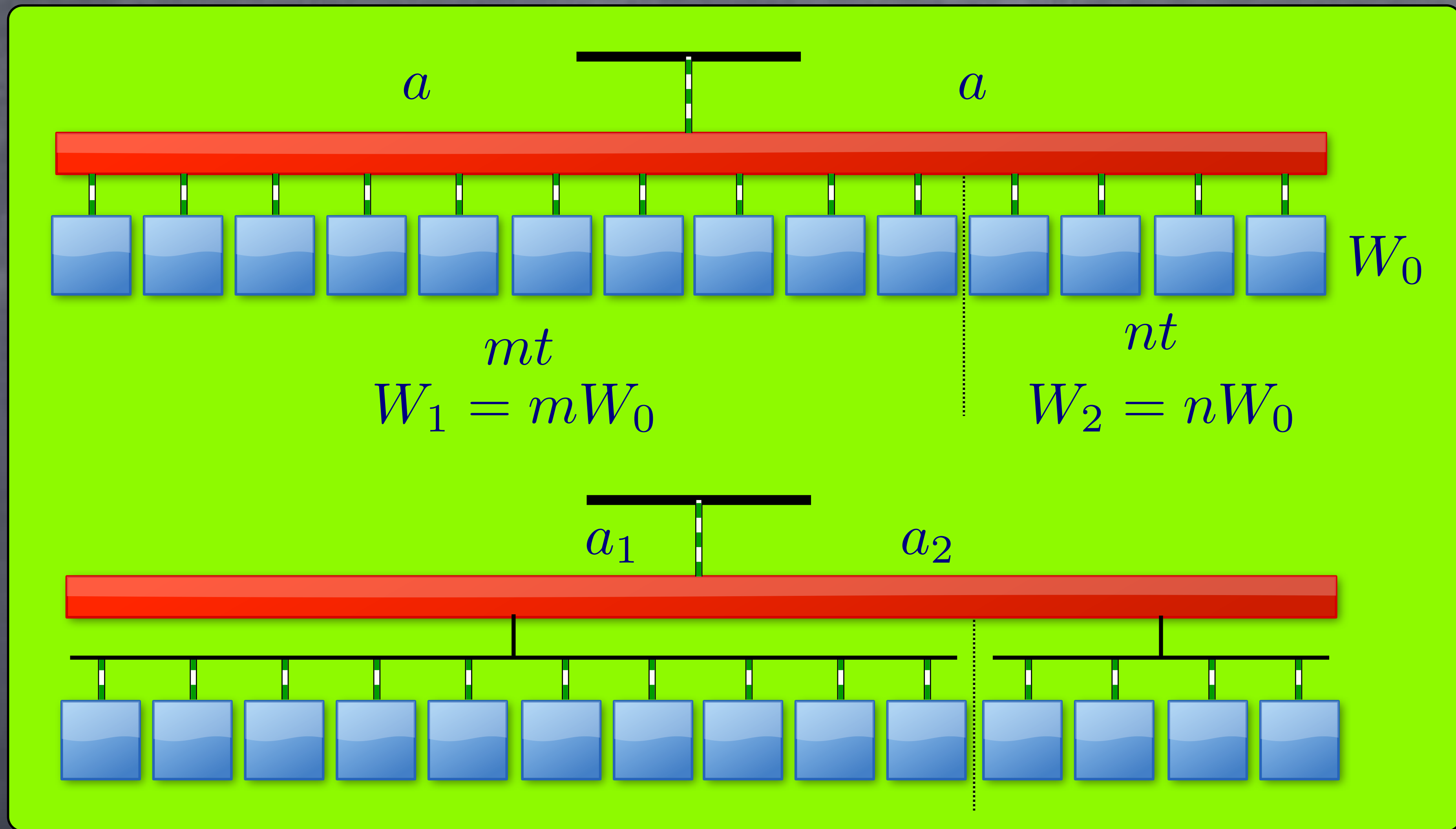
50 dias

100 estadios

$$D \approx 800 \text{ km}$$

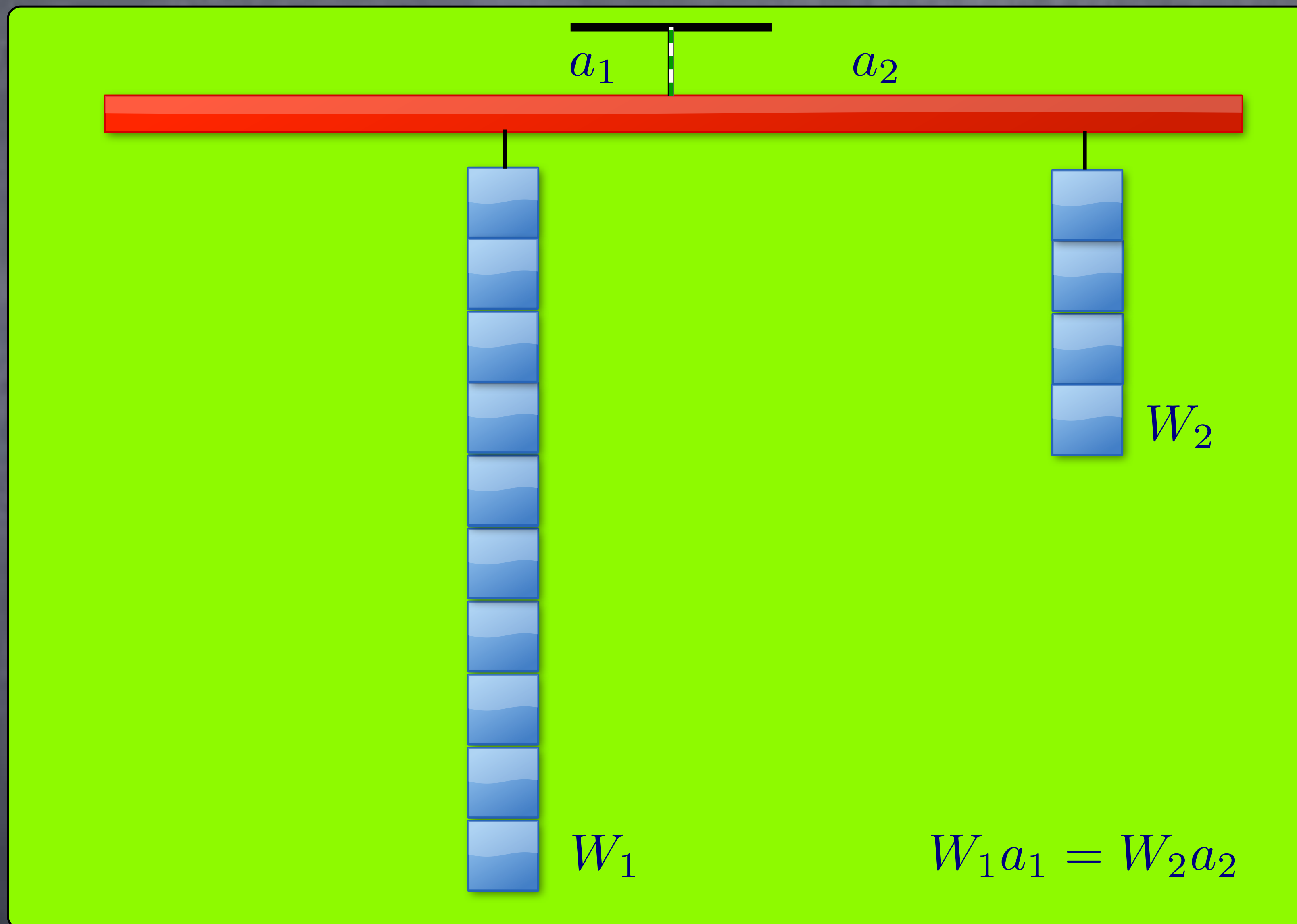
$$R_T \approx 6.500 \text{ km}$$

Arquímedes: ley de la palanca



Demostración de la Ley de la Palanca

Arquímedes: ley de la palanca

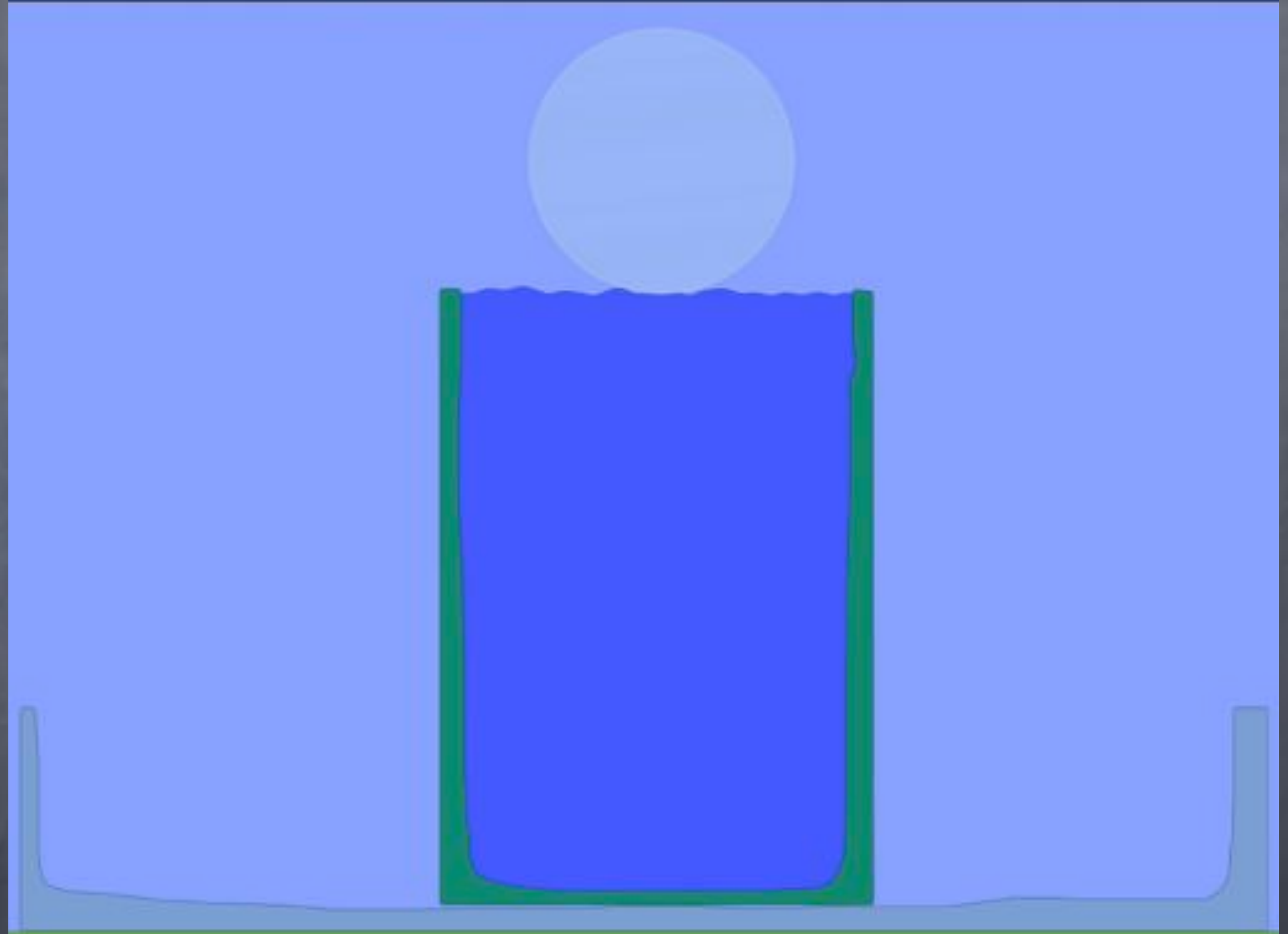


