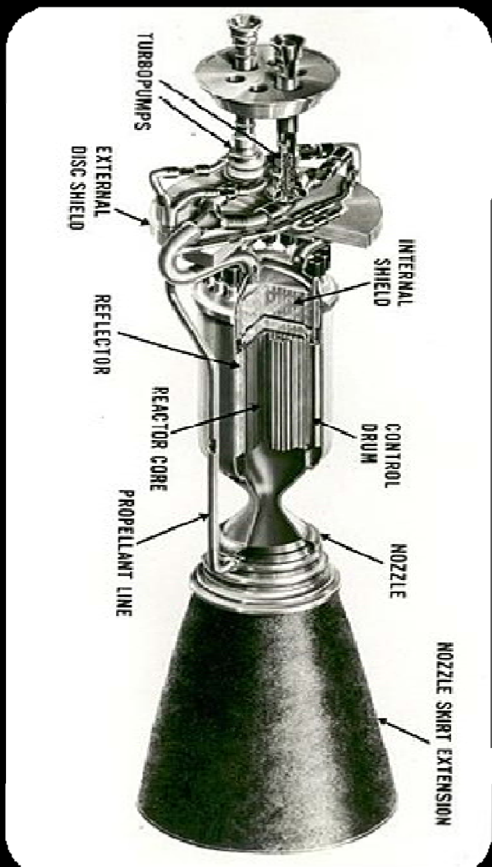
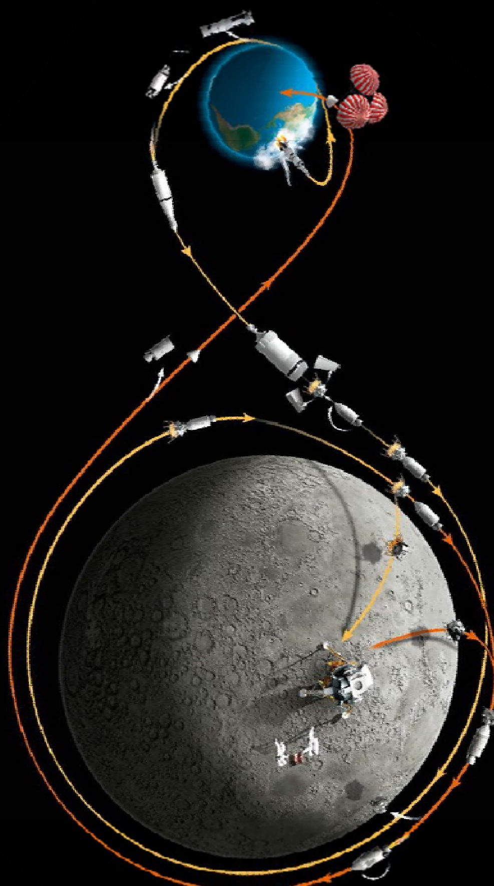
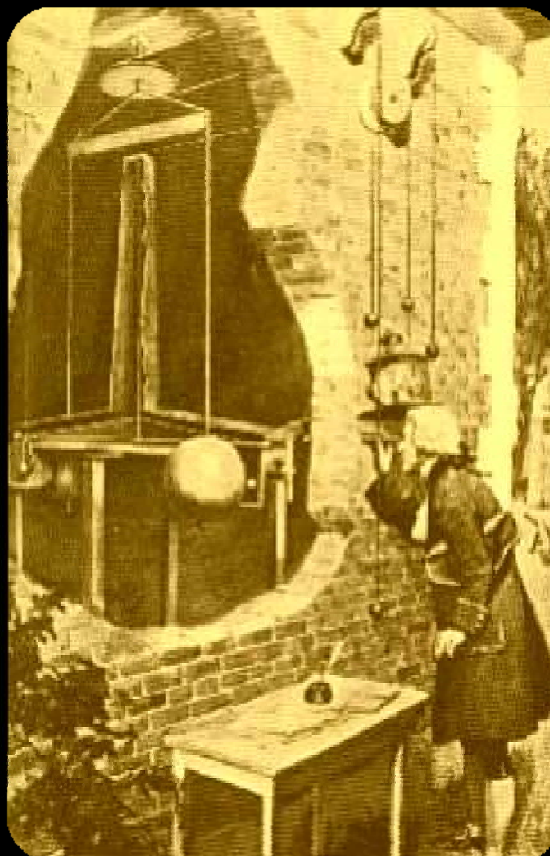
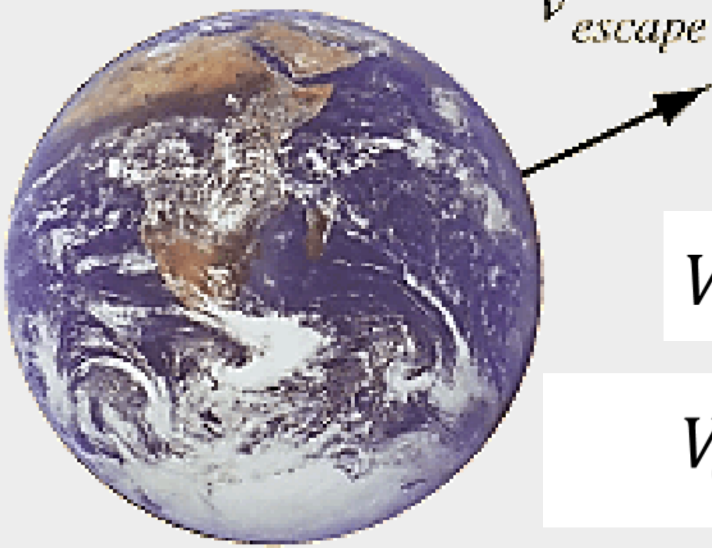
Apollo 11:
Tre tappe scientifiche che hanno condotto l’uomo sulla Luna









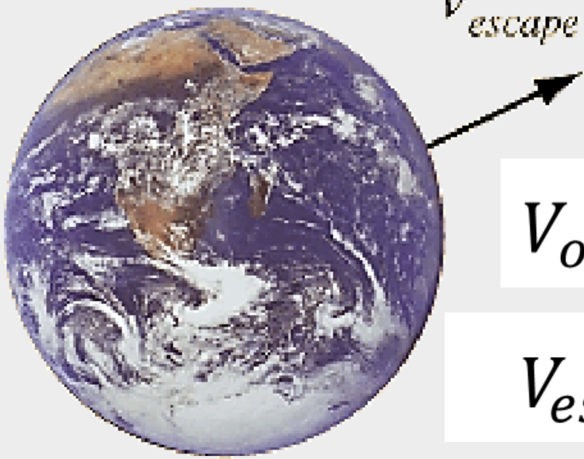
$$v_{escape} = 11.2\ km / s$$

$$V_{orb} = \sqrt{gR}$$

$$V_{esc} = \sqrt{2gR}$$

- ❑Concetto di Velocità V
- ❑ Misura Raggio della Terra R
- ❑ Concetto di accelerazione di Gravità g
- ❑ Numeri irrazionali $\sqrt{2}$

Tre passi fondamentali



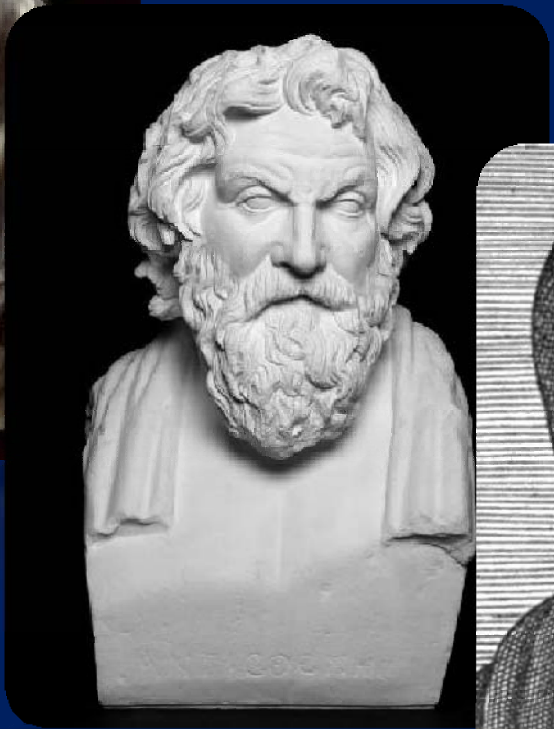
$$v_{escape} = 11.2\ km/s$$

$$V_{orb} = \sqrt{gR}$$

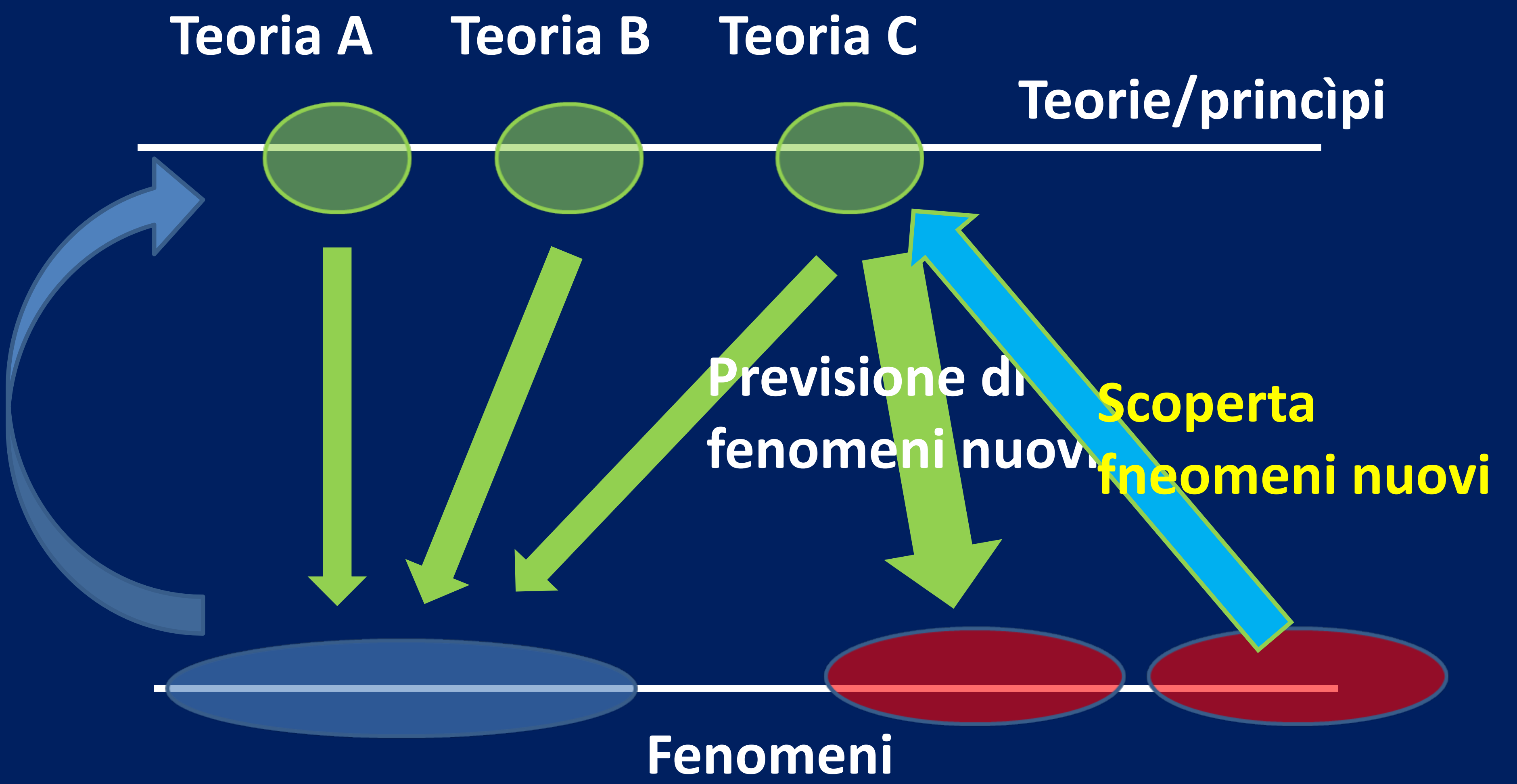
$$V_{esc} = \sqrt{2gR}$$

- ❑ Modellizzare il mondo con la matematica
- ❑ La scoperta della accelerazione
- ❑ La scoperta della caduta della Luna

