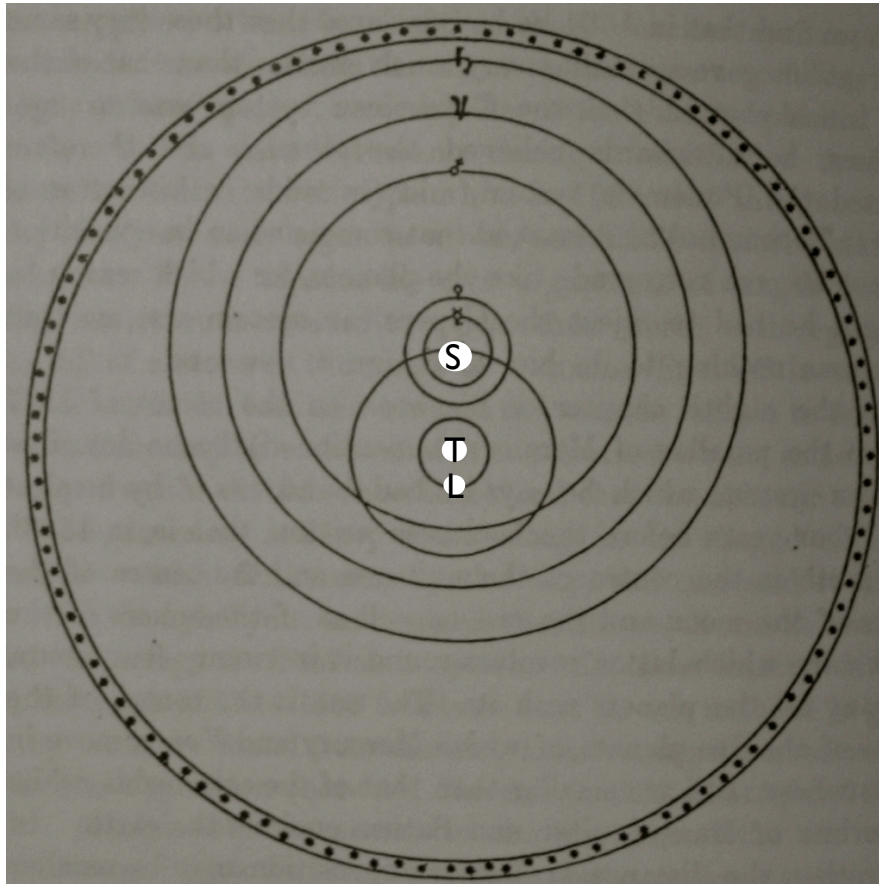


# IL SISTEMA DI TYCHO BRAHE (1546-1601)



Sistema in parte  
eliocentrico e in parte  
geocentrico:

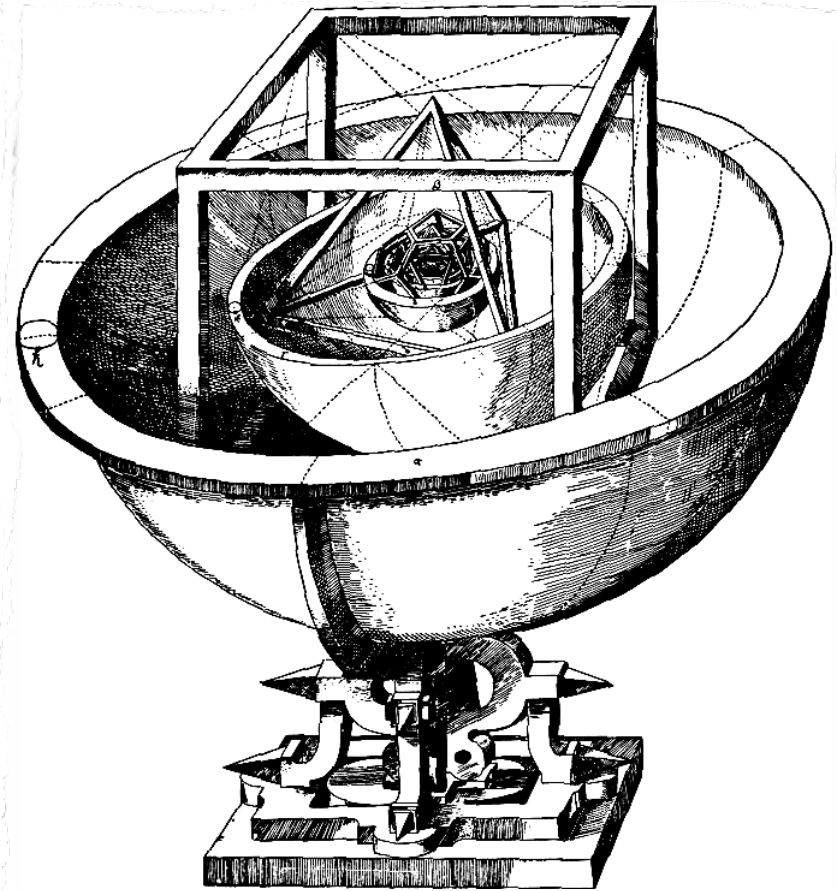
Il solo (S) è al centro delle  
orbite dei cinque pianeti;  
la terra (T) è il centro  
dell'universo e delle  
orbite del sole e della luna  
(L)