Arquímedes: composición de la corona del rey Hierón

Todo cuerpo sumergido en un fluido desaloja de fluido su propio volumen.

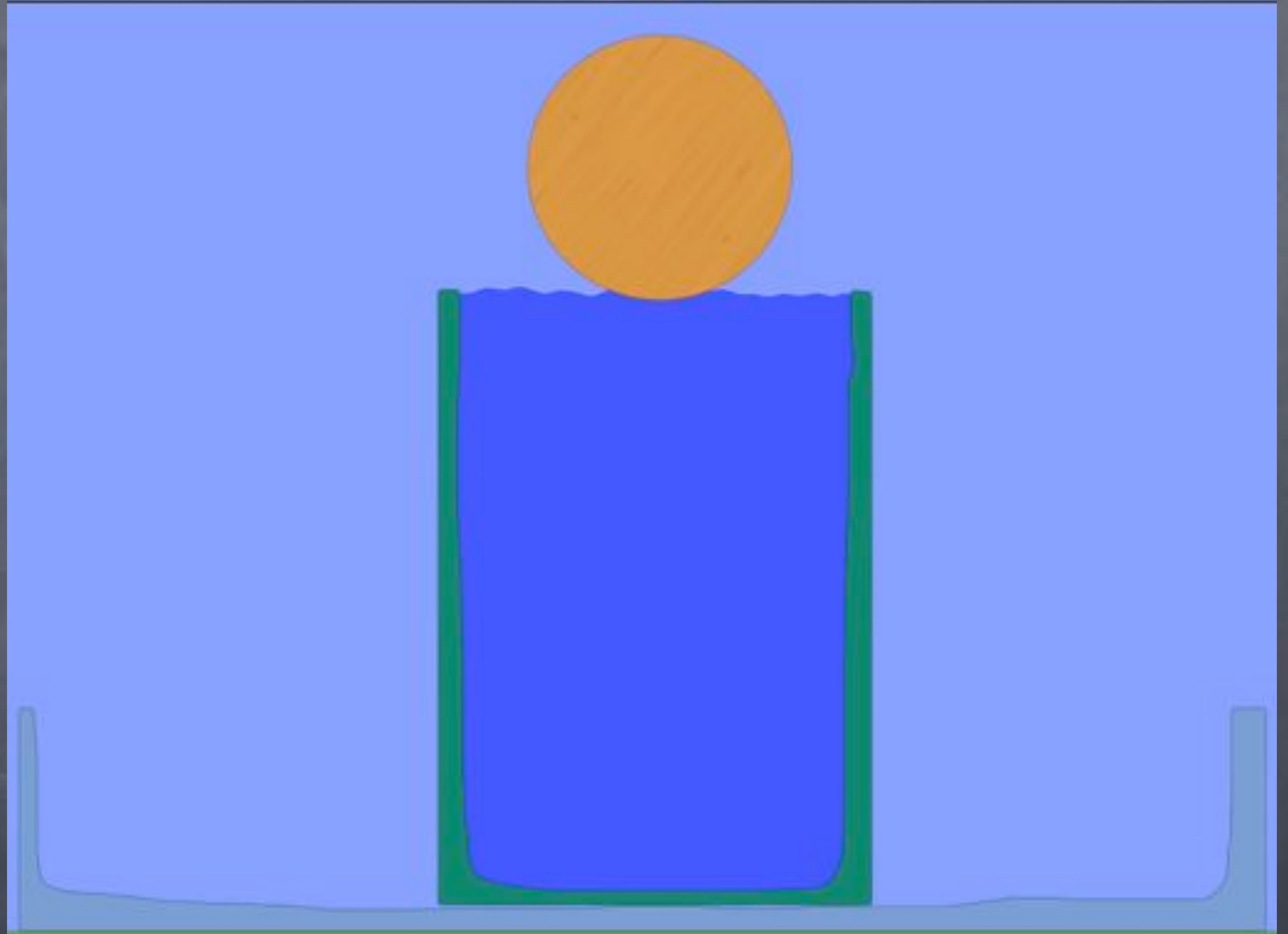
Si el cuerpo tiene una densidad mayor que la del fluido que le rodea, el empuje de Arquímedes sobre él será menor que su propio peso y el cuerpo se hundirá.