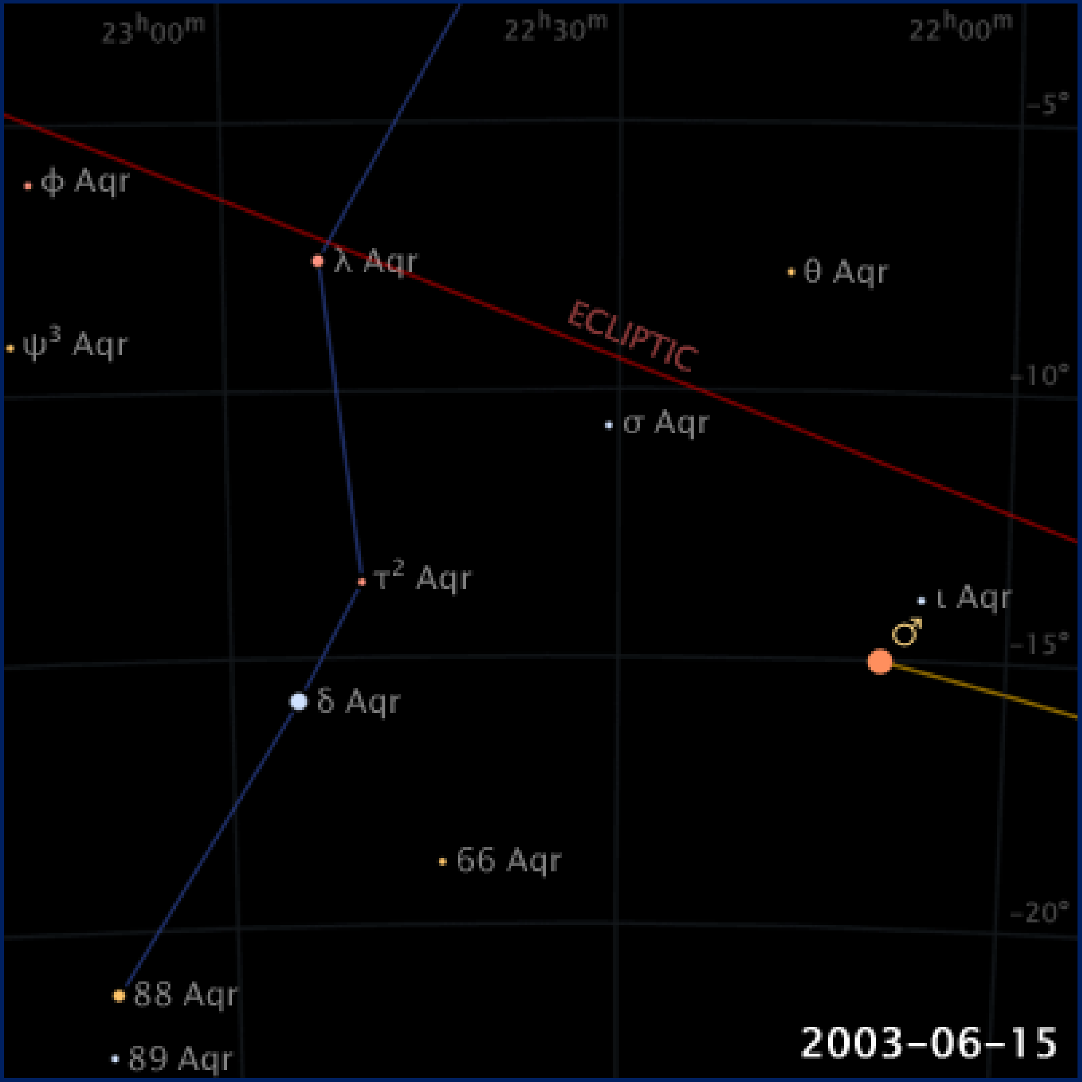
I PASSO: Modellizzare il mondo con la matematica



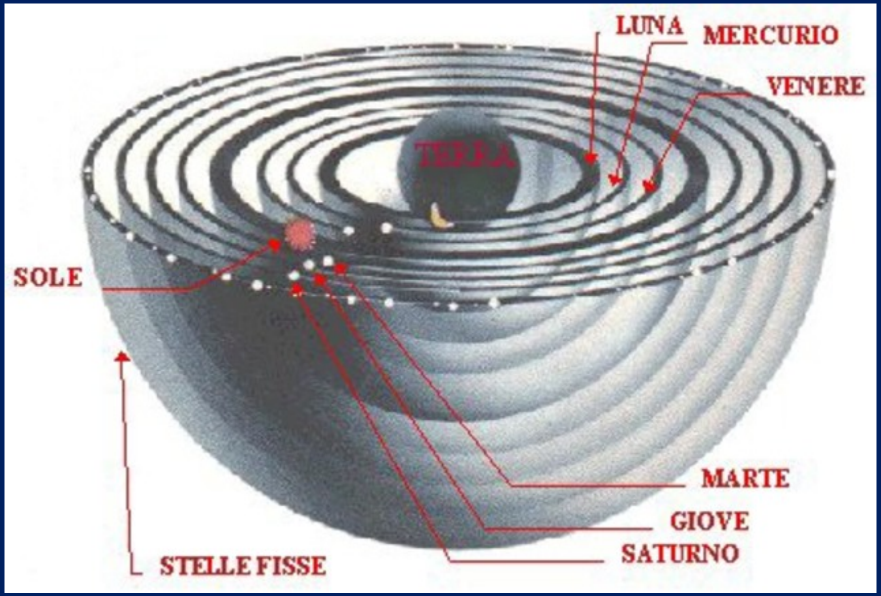
Le teorie devono salvare i fenomeni

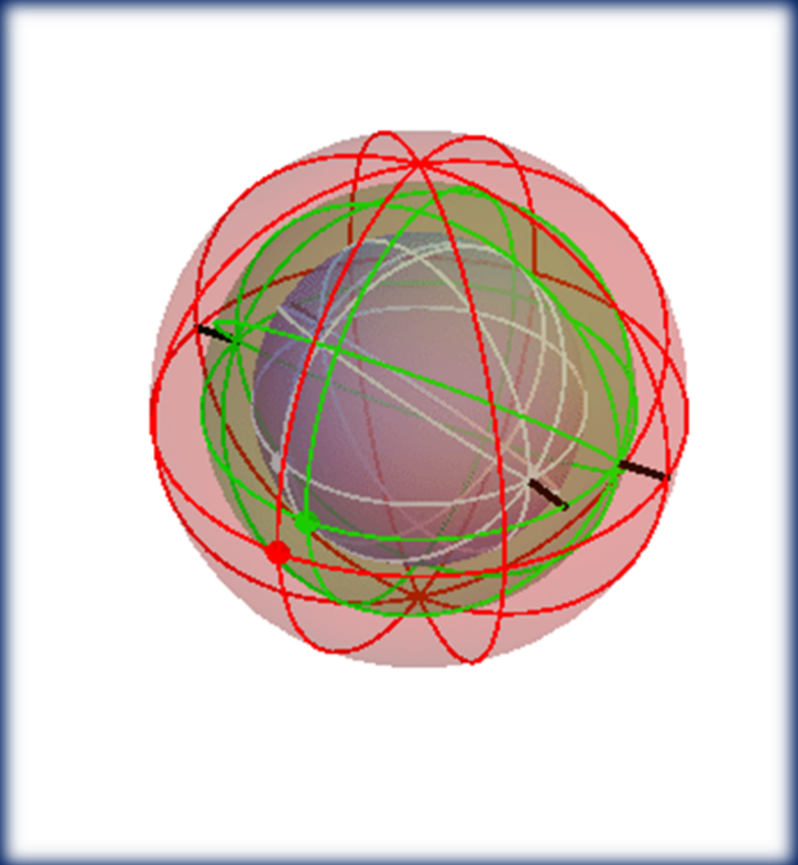


Fenomeni: retrogradazioni planetarie; cambiamento luminosità pianeti



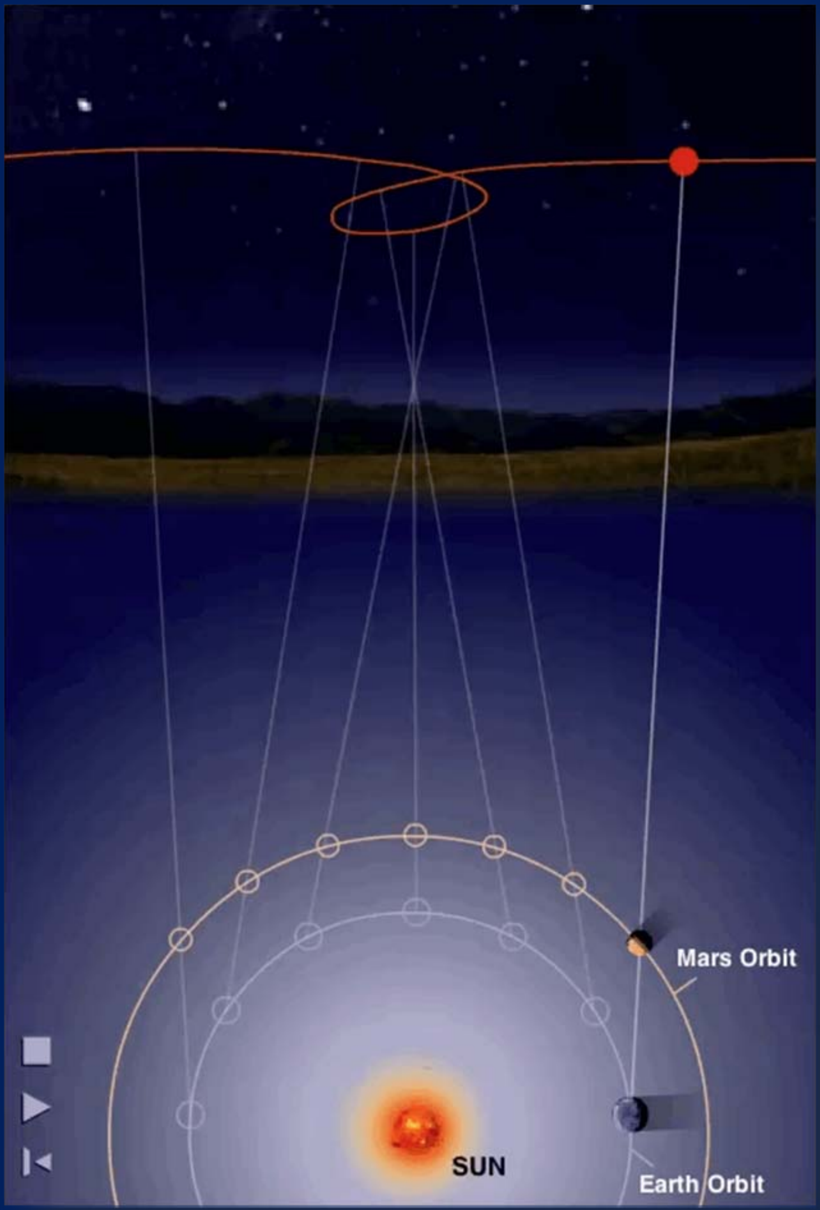
Le sfere omocentriche di Eudosso di Cnido (-IV)