Fonte: J.L.E. Dreyer, *History of planetary systems from  
Thales to Kepler*

# “KEPLERO PITAGORICO”

## *Mysterium Cosmographicum* (1596)

<b>SFERA</b>	<b>SOLIDO INSCRITTO</b>
Saturno	Cubo
Giove	Tetraedro
Marte	Dodecaedro
Terra	Icosaedro
Venere	Ottaedro
Mercurio	

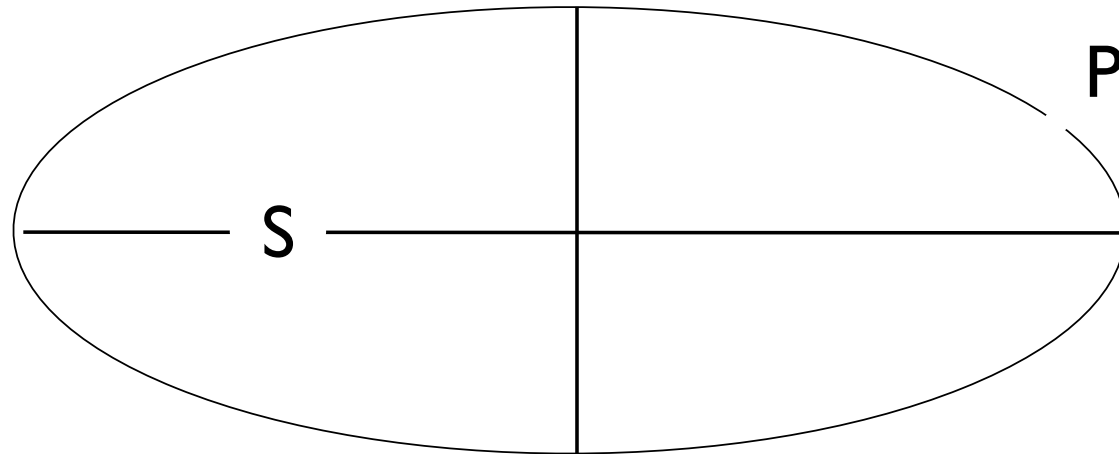


# JOHANNES KEPLER (1571-1630)

## Le tre leggi

---

I. I pianeti si muovono lungo orbite ellittiche di cui il sole occupa uno dei fuochi



*Astronomia nova AITIOLOGETOS, seu physica coelestis tradita commentariis de motibus stellae Martis (1609)*