¡ Eureka !

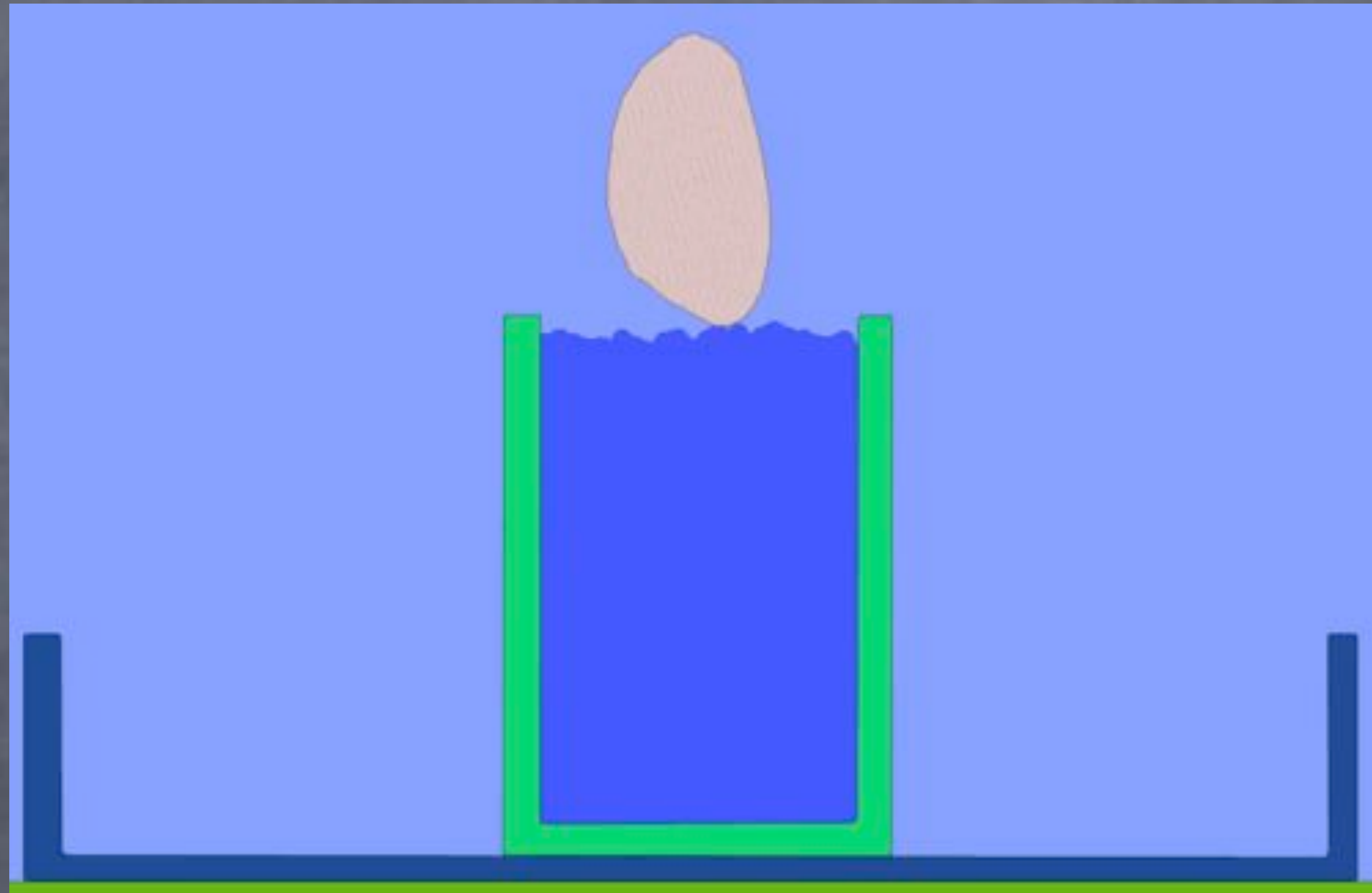


Arquímedes: composición de la corona del rey Hierón

Si la densidad de un cuerpo es menor que la del fluido que le rodea, el cuerpo no se sumergirá por completo y flotará, desalojando sólo el volumen de fluido cuyo peso iguale el suyo.