Questo modello non spiegava la diversa luminosità dei pianeti nel tempo

Eliocentrismo

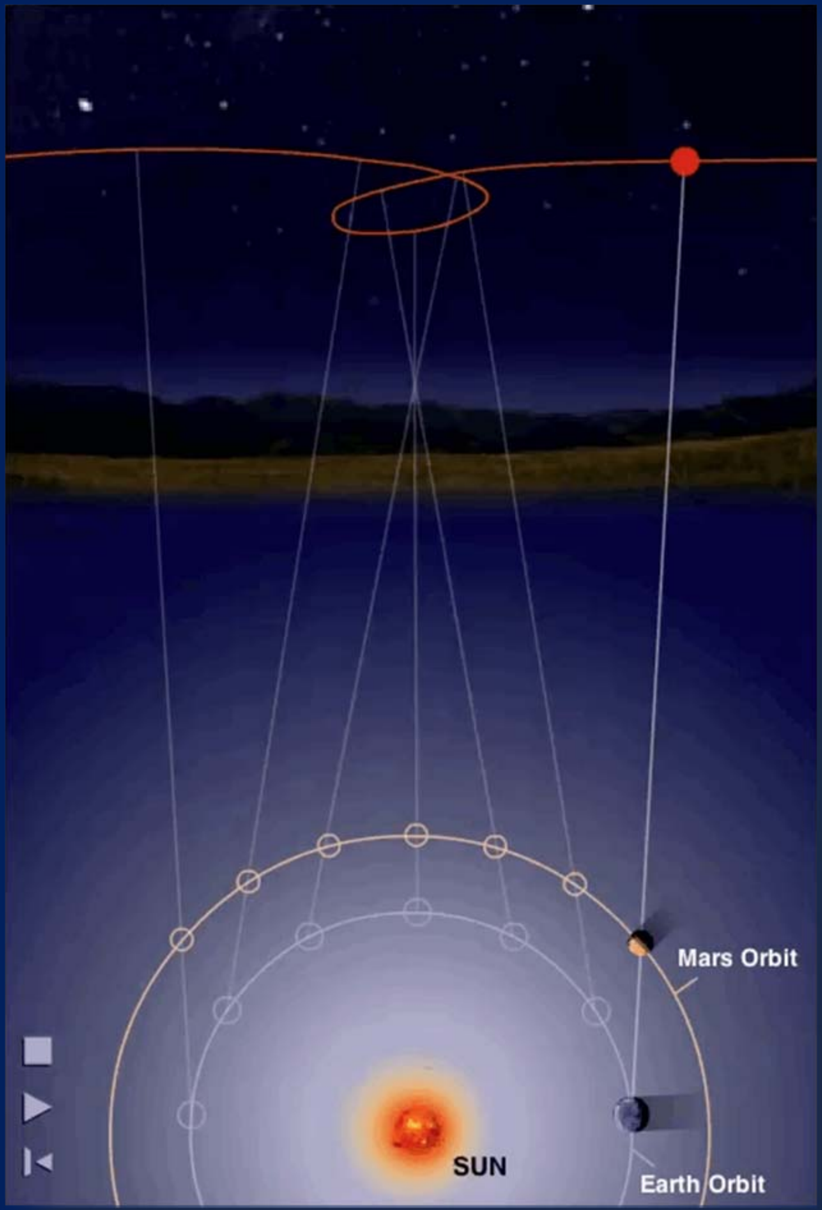


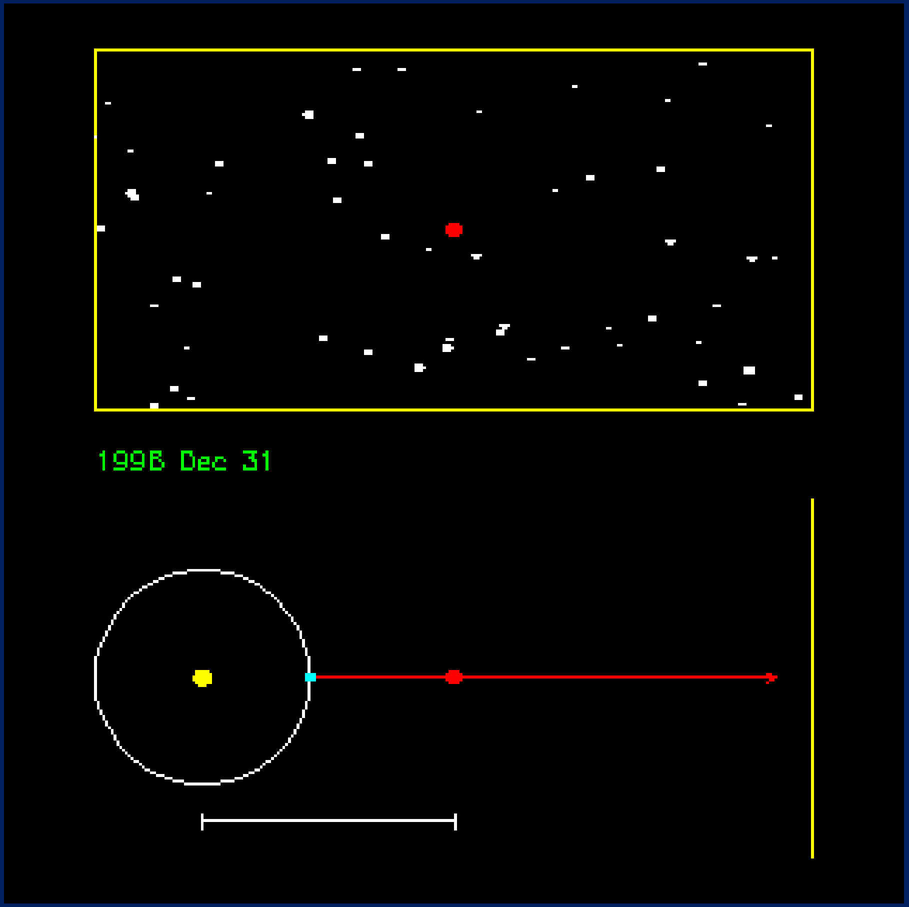
1) Spiega le retrogradazioni

2) Spiega la diversa luminosità nel tempo

3) Spiega perché i cappi sono più piccoli per pianeti più lontani

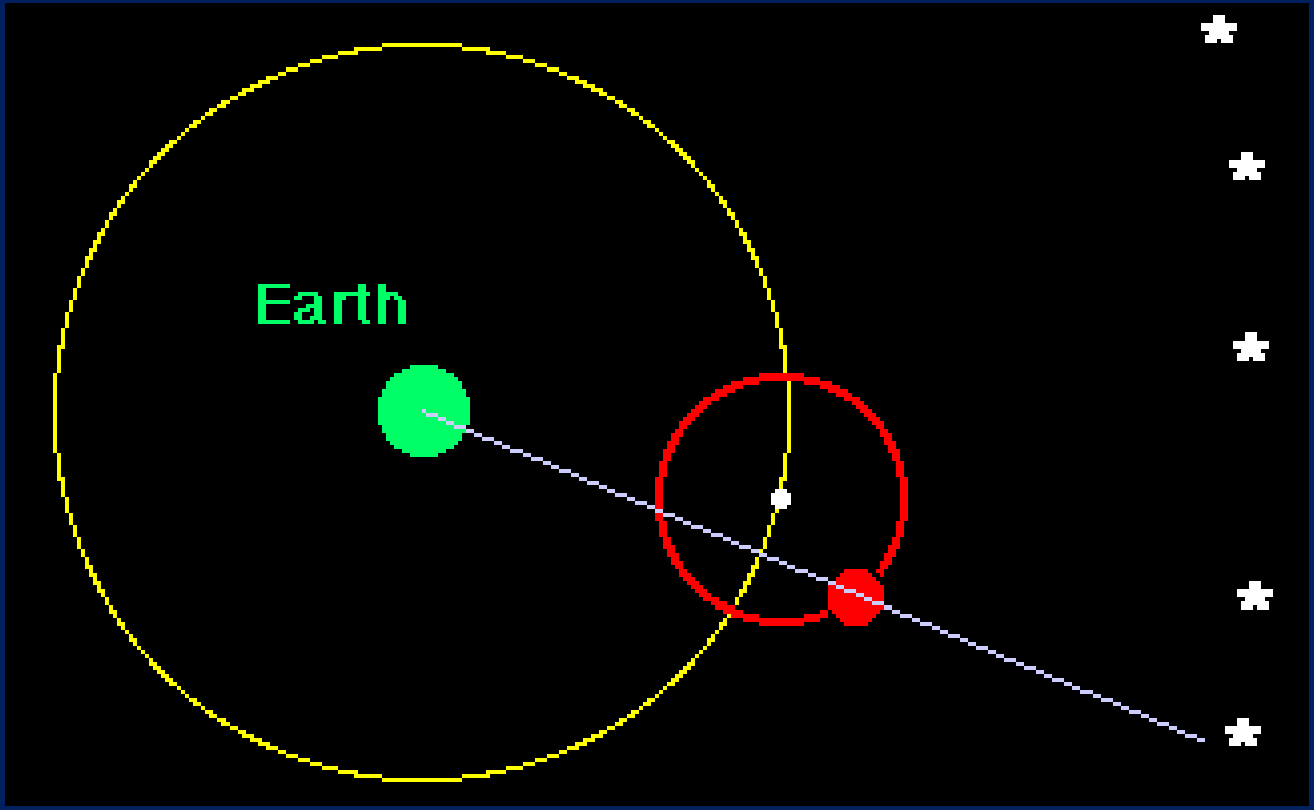
Eliocentrismo





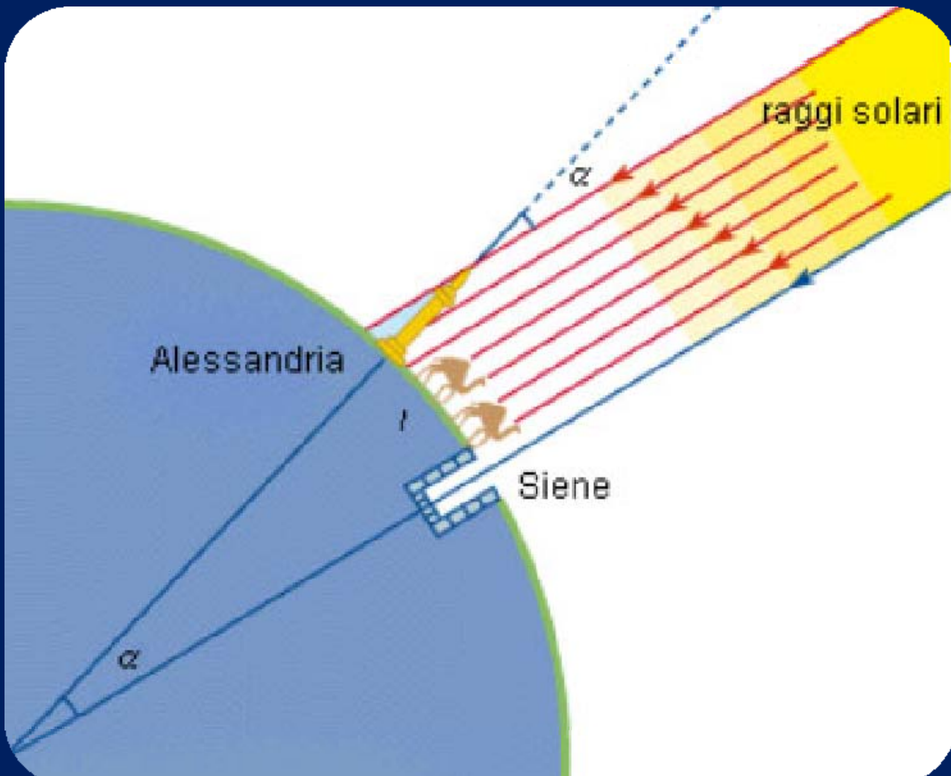
Perché la terra che è un mondo si comporta come un pianeta? Perché non percepiamo il moto della Terra?

Epicicli e deferenti



Non spiega perché gli epicicli hanno quelle dimensioni e non altre

Eratostene (276 a.C. –194 a.C.) misura la circonferenza terrestre!



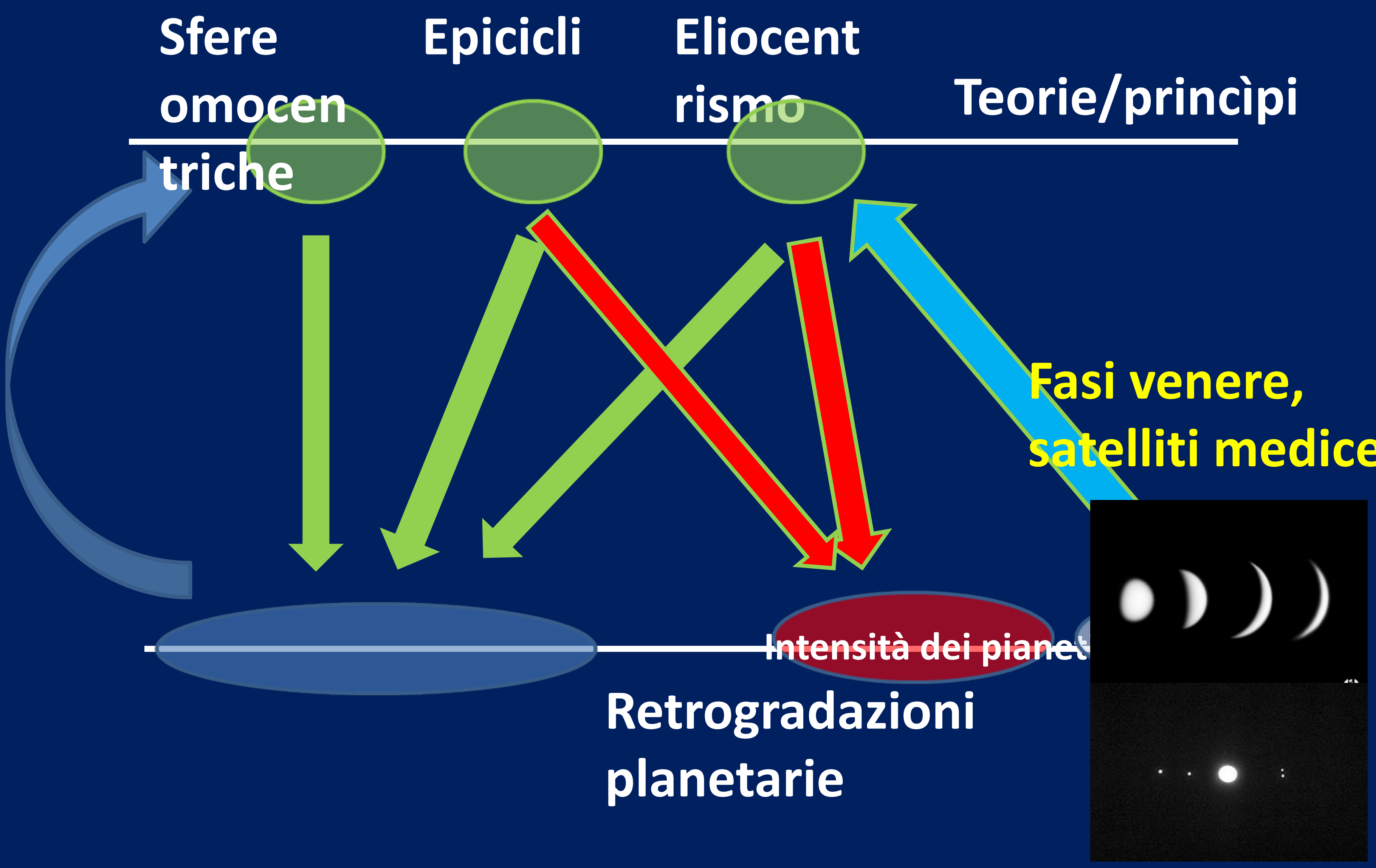
X stadi: 5000 stadi = 360° : 7°

X=5000x360/7=257.000 stadi

Ipparco ricava la distanza della Luna in 60 diametri terrestri

L'Universo ha così una dimensione in stadi già nel III secolo a.C.!

Le teorie devono salvare i fenomeni



II PASSO: La scoperta della accelerazione

Il problema del rapporto tra grandezze

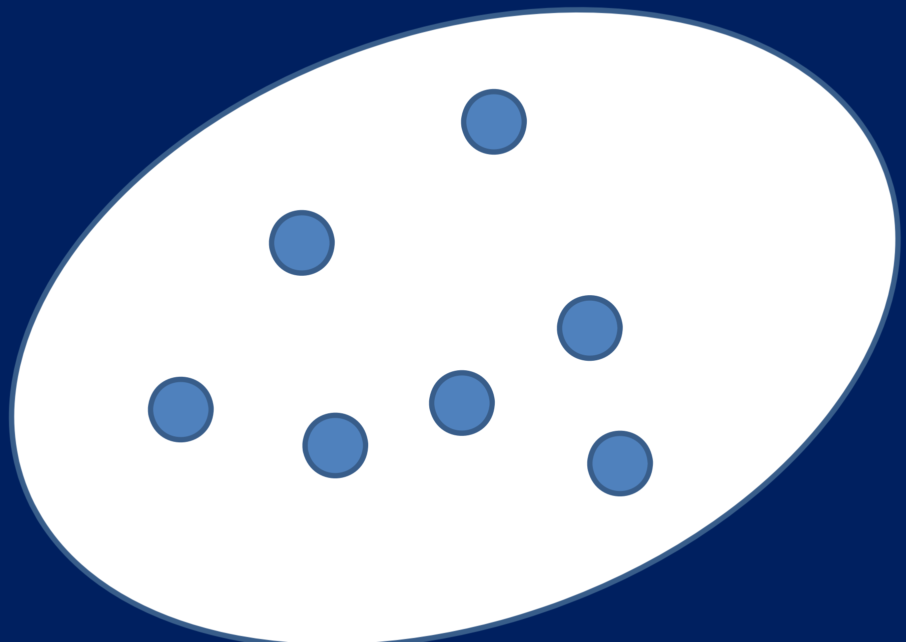
$$V = \frac{S}{T}$$

Definire V in quel modo implica

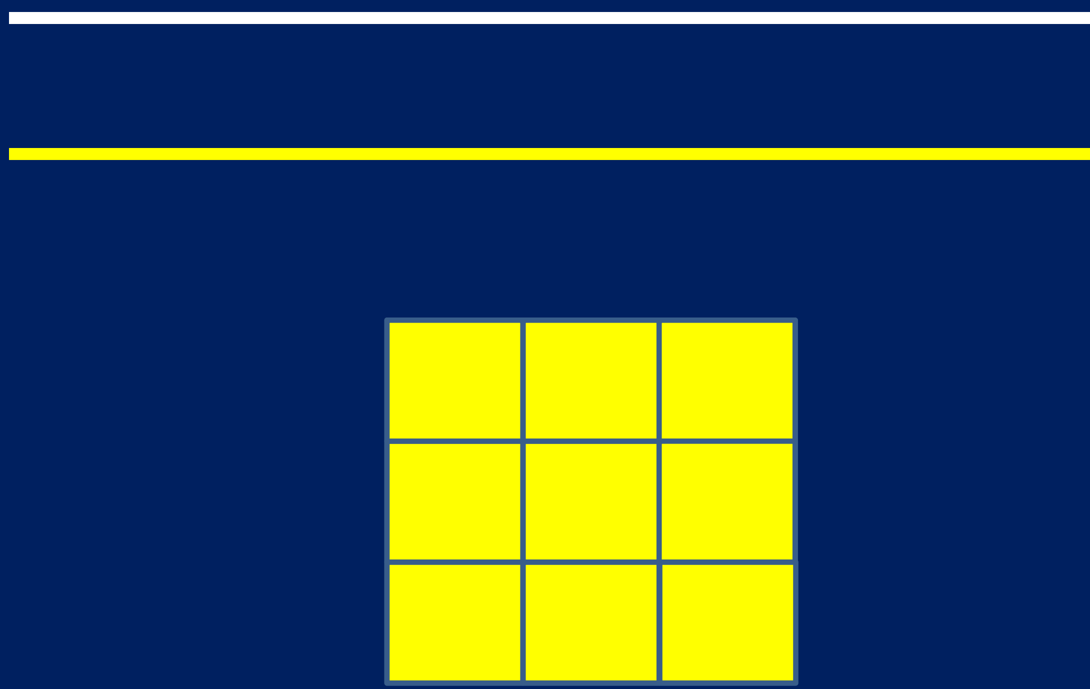
a) definire cosa vuol dire misurare una grandezza;
b) stabilire che significa rapporto tra due grandezze a e b

Ἀριθμὸς δὲ τὸ ἐκ μονάδων συγκείμενον πλῆθος.