# JOHANNES KEPLER (1571-1630)

2. Il raggio vettore (SP) spazza aree uguali in tempi uguali; la velocità areale è costante:  $a_1:a_2=t_1:t_2$

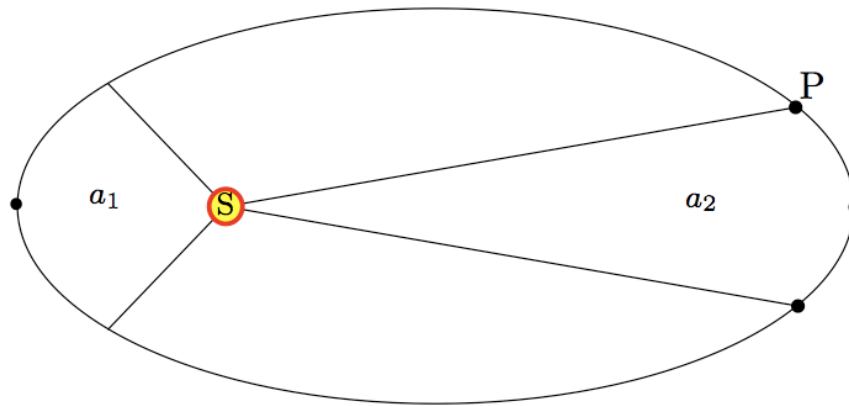
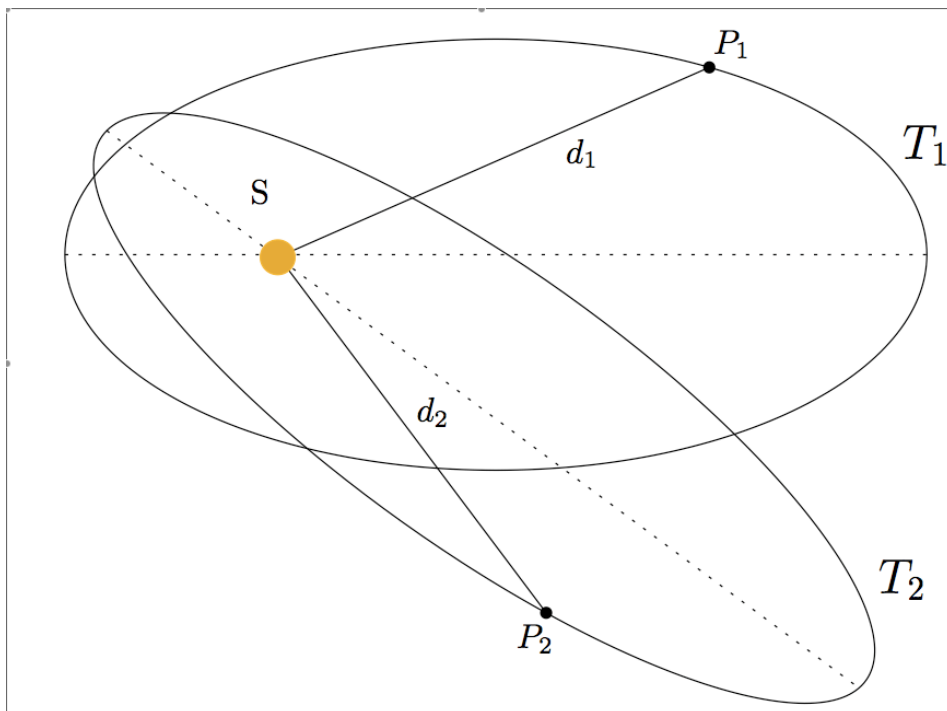


Figura 2.11. II legge di Keplero

*Astronomia nova AITIOLOGETOS, seu physica coelestis tradita commentariis de motibus stellae Martis (1609)*