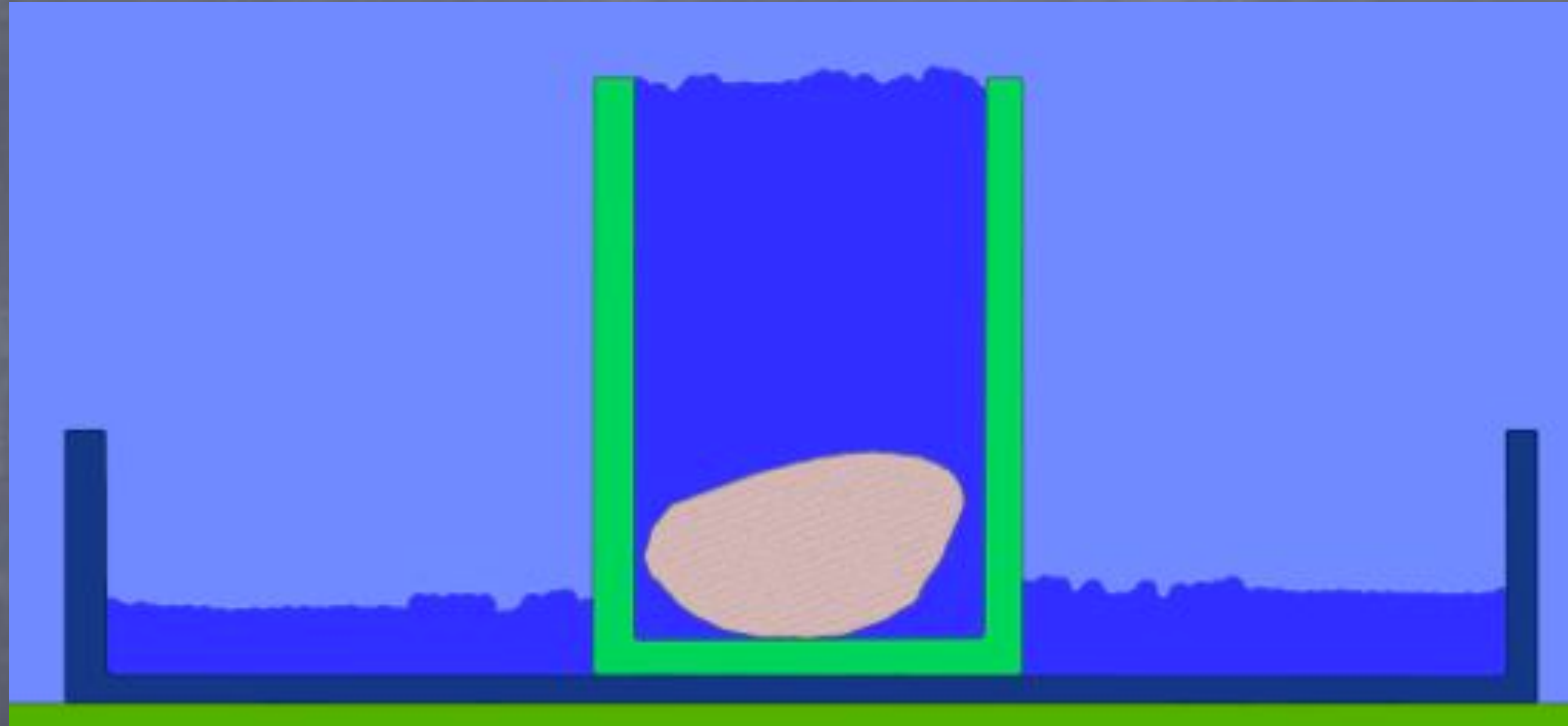


Arquímedes: determinar la densidad de un cuerpo



1. Medir su volumen.
2. Medir su masa midiendo el volumen de agua desalojada.

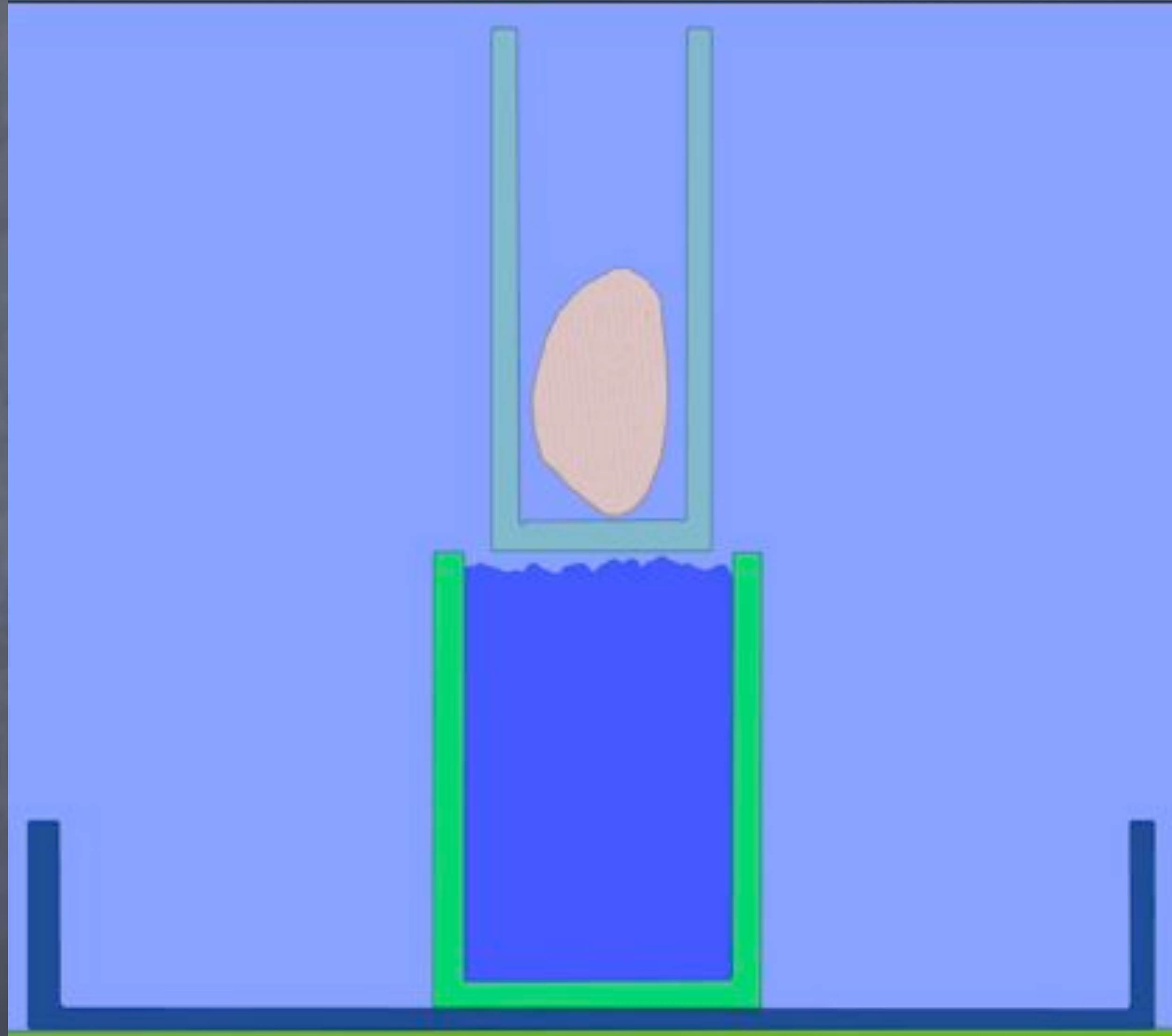
Arquímedes: determinar la densidad de un cuerpo