Numero è una pluralità composta da unità[8].

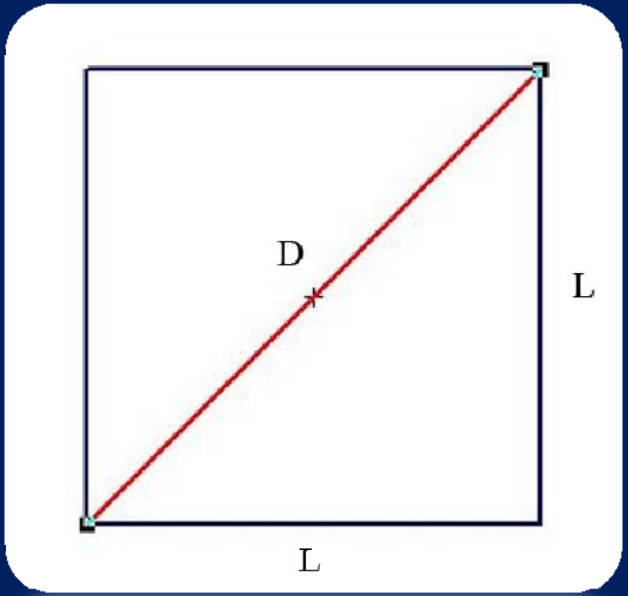


Misurare per i Pitagorici significa contare quante volte una unità scelta entra in una grandezza ad essa omogenea: rapporto tra grandezze

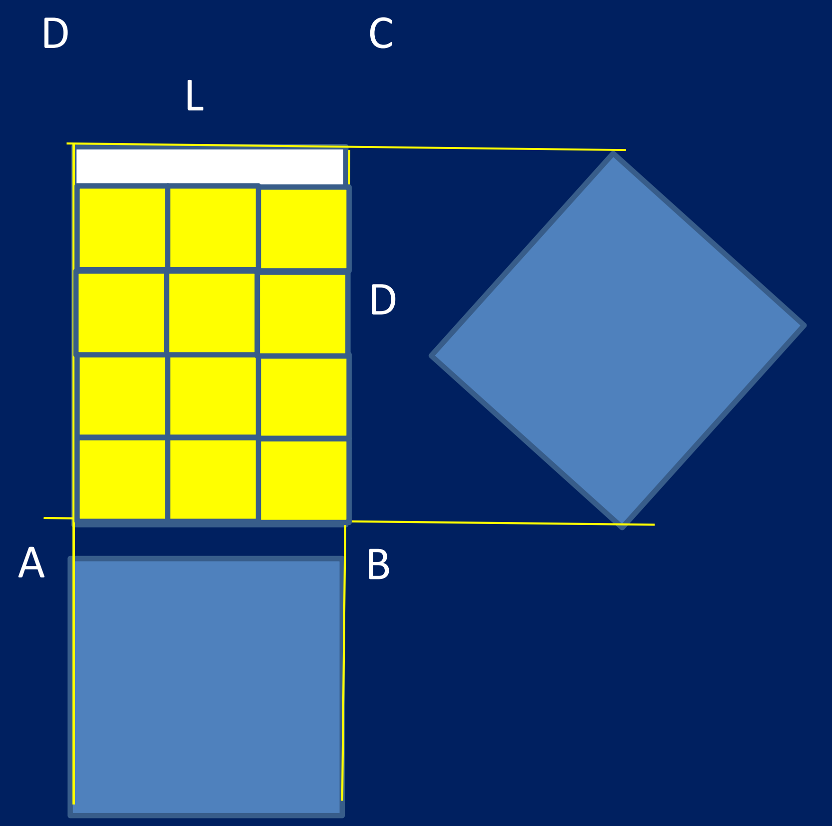


- Pitagorici: due grandezze *a* e *b* hanno rapporto SSE esiste una grandezza omogenea che entra un numero intero di volte nell’una (m) e nell’altra (n)

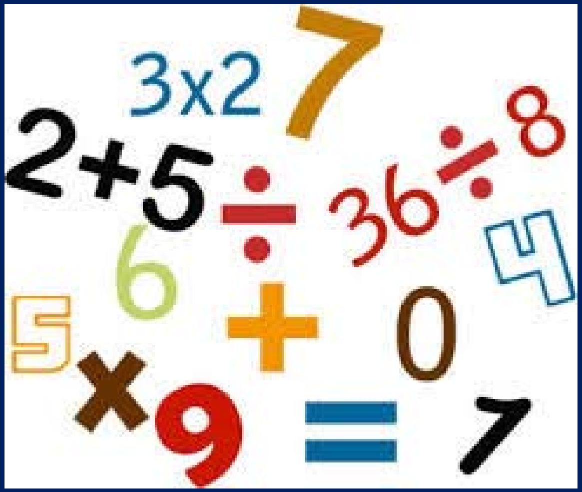
- Ma esistono grandezze incommensurabili, ovvero che non hanno rapporto nel senso suddetto pur potendo dall’uno sottrarre l’altro.

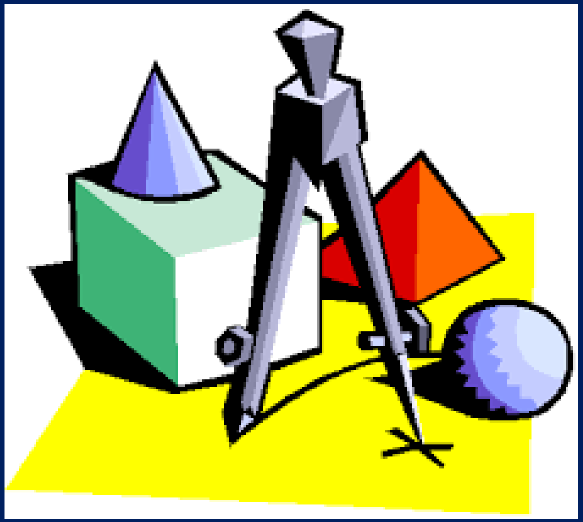


Impossibilità di misurare aree

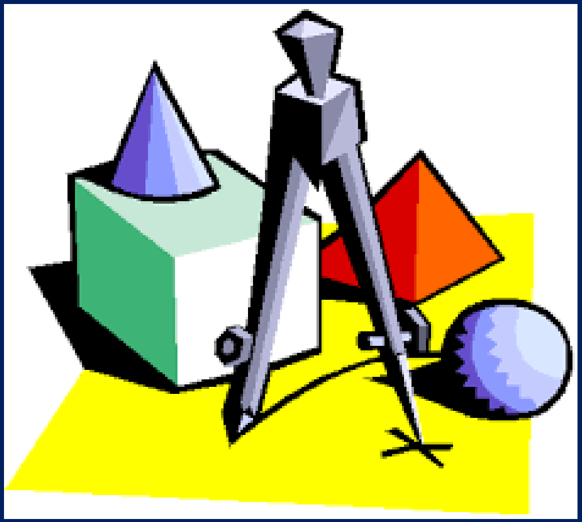


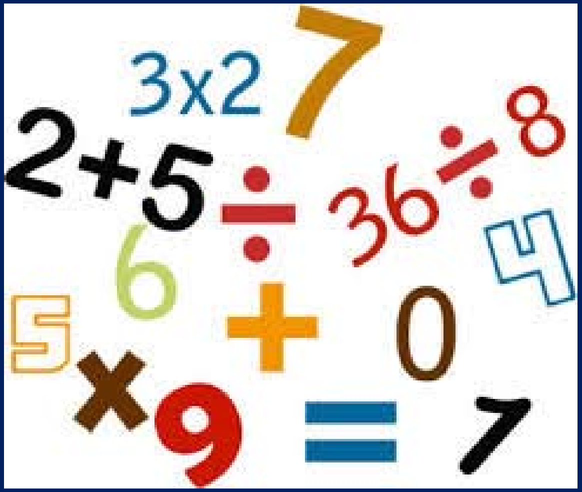
Prima (Pitagorici)



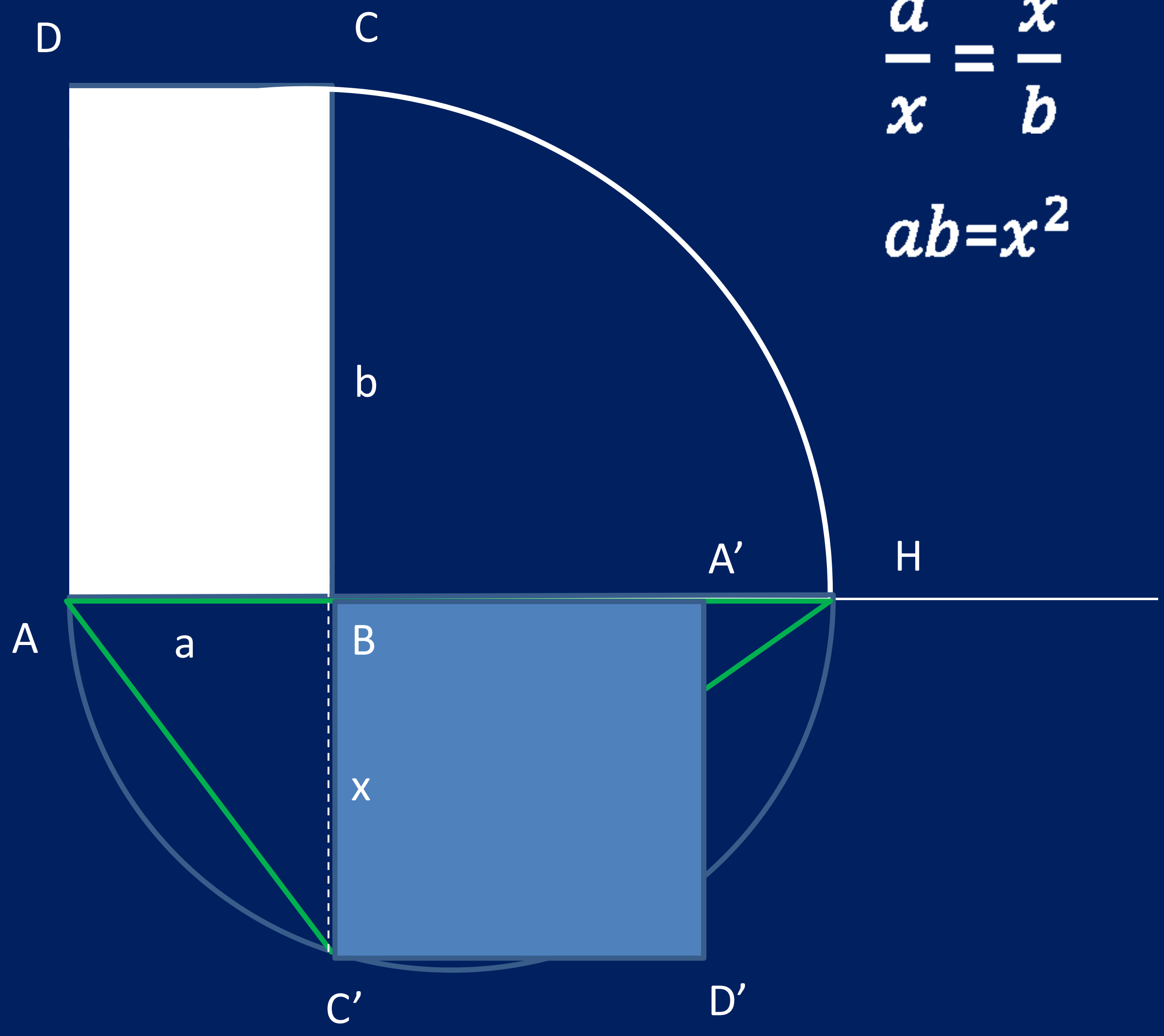


Dopo (Eudosso)





Come misurano i greci dopo Ippaso? Misurare vuol dire trovare una costruzione geometrica equivalente (Algebra Geometrica)



$$\frac{a}{x} = \frac{x}{b}$$

$$ab = x^2$$

Il Rapporto dopo Ippaso (V libro di Euclide)

Λόγος ἐστὶ δύο μεγεθῶν ὁμογενῶν ἡ κατὰ πηλικότητα ποιὰ σχέσις[167].