# JOHANNES KEPLER (1571-1630)

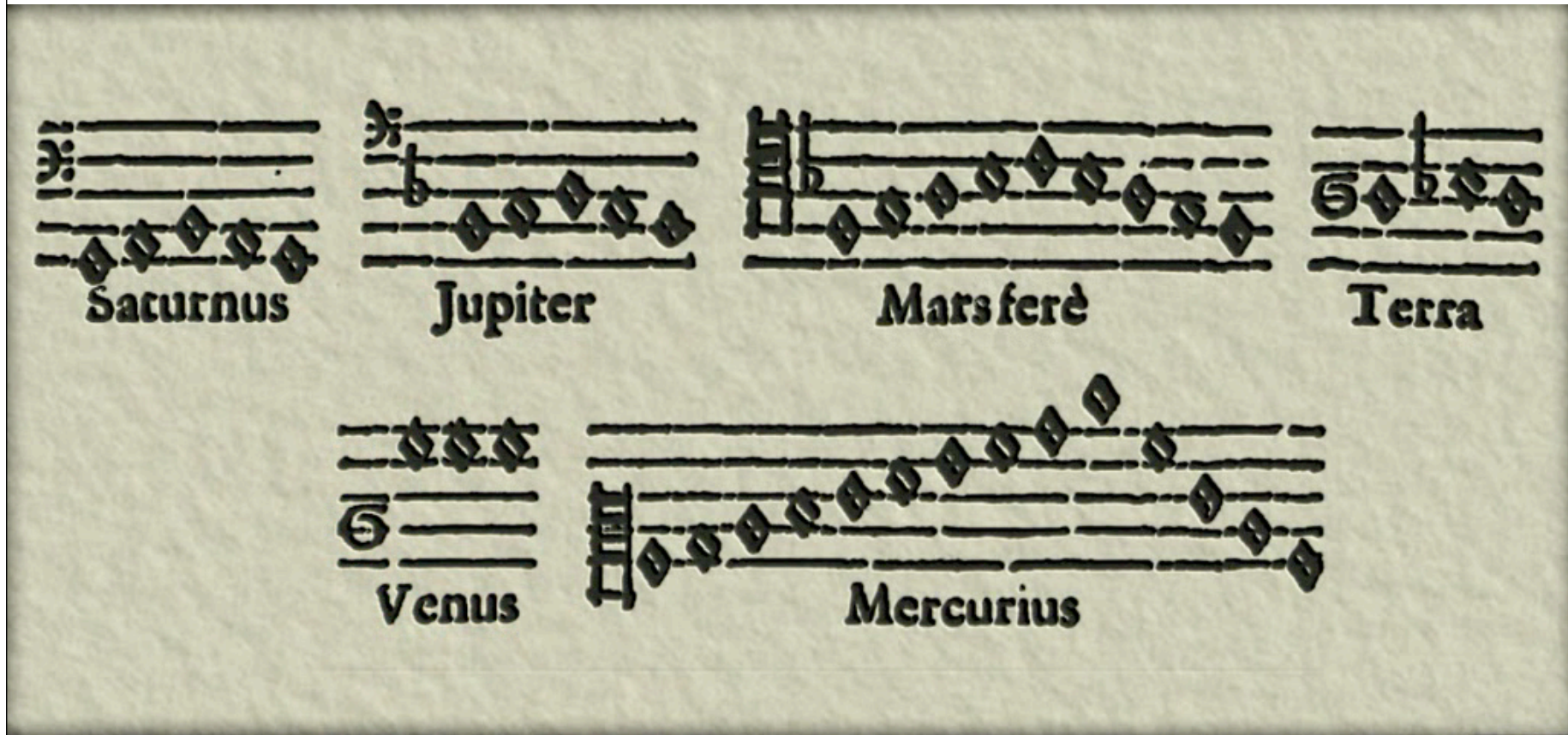
3. Il quadrato dei periodi di rivoluzione di due pianeti qualsiasi sono proporzionali ai cubi delle loro distanze medie dal sole