V_d

1. Medir su volumen.

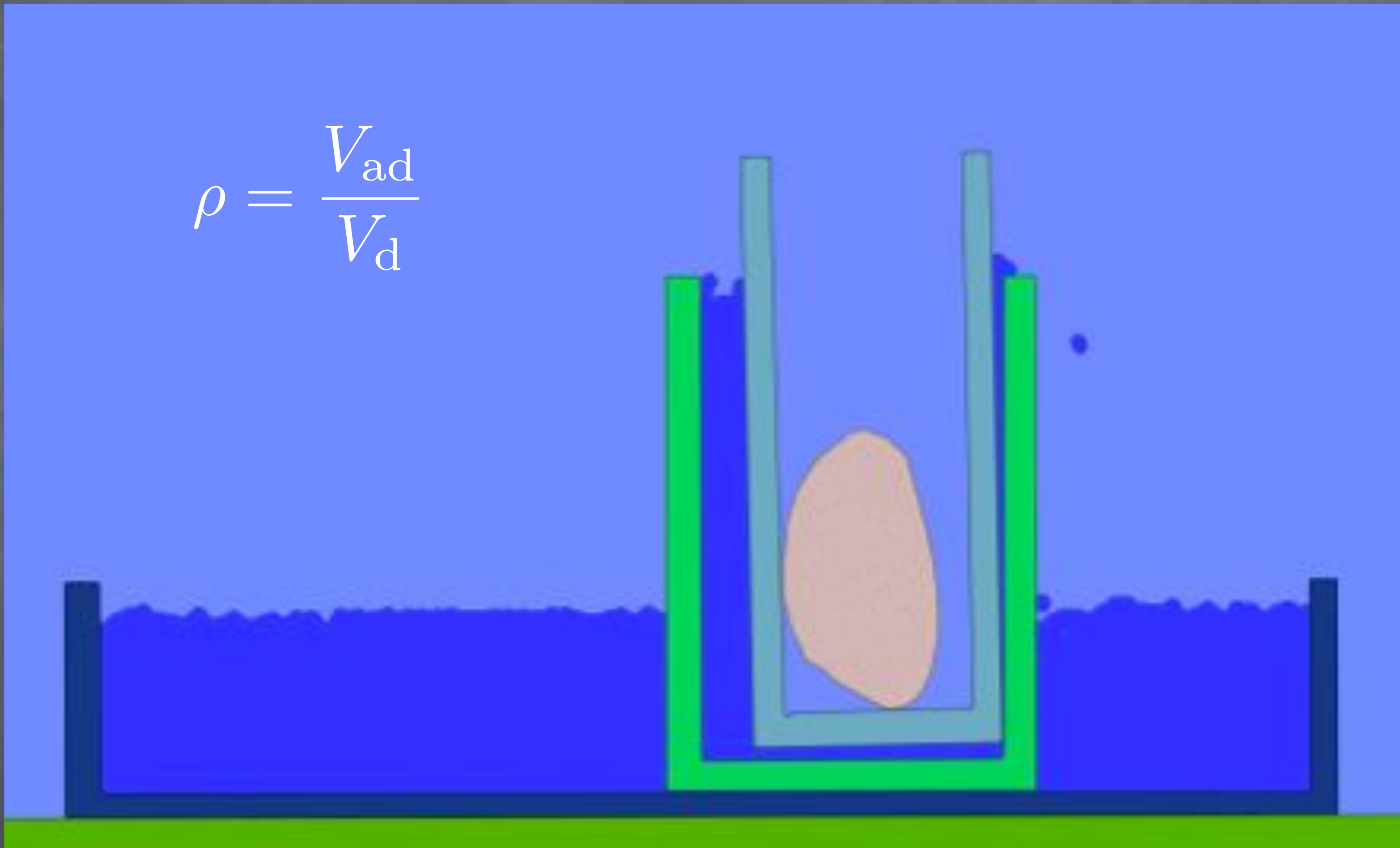
Arquímedes: determinar la densidad de un cuerpo



2. Medir su masa midiendo el volumen de agua desalojada.

Arquímedes: determinar la densidad de un cuerpo

$$\rho = \frac{V_{ad}}{V_d}$$



V_{ad}

2. Medir su masa midiendo el volumen de agua desalojada.

Arquímedes: composición de la corona del rey Hierón

¡Eureka!

Se toma la corona del rey Hierón y se toma una masa igual de oro puro. Es decir, una masa de oro que equilibre el peso de la corona en una balanza de dos brazos. Se toma otra masa de plata pura que equilibre también el peso de la corona

Se sumerge el bloque de oro puro en un recipiente con agua a rebosar y se mide el volumen de agua desalojada.

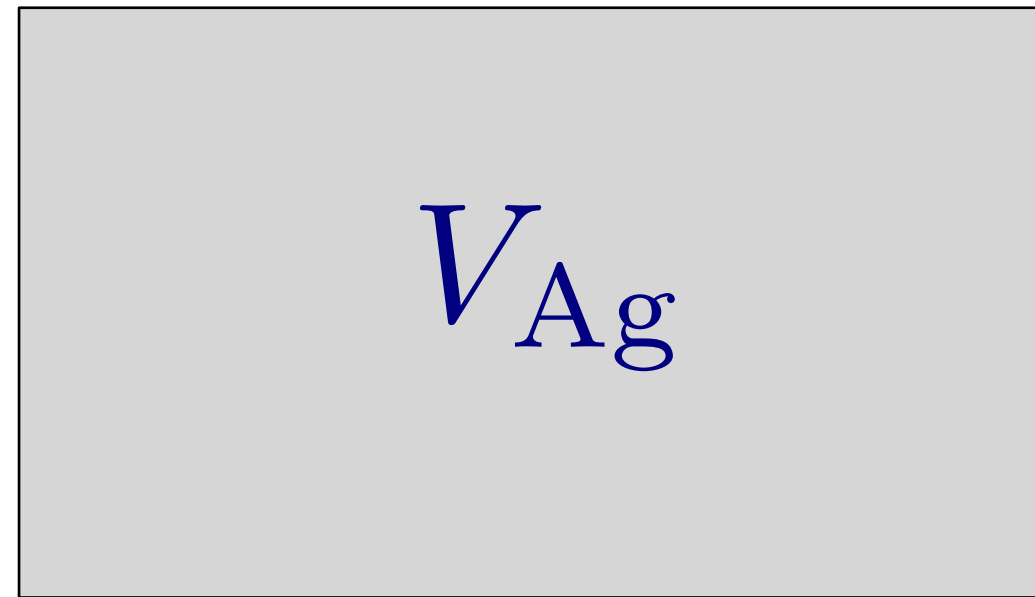
Se sumerge el bloque de plata pura en un recipiente con agua a rebosar y se mide el volumen de agua desalojada.

Posteriormente, se sumerge la corona en un recipiente con agua a rebosar y se mide el agua que desaloja.

Se comparan los volúmenes de agua desalojada por cada uno de los objetos.

Corona del rey Hierón de Siracusa. Versión de Vitruvio

Ag



$$V_{\text{Ag}} = \frac{m_{\text{C}}}{\rho_{\text{Ag}}}$$



$$m_{\text{C}} = m_{\text{Au}} + m_{\text{Ag}}$$

$$V_{\text{C}} = m_{\text{Au}}\rho_{\text{Au}} + m_{\text{Ag}}\rho_{\text{Ag}}$$

Au



$$V_{\text{Au}} = \frac{m_{\text{C}}}{\rho_{\text{Au}}}$$

$$m_C = m_{Au} + m_{Ag}$$

$$V_C = \frac{m_{Au}m_C}{V_{Au}} + \frac{m_{Ag}m_C}{V_{Ag}}$$

Proporción de plata en la corona: masa de plata a masa total

$$p = \frac{m_{Ag}}{m_C} = \frac{V_C - V_{Au}}{V_{Ag} - V_{Au}}$$

$$V_C = V_{Au} \rightarrow p = 0$$

$$V_C = V_{Ag} \rightarrow p = 1$$

Arquímedes: composición de la corona del rey Hierón

Densidad del oro

$$\rho_{Au} = 20 \text{ gcm}^{-3}$$

Densidad de la plata

$$\rho_{Ag} = 10 \text{ gcm}^{-3}$$

Volumen de agua desalojado por el oro puro

$$V_{Au}$$

Volumen de agua desalojado por la plata pura

$$V_{Ag}$$

Volumen de agua desalojado por la corona

$$V_C$$

Si el volumen de agua desalojado por la corona es el mismo que el volumen desalojado por el bloque de oro, la corona es de oro.