Il rapporto è una certa relazione secondo la quantità di due grandezze omogenee.

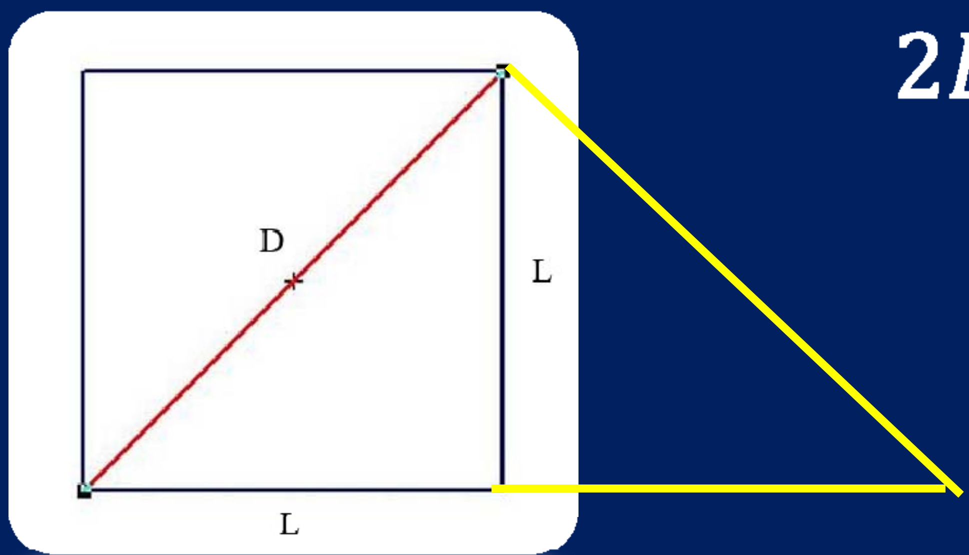
- Ha senso perché per i greci occorre trovare un attributo che li metta in relazione, per cui posso fare rapporti solo tra grandezze omogenee di modo da dire quale sia la maggiore, la minore o se sono uguali.

- Quindi spazio e tempo non c’entrano nulla tra loro.

- Logos si usa anche per grandezze «alogoi»

Il Rapporto dopo Ippaso

Λόγον ἔχειν πρὸς ἄλληλα μεγέθη λέγεται, ἃ δύναται πολλαπλασιαζόμενα ἀλλήλων ὑπερέχειν. (Eucl. *Elem.*, V, Def. 4)
Si dice che grandezze hanno tra loro un rapporto se, moltiplicate, possono superarsi reciprocamente.

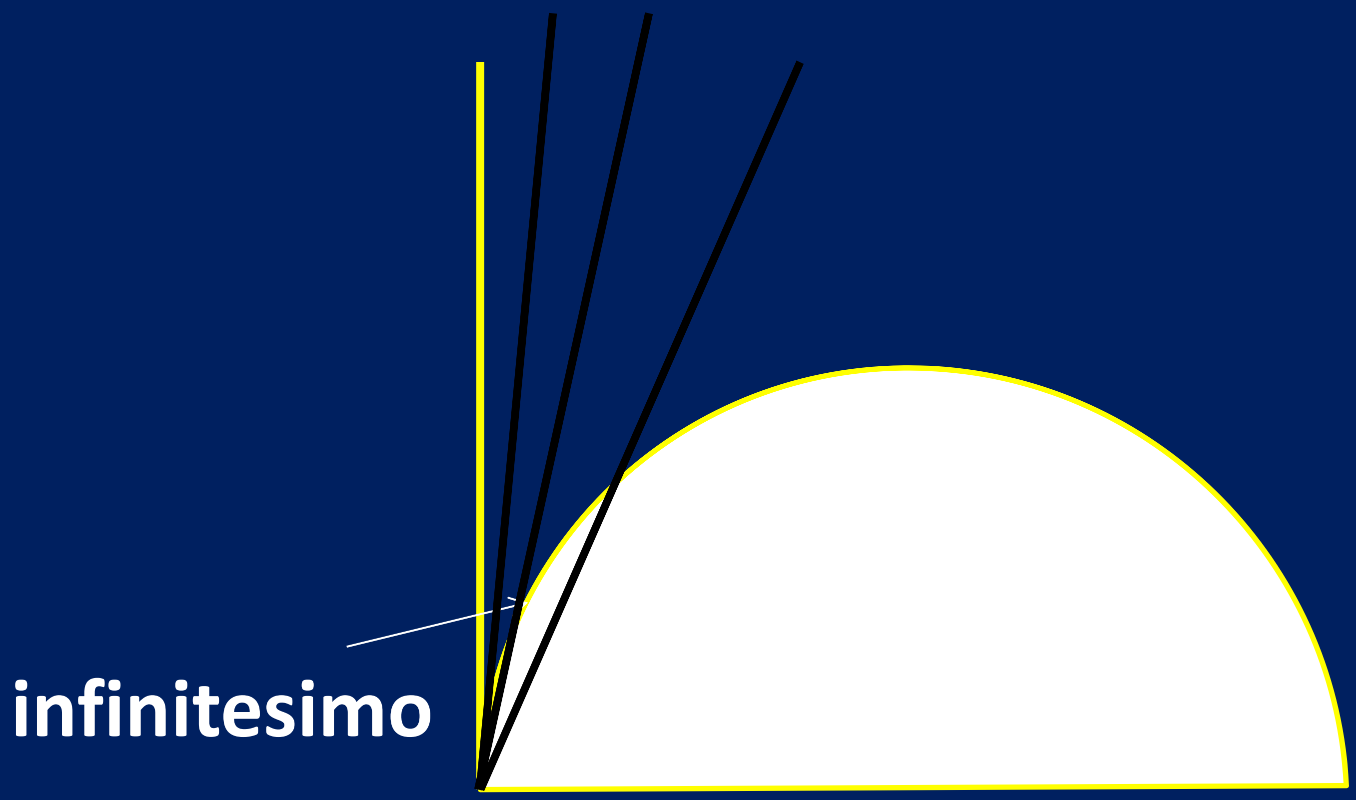


$$2L > D$$

$$2 \times L$$

Λόγον ἔχειν πρὸς ἄλληλα μεγέθη λέγεται, ἃ δύναται πολλαπλασιαζόμενα ἀλλήλων ὑπερέχειν. (Eucl. *Elem.*, V, Def. 4)
Si dice che grandezze hanno tra loro un rapporto se, moltiplicate, possono superarsi reciprocamente.

$$a < b \Rightarrow na > b \Leftrightarrow \frac{b}{n} < a$$

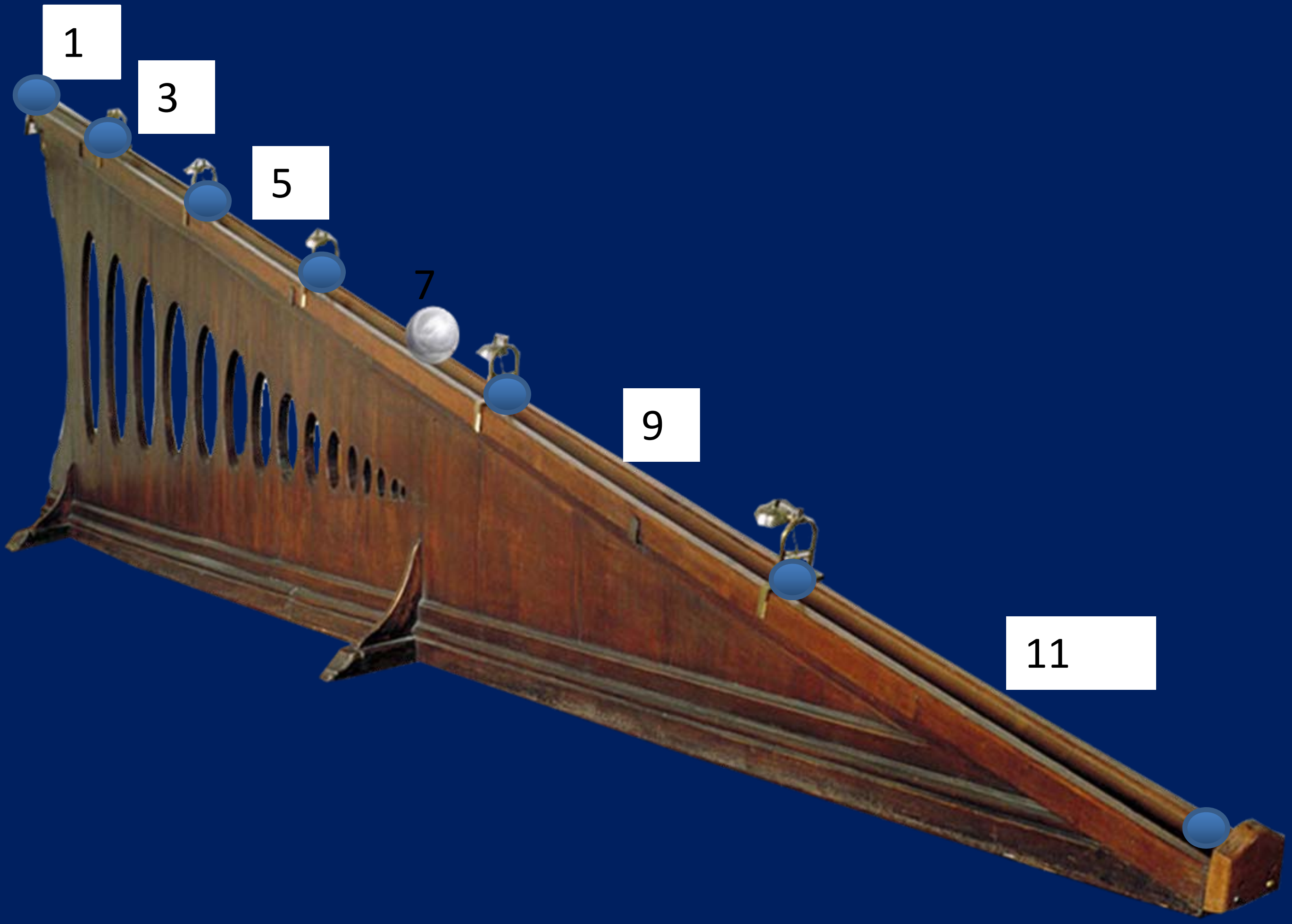


- Non posso definire rapporti tra grandezze disomogenee come S/T
- Non posso definire rapporti tra infinitesimi come dS/dT

I greci non sviluppano la cinematica

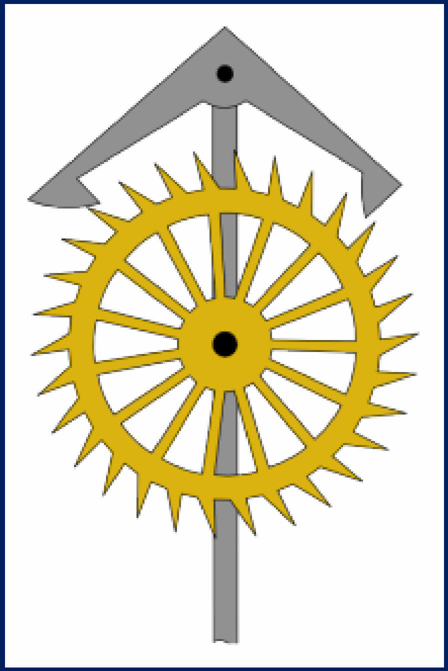
Se non sono ammessi rapporti inomogenei come trattare la velocità non uniforme?

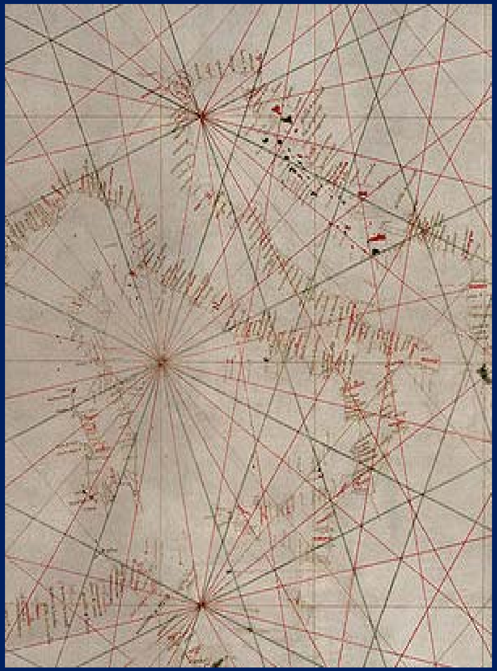
- Fissato T → V è misurato da D (ad esso proporzionale)
- Fissato D → V è misurato dall'inverso di T