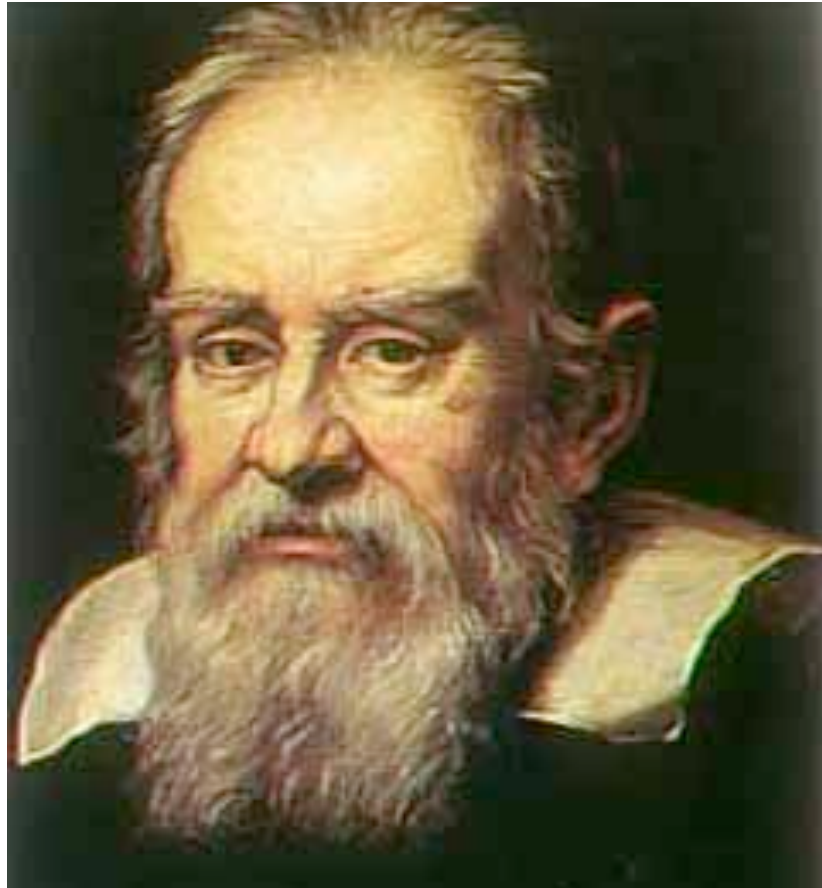


$$T_1^2 : T_2^2 = d_1^3 : d_2^3$$

*Harmonices mundi libri V*  
(1619)

# L'armonia del mondo secondo Keplero





Teatro anatomico

# Galileo Galilei (1564-1642)



## *Discorsi intorno a due nuove scienze (1638)*

### *Moto rettilineo uniforme e uniformemente accelerato*

Moto eguale o uniforme intendo quello in cui gli spazi percorsi da un mobile in tempi uguali, comunque presi, risultano tra di loro eguali.

Moto equabilmente, ossia uniformemente accelerato, dico quello che, a partire dalla quiete, in tempi uguali acquista eguali momenti di velocità.

Galilei, *Discorsi intorno a due nuove scienze (1638)*, p. 725-727





## “Principio di semplicità”

Quando, dunque, osservo che una pietra, che discende dall'alto a partire dalla quiete, acquista via via nuovi incrementi di velocità, perché non dovrei credere che tali aumenti avvengano secondo la più semplice e più ovvia proporzione? Ora, se consideriamo attentamente la cosa, non troveremo nessun aumento o incremento più semplice di quello che aumenta sempre nel medesimo modo

Galilei, *Discorsi intorno a due nuove scienze* (1638), p. 728



# Momento deduttivo

I. Viene formulata la definizione del moto uniformemente accelerato: la velocità è proporzionale al tempo.  $v = kt$ ,  $v/t = k$

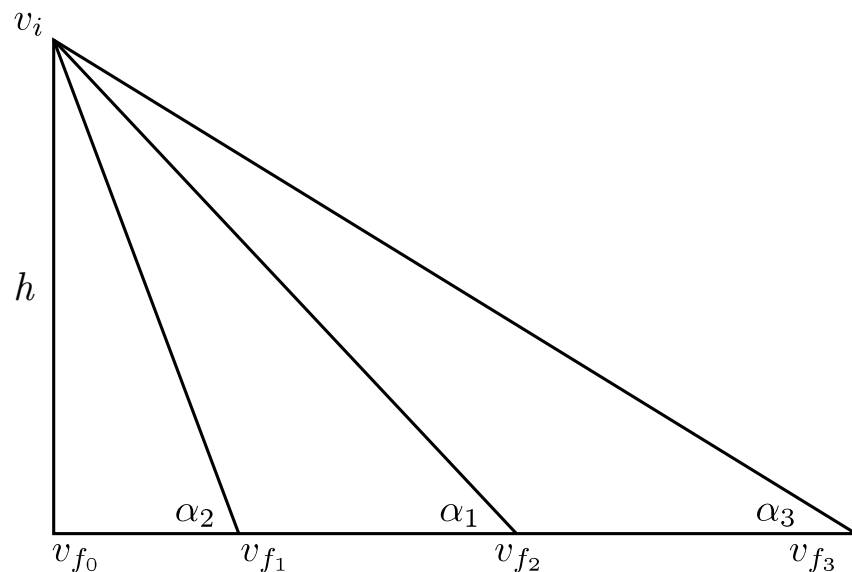
Moto equabilmente, ossia uniformemente accelerato, dico quello che, a partire dalla quiete, in tempi uguali acquista eguali momenti di velocità.