Si el volumen de agua desalojado por la corona es mayor que el desalojado por el bloque, la corona tendrá un cierto porcentaje de plata.

$$p = \frac{m_{Ag}}{m_C} = \frac{V_C - V_{Au}}{V_{Ag} - V_{Au}}$$

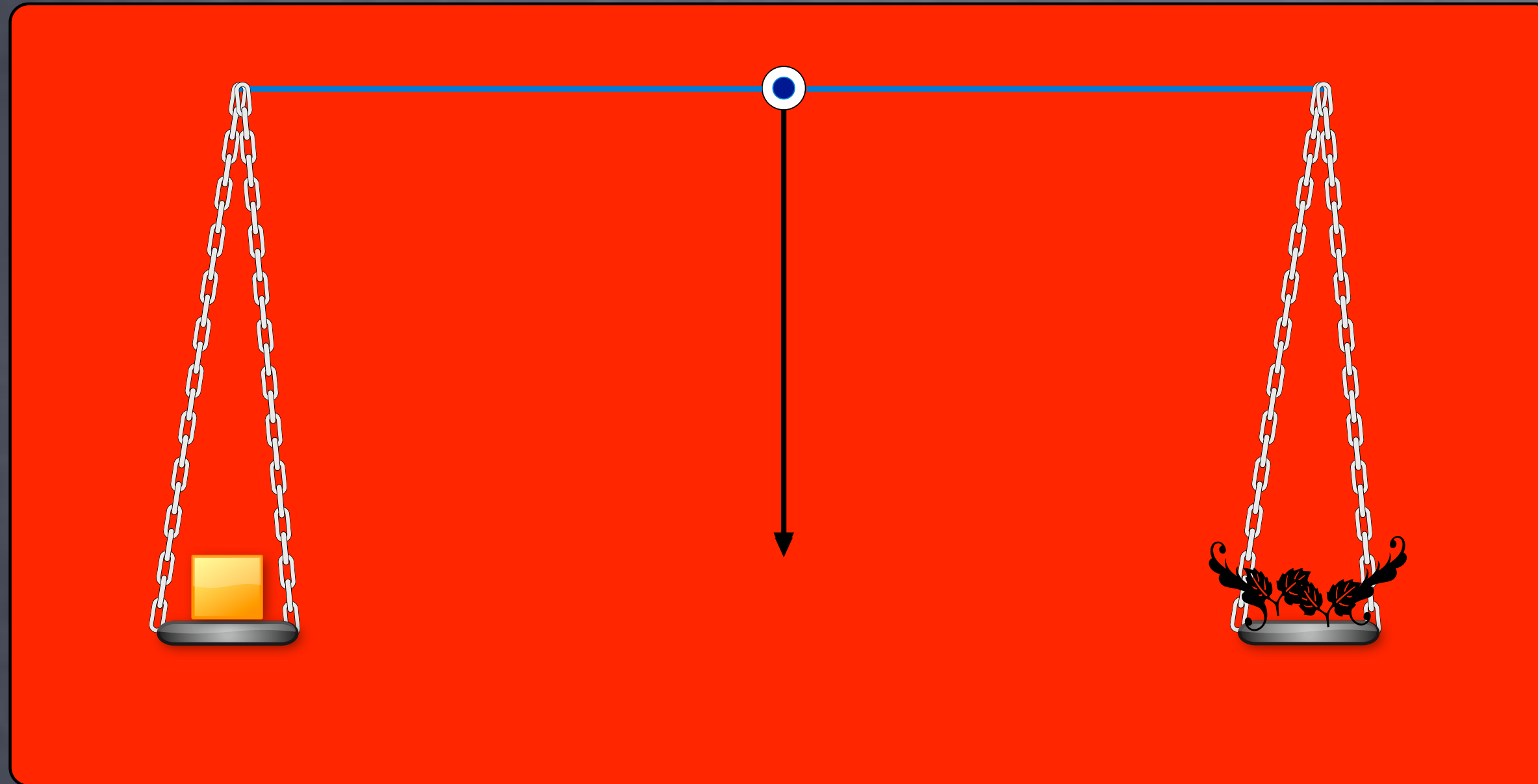
Porcentaje en oro de la corona del rey Hierón de Siracusa