1
3
5
7
9
11

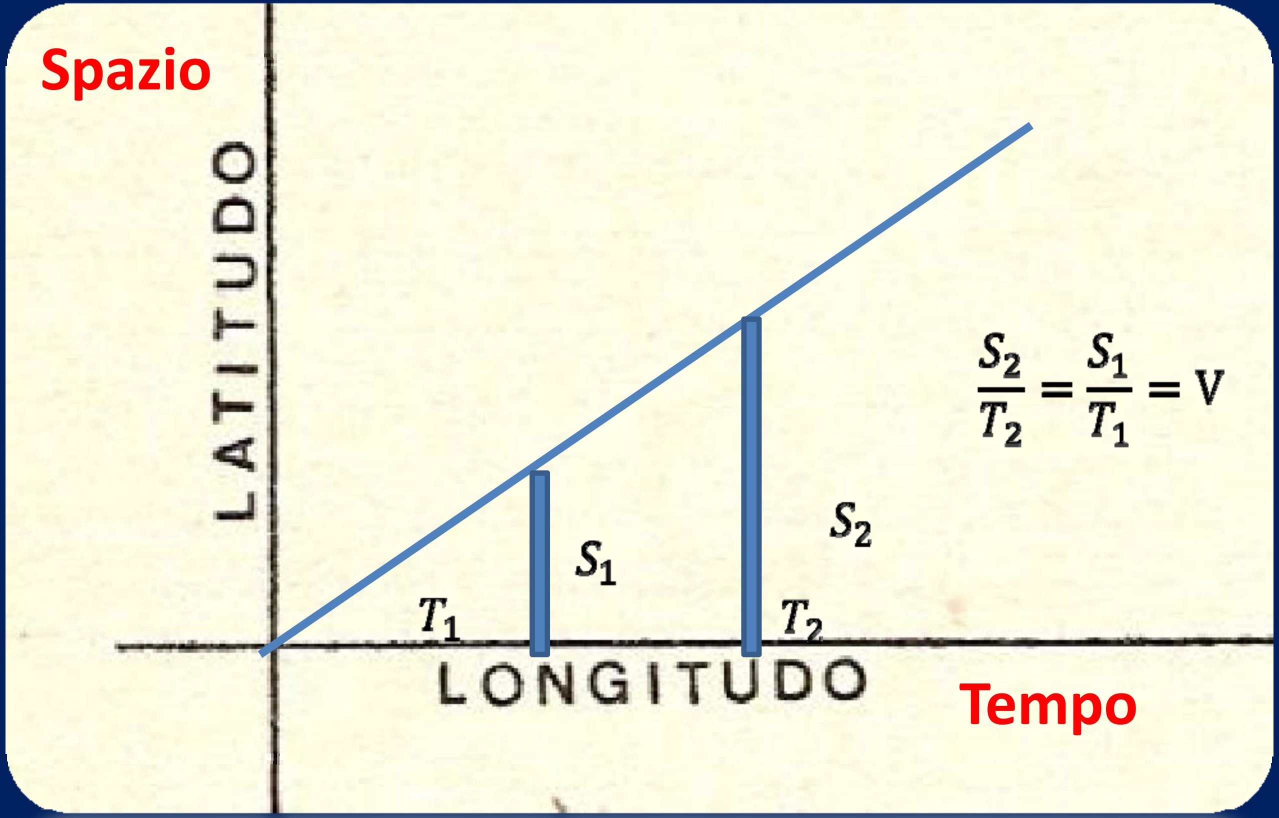
Un passo indietro: XIV secolo

- **Orologi a scappamento** (il tempo si quantifica e misura)
- **Carte geografiche portolane** con coordinate polari multiple
- **Partita doppia** (Pacioli)

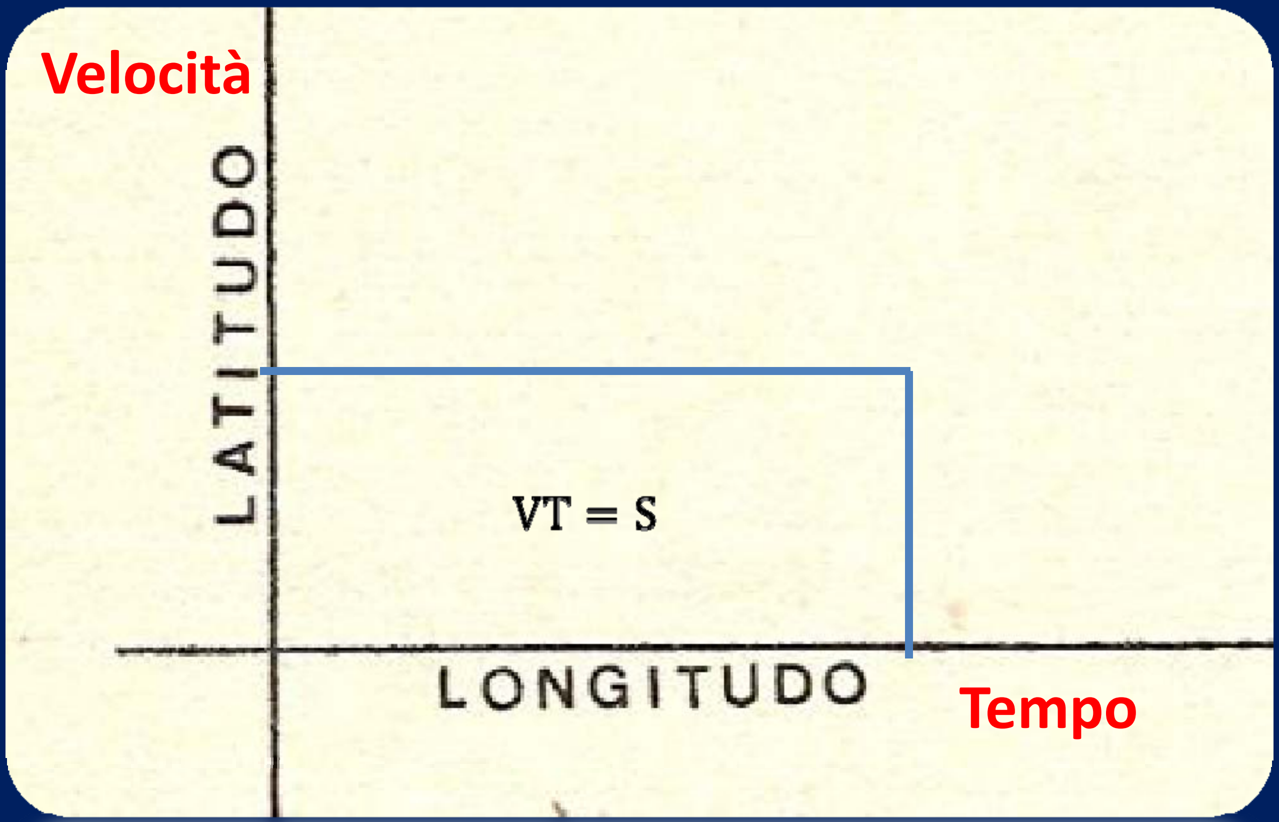




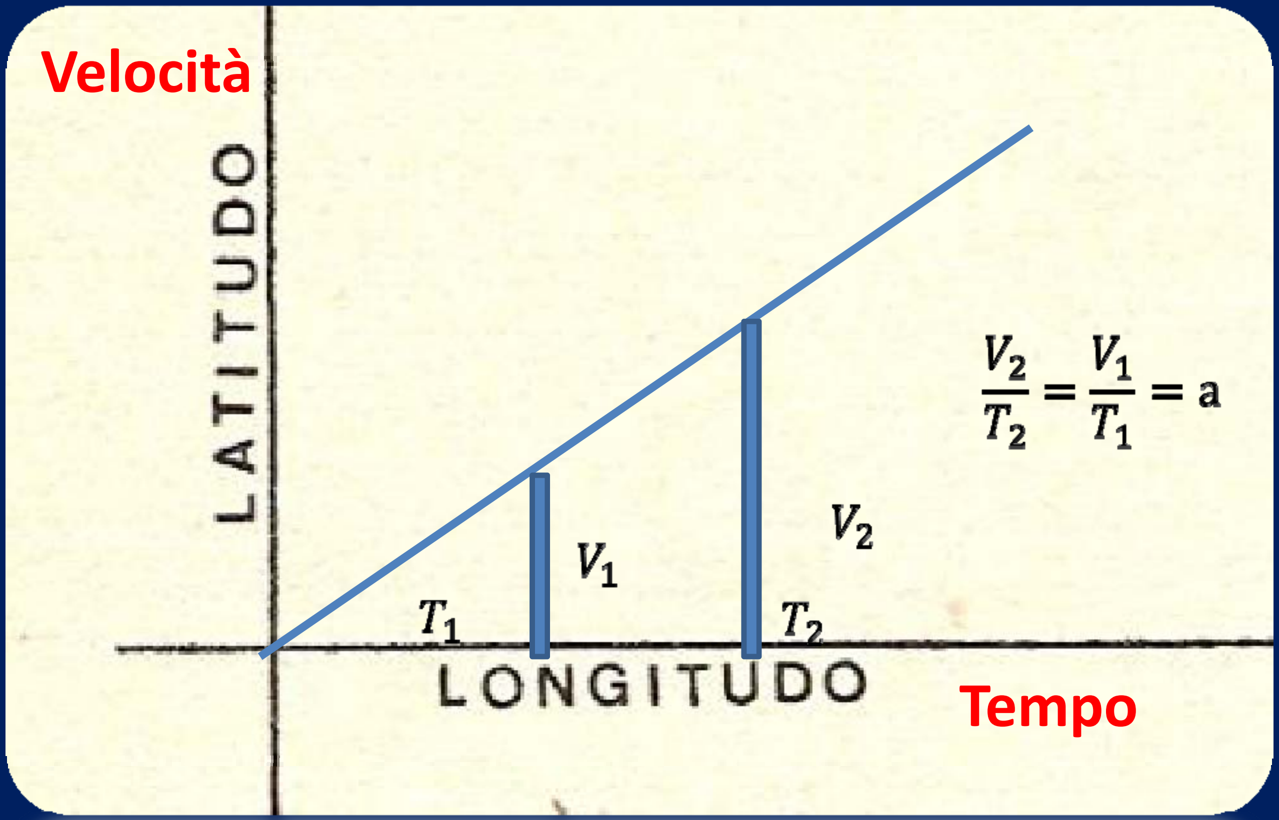
Nicola Oresme: orologi + carte = assi «cartesiani»



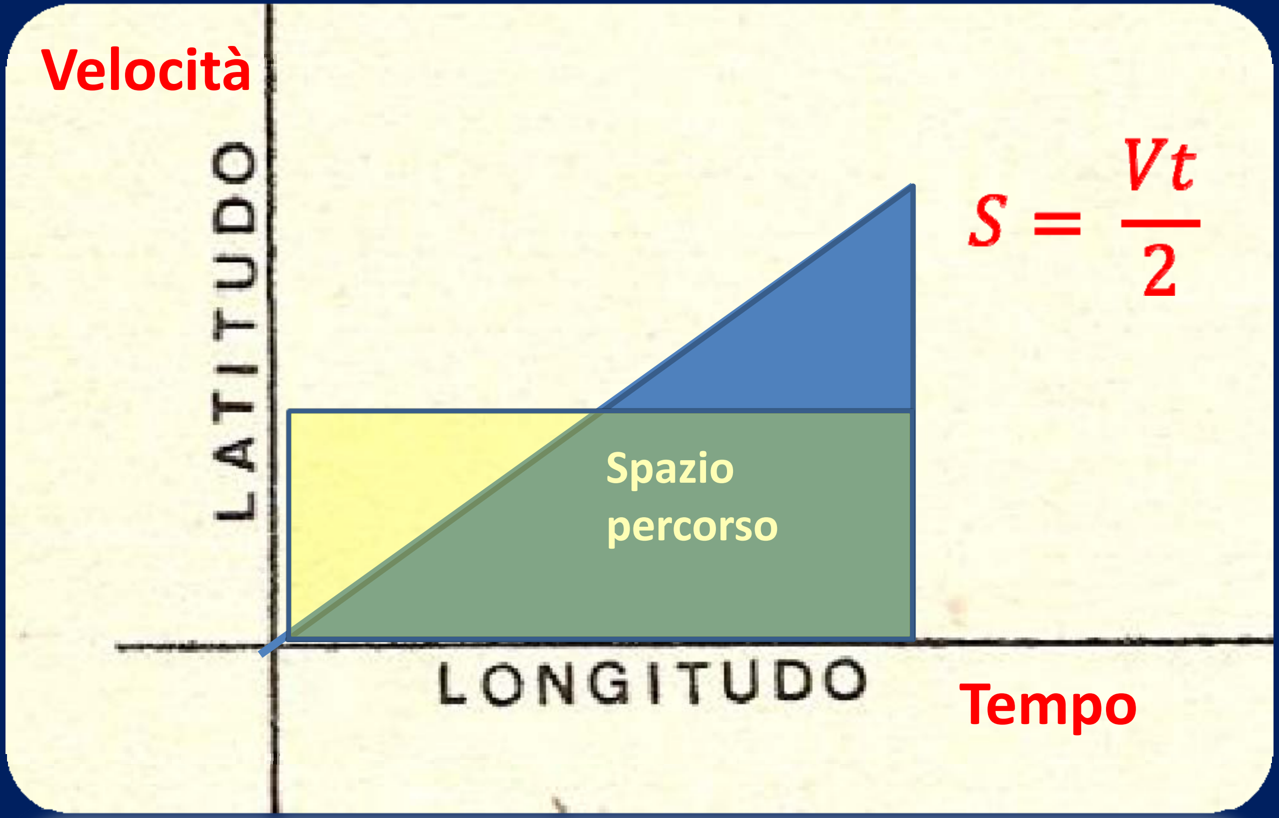
Nicola Oresme: orologi + carte = assi «cartesiani»