Arquímedes: composición de la corona del rey Hierón

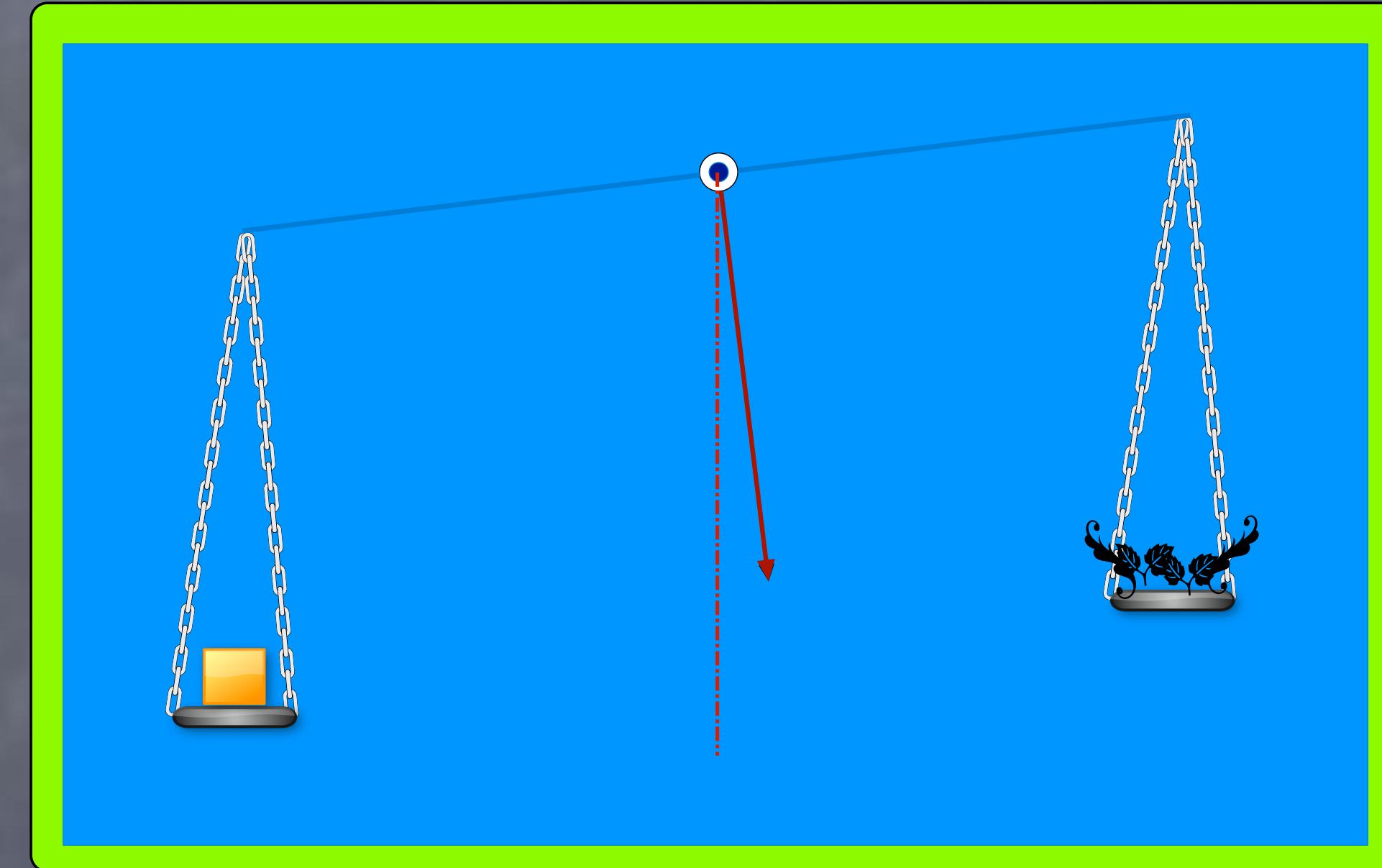
Una corona de unos 800 g de masa hecha de oro puro (se conocen coronas de esa época) tiene un volumen de unos 40 centímetros cúbicos, mientras que una corona de la misma masa pero hecha con un 20% de plata (admitiendo que el orfebre no es muy codicioso) tendría un volumen de unos 48 centímetros cúbicos, por lo que la diferencia en volumen sería de unos 8 centímetros cúbicos, un volumen muy pequeño como para que Arquímedes pudiera medirlo sin error.

$$\Delta V_C = 8 \pm 10 \text{ cm}^3$$

Arquímedes: composición de la corona del rey Hierón



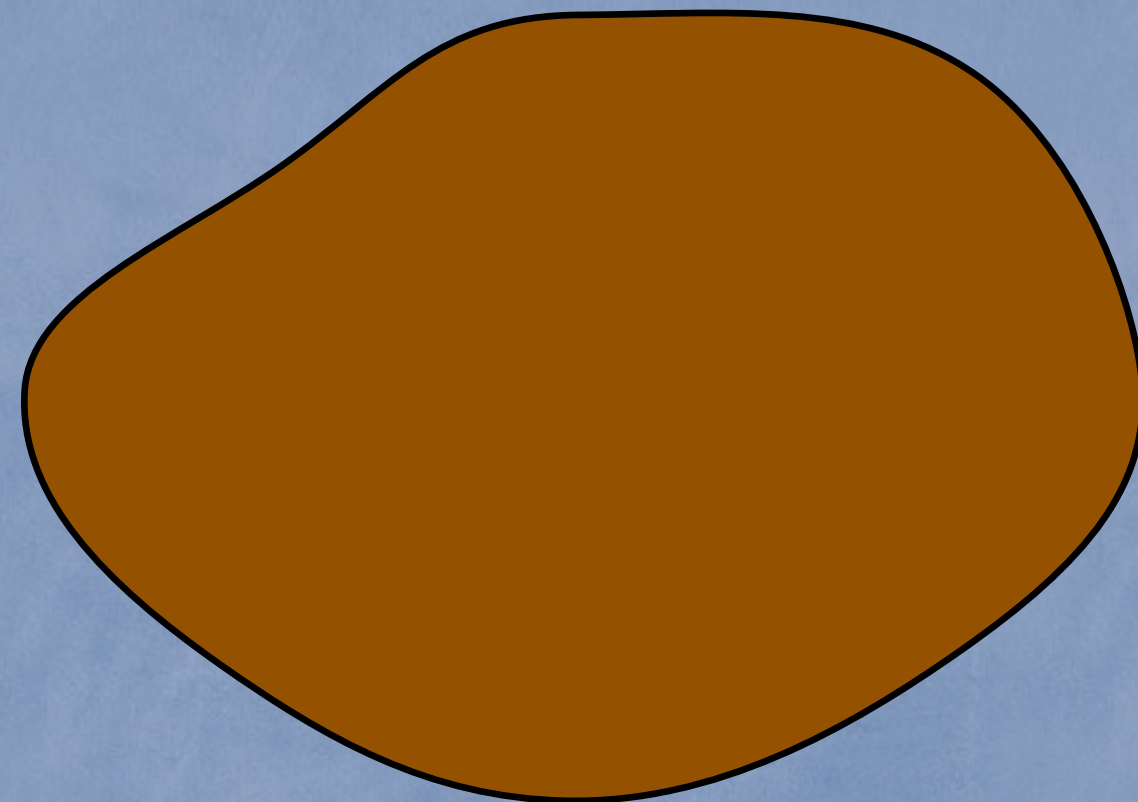
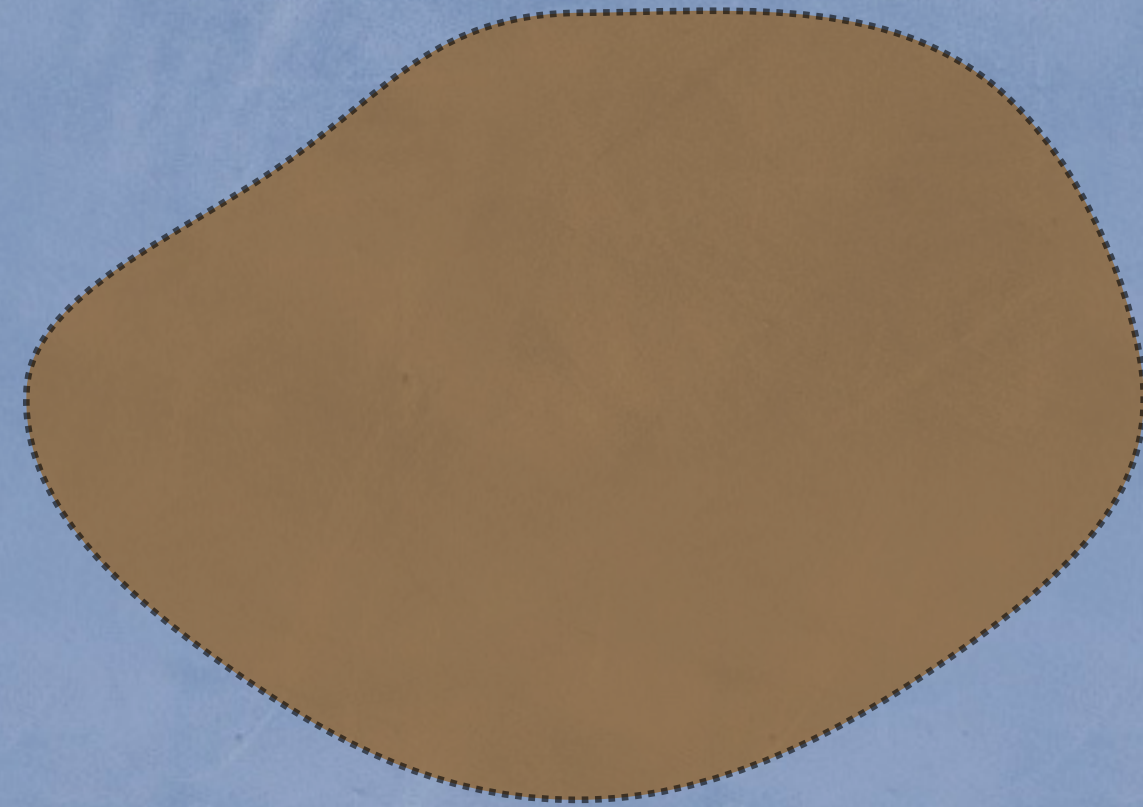
El bloque de oro y la corona equilibran los dos brazos de una balanza



Si el conjunto se sumerge en agua, si la corona no es de oro puro experimentará mayor empuje que el bloque de oro y la balanza se desequilibrará.

Aristóteles: caída de graves

Los cuerpos pesados caen más rápido que los cuerpos ligeros.



Aristóteles: caída de graves

$$v \approx \frac{\text{causa efectiva}}{\text{resistencia}} \rightarrow v \approx \frac{F}{R}$$

Para mantener un cuerpo en movimiento con velocidad constante, es necesario aplicarle una fuerza.

Teoría sobre el movimiento de los cuerpos

Aristóteles: caída de graves

Segunda ley de Newton

$$\frac{\text{cambio en velocidad}}{\text{tiempo}} = \frac{\text{fuerza}}{\text{masa}} \rightarrow \frac{dv}{dt} \approx \frac{F}{m}$$

Caída de graves con rozamiento

$$m \frac{dv}{dt} = mg - Rv$$

$$\frac{dv}{dt} = g - \frac{R}{m}v$$

Aristóteles: caída de graves

$$\frac{dv}{dt} = g - \frac{R}{m}v$$

Integrando

$$v = \frac{mg}{R} \left(1 - e^{-\frac{R}{m}t} \right)$$

$$v = \frac{mg}{R} \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right) \quad \tau \rightarrow \infty \quad v \rightarrow \frac{mg}{R} = \frac{F}{R}$$

Para cuerpos ligeros moviéndose con rozamiento, se cumple la teoría de Aristóteles

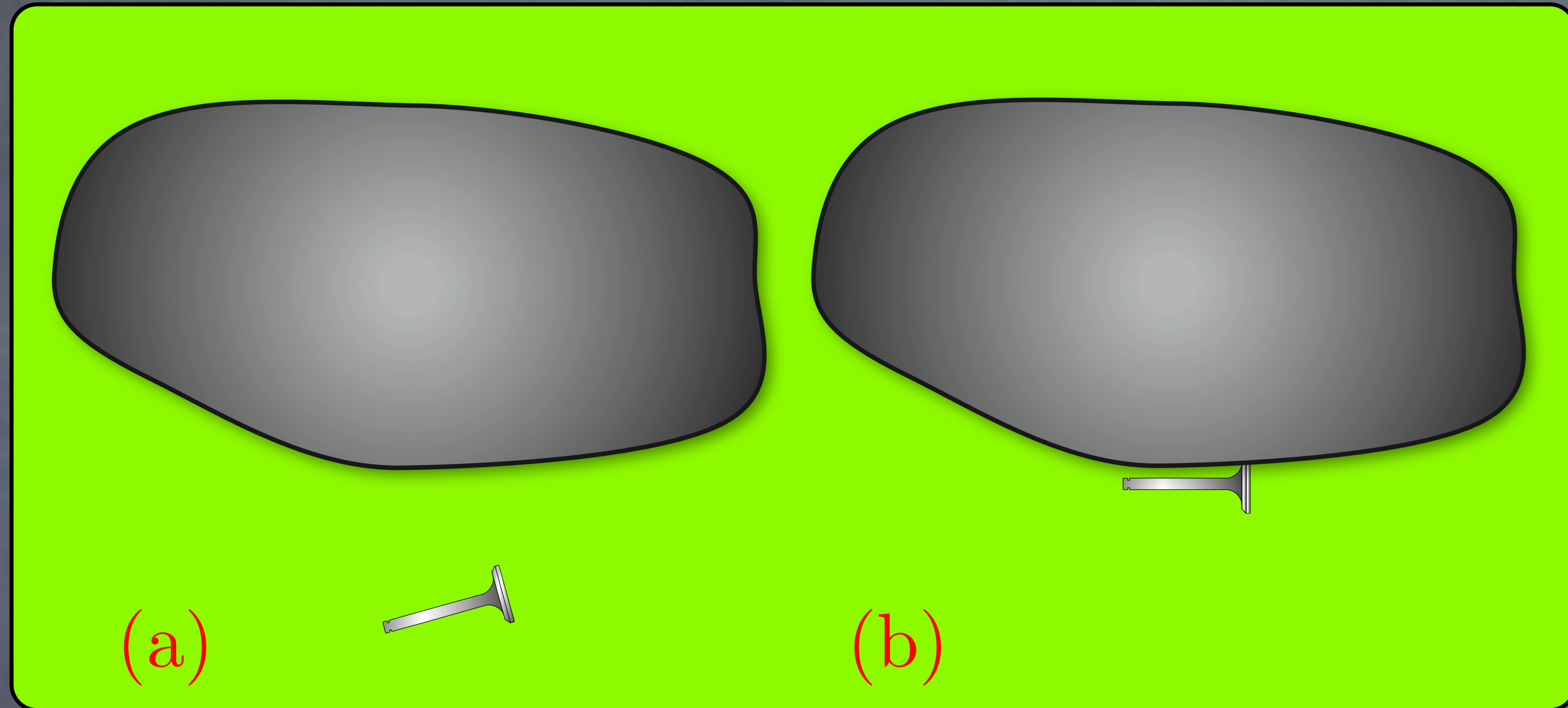
Aristóteles: experimentos de electrostática y magnetismo



Electricidad.

Una barra de ámbar (**electros**, en griego) frotada previamente con lana, es capaz de atraer cuerpos ligeros como, por ejemplo, una semilla de diente de león, moviéndola contra su tendencia natural que es caer a tierra. Una vez la semilla toca la barra, es repelida y se aleja de la barra.

Aristóteles: experimentos de electrostática y magnetismo



Magnetismo.

Una piedra de mineral de hierro de las minas de **Magnesia** es capaz de atraer un pequeño clavo de hierro y elevarlo del suelo, desplazándolo en contra de su movimiento natural hacia tierra.



FIN

Experimentos importantes en la
Historia de la Física

Grecia clásica

Prof. J Güémez
Departamento de Física Aplicada
Universidad de Cantabria

Facultad de Ciencias, enero 2018