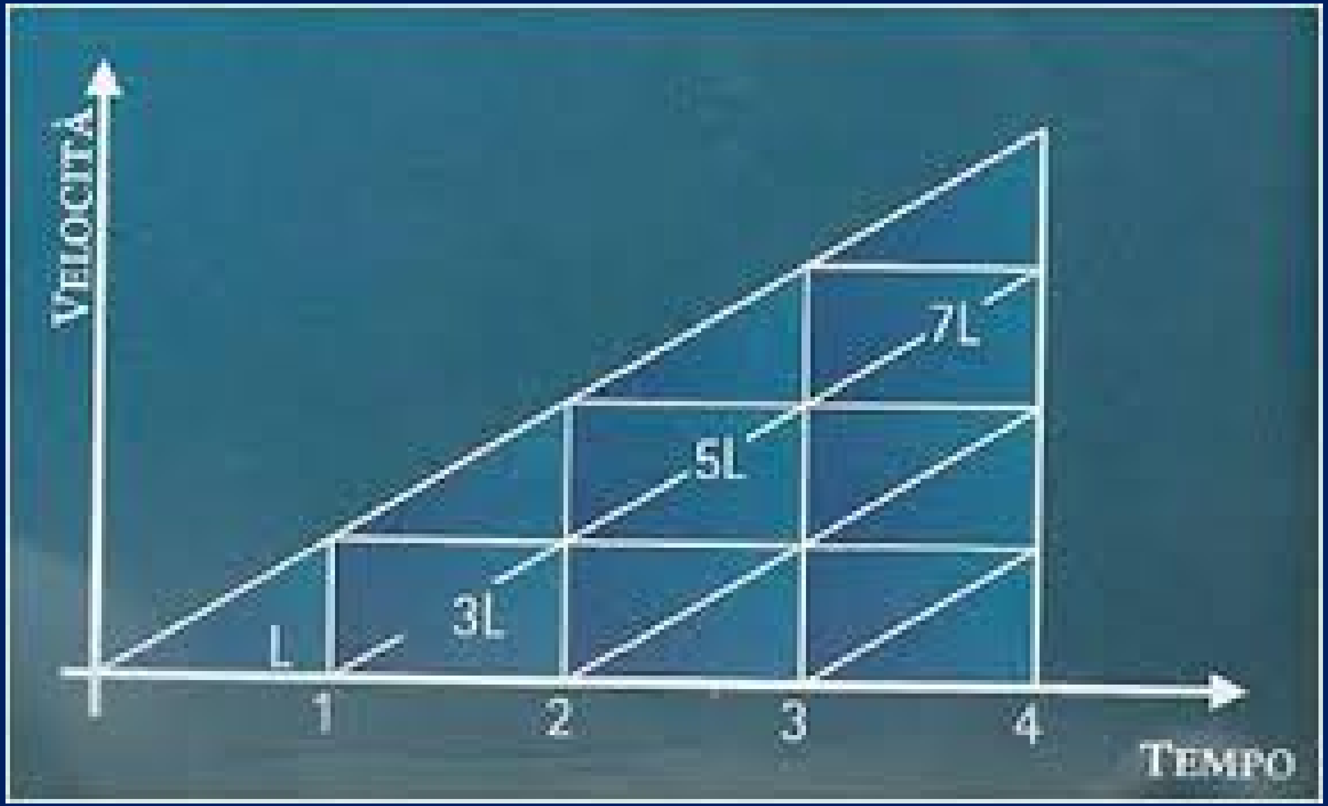
Nicola Oresme: orologi + carte = assi «cartesiani»



Nicola Oresme: orologi + carte = assi «cartesiani»

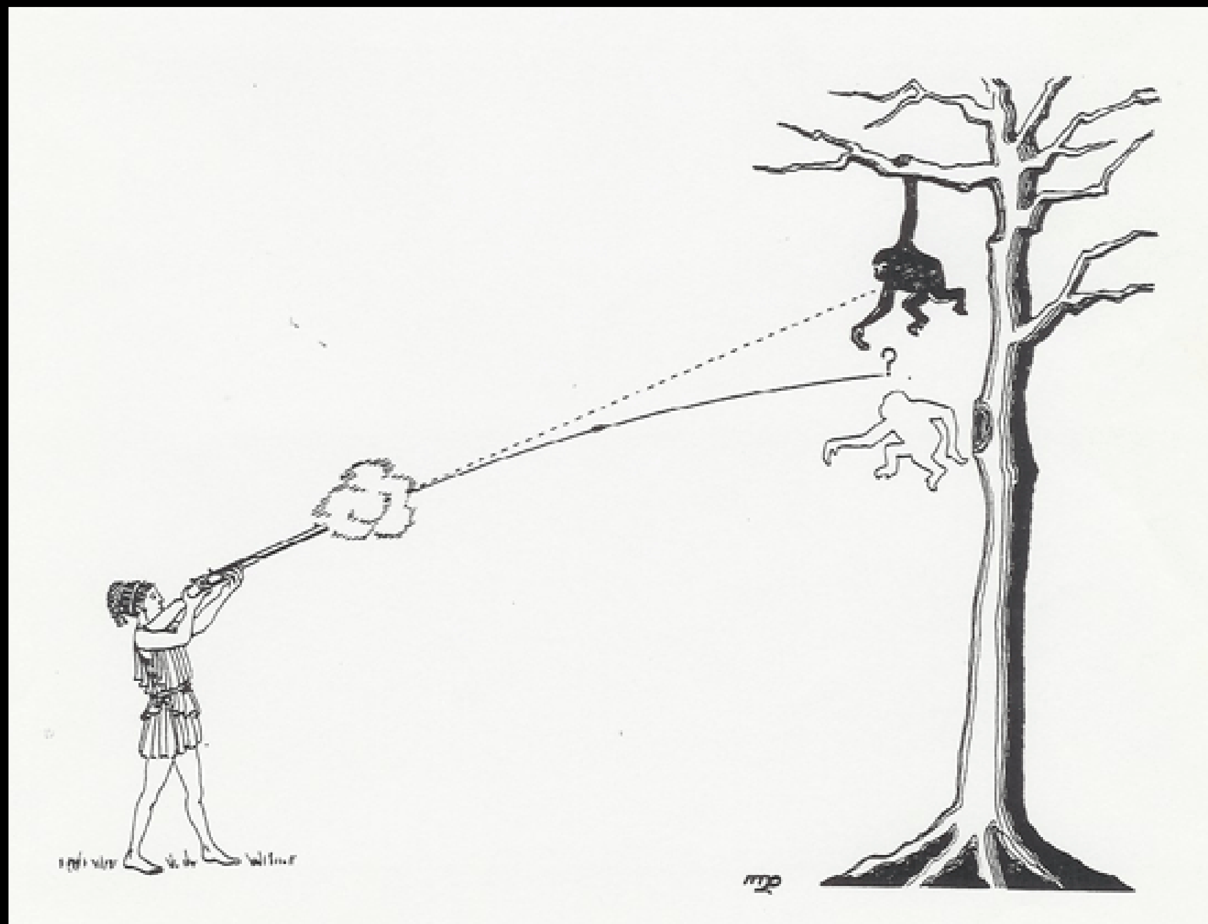


Torniamo a Galileo

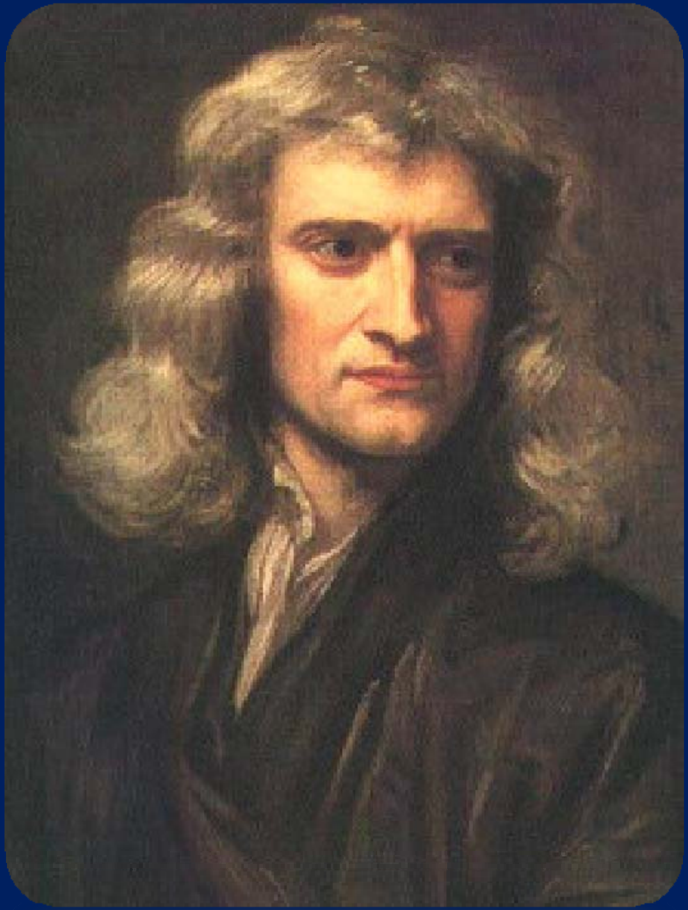


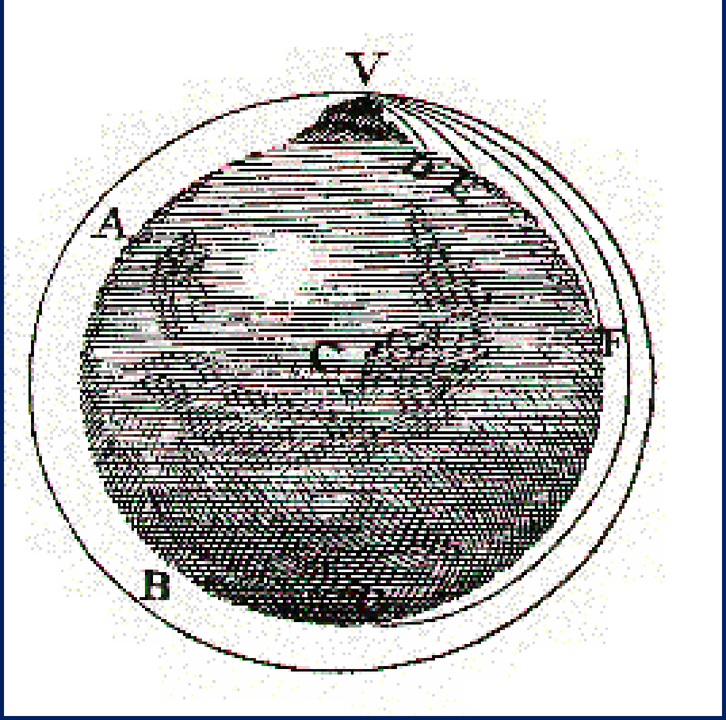
$$S = \frac{Vt}{2} = \frac{1}{2}at^2$$

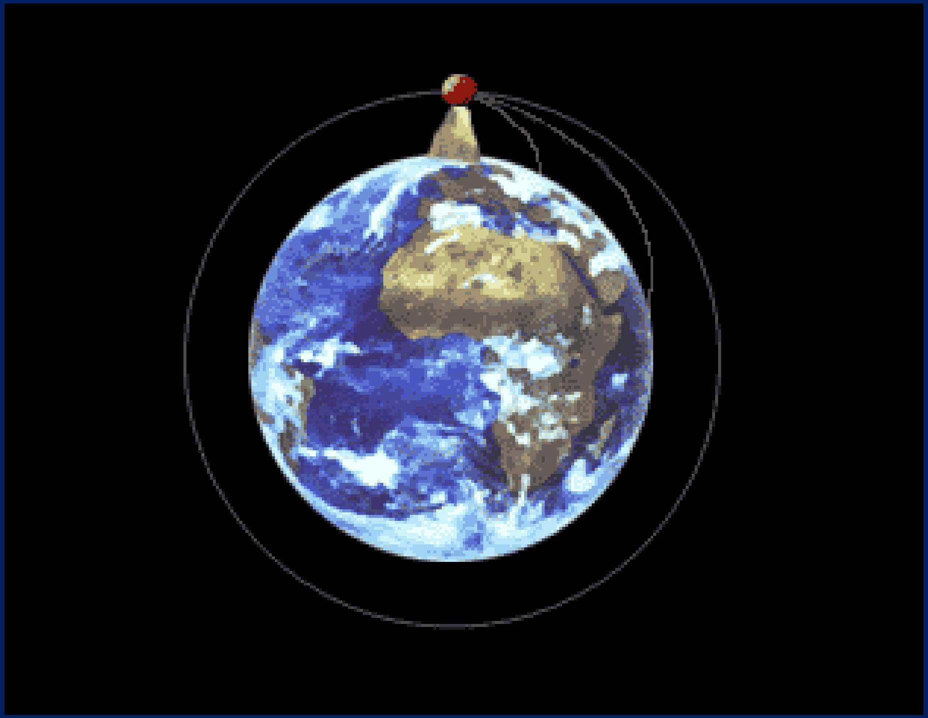
Moto parabolico: combinazione moti



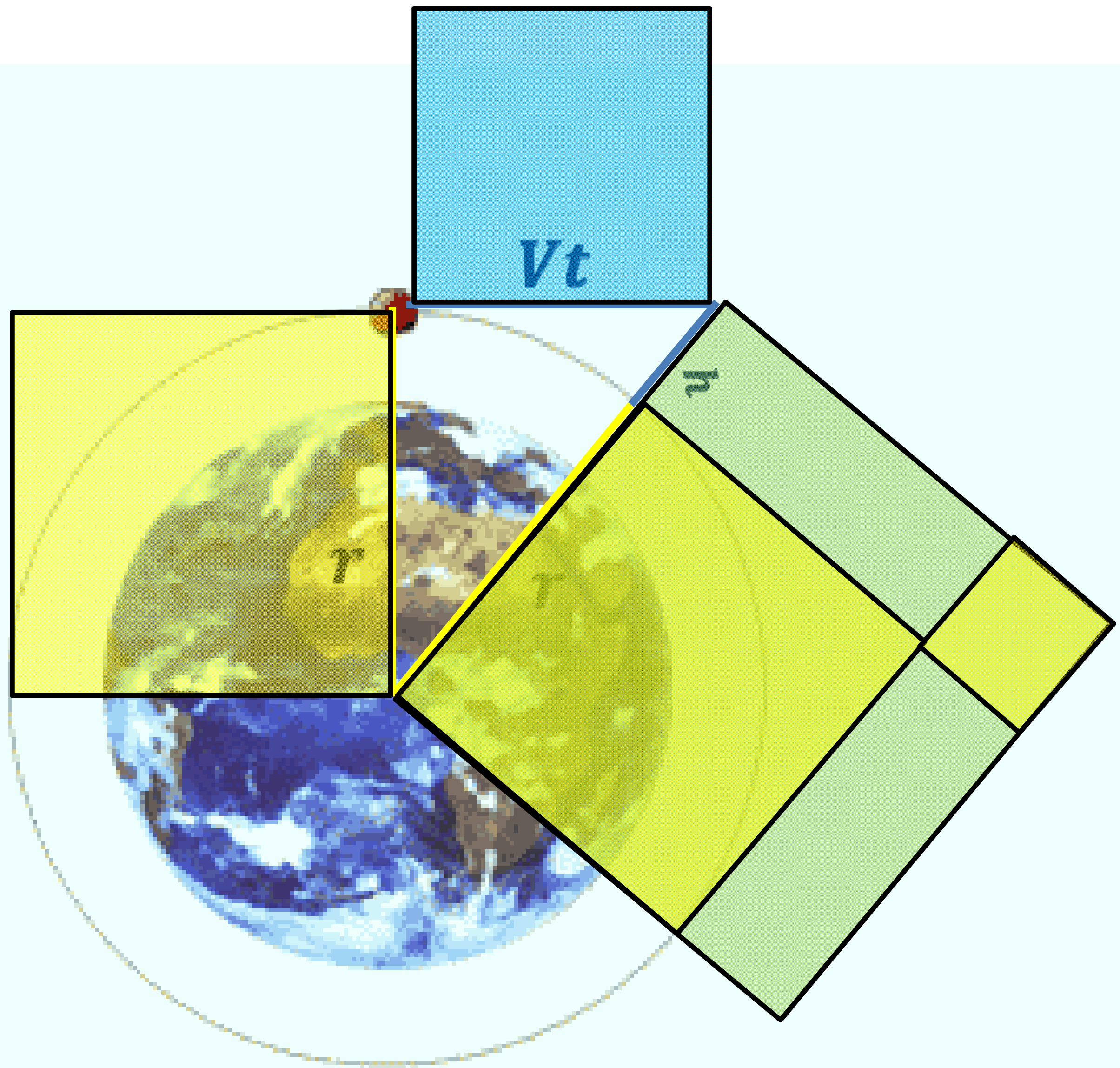
III PASSO: La scoperta della caduta della Luna

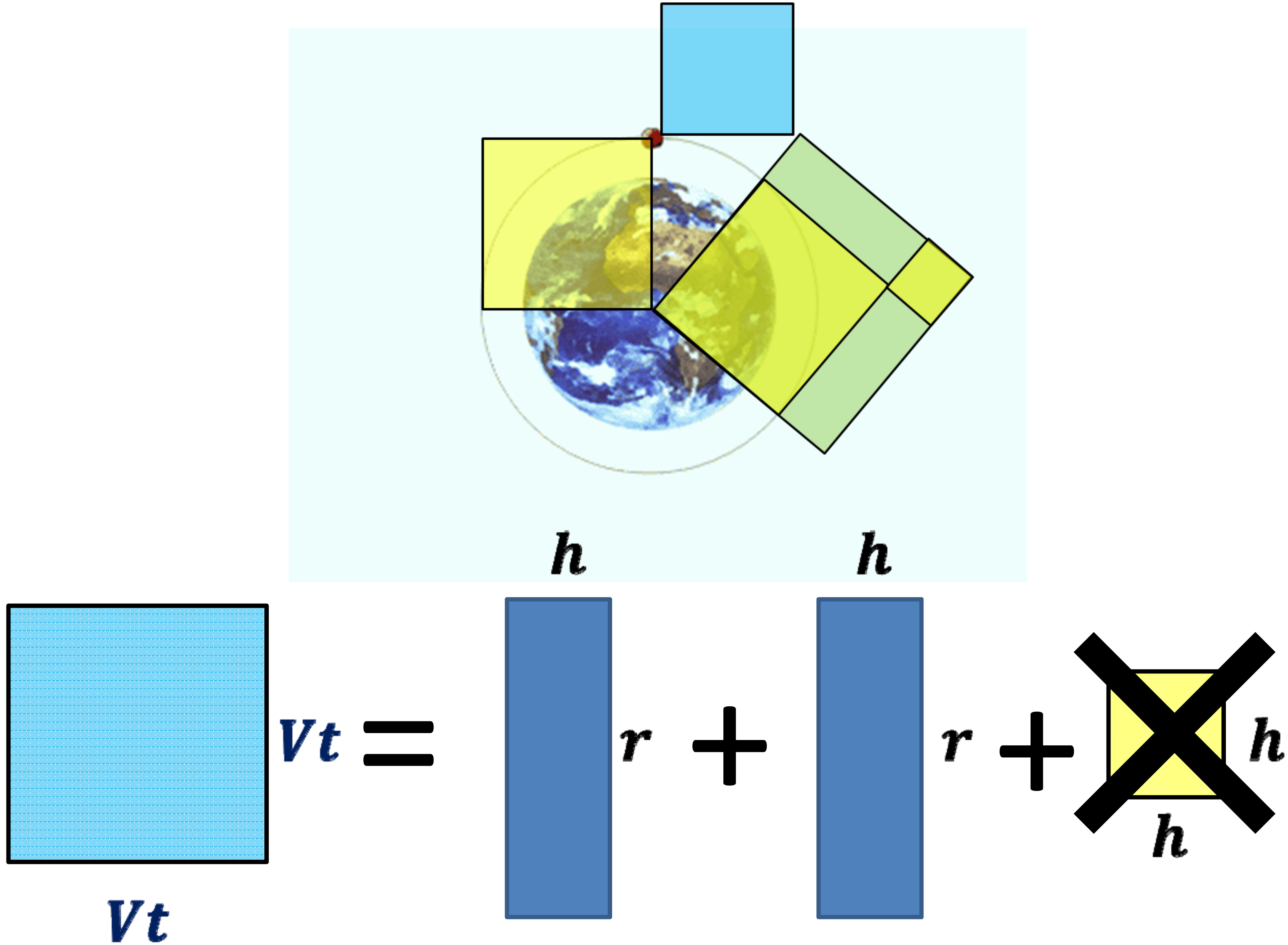




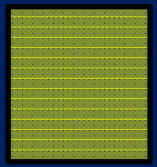


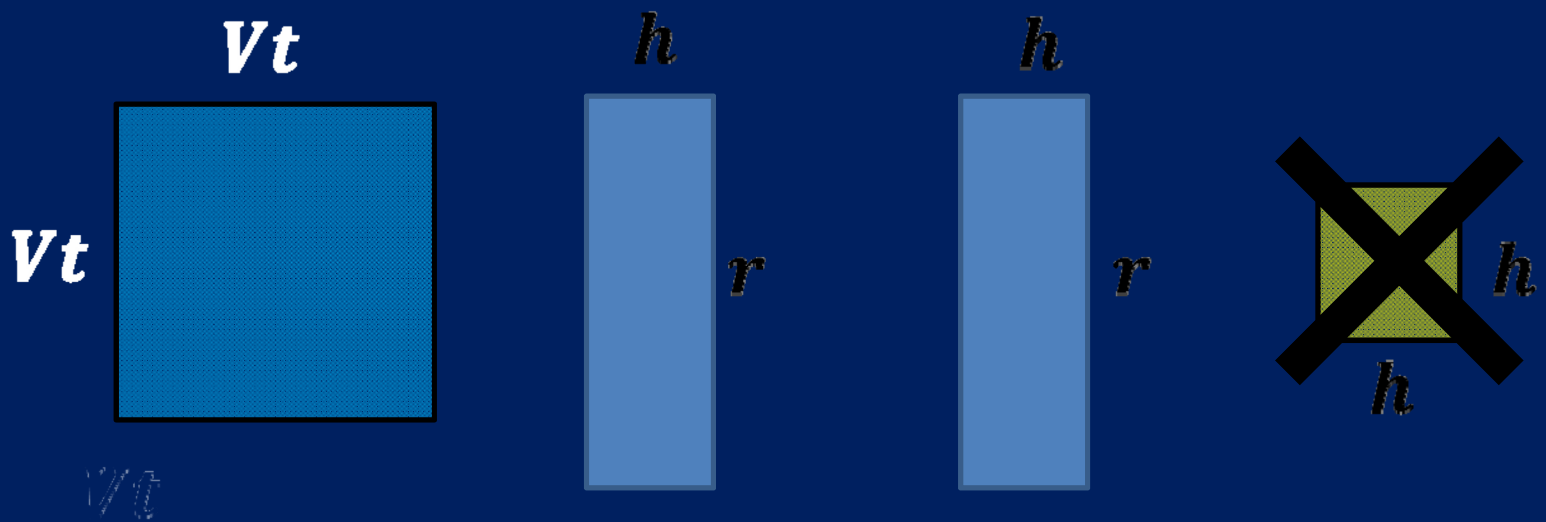
Calcolo alla lavagna


Vt
h
r
r



$$(Vt)^2 = 2rh \Rightarrow h = (Vt)^2/2r$$

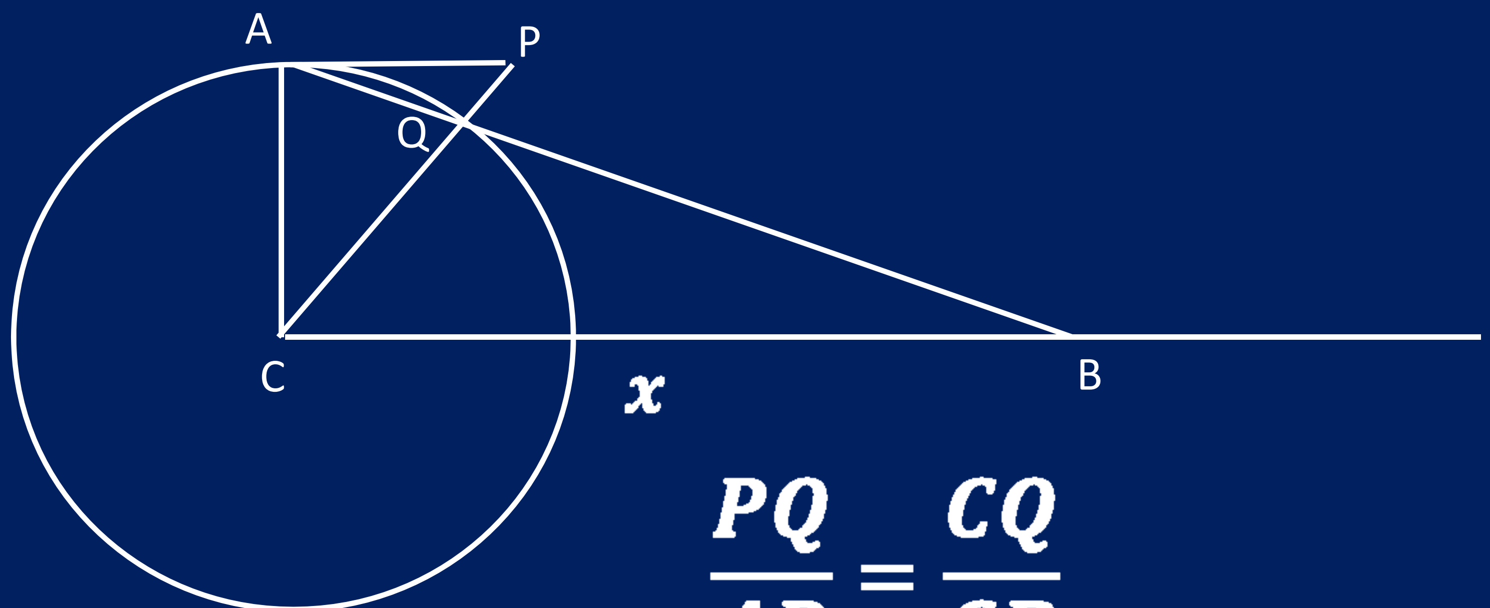
Siamo sicuri che possiamo trascurare  ?



$$h \ll r$$

$$h \ll Vt \ ?????$$

Una dimostrazione geometrica sugli infinitesimi



$$\frac{PQ}{AP} = \frac{CQ}{CB}$$

$$\frac{h}{Vt} = \frac{r}{x} \xrightarrow[t \to 0]{} 0 \quad \Rightarrow \quad r \ll x \; \rightarrow h \ll Vt$$

Inerzia Vt

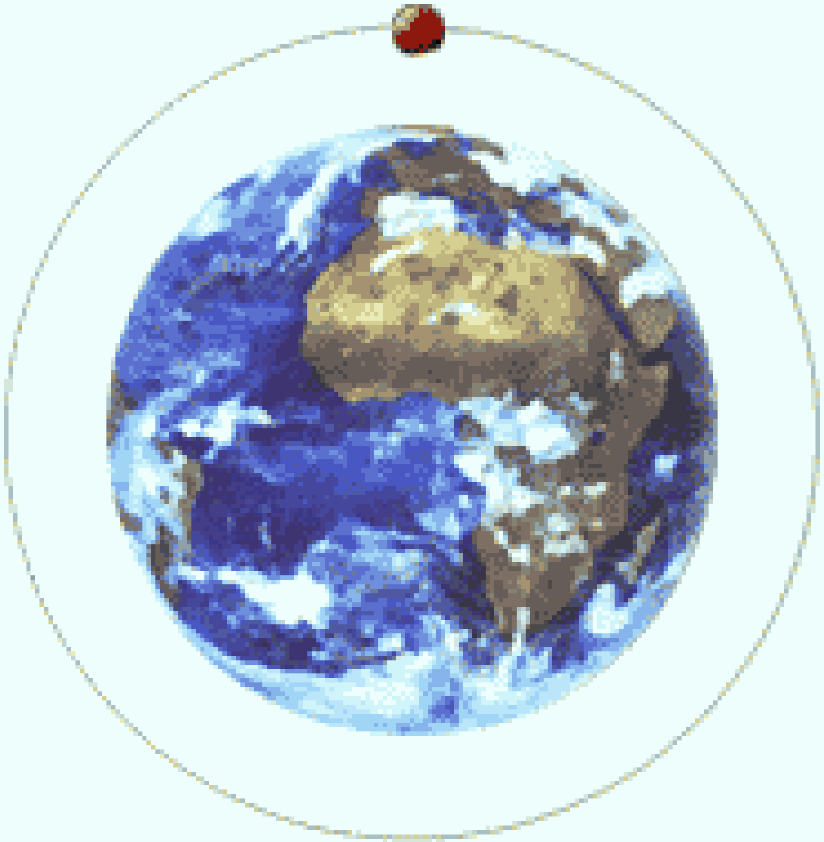
Termine di caduta

$$h = \frac{1}{2}\left(\frac{V^2}{r}\right)t^2$$

$$h = \frac{1}{2}at^2$$

$$a = \frac{V^2}{r}$$

$$g = \frac{V^2}{R}$$



$$V_{orb} = \sqrt{gR}$$