Galilei, op. cit., p. 727

v	t
10	1
20	2
30	3
40	4

# Momento deduttivo

## 2. Si richiede di accettare un postulato

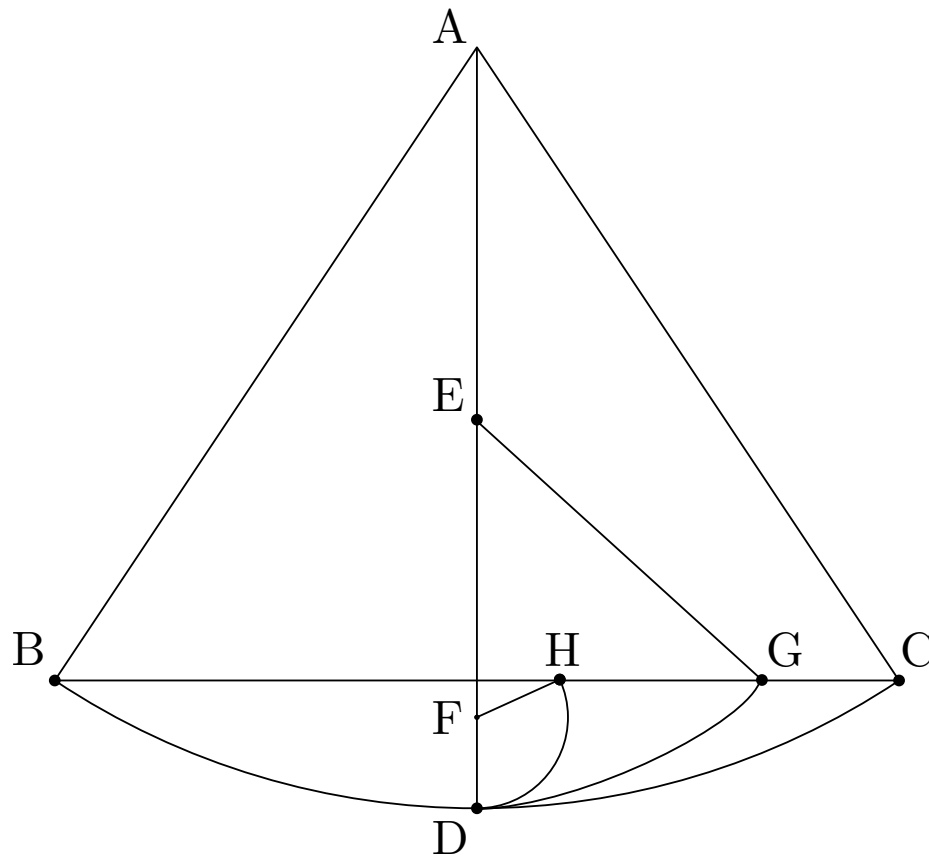


Assumo che i gradi di velocità, acquistati da un medesimo mobile su piani diversamente inclinati, siano eguali allorché sono eguali le elevazioni di quei piani medesimi

Galilei, op. cit., p. 737

# Momento deduttivo

3. Si cerca di “dimostrare” il postulato precedente



Oltre al verisimile, voglio  
con una esperienza  
accrescer tanto la  
probabilità, che poco gli  
manchi all'uguagliarsi ad  
una ben necessaria  
dimostrazione

Galilei, op. cit., p. 738

# Momento deduttivo

4. Si dimostra che gli spazi percorsi da un corpo che cade con moto uniformemente accelerato sono proporzionali al quadrato dei tempi

$$v=kt, \text{ per ipotesi}$$

$$s(t)=v_m t,$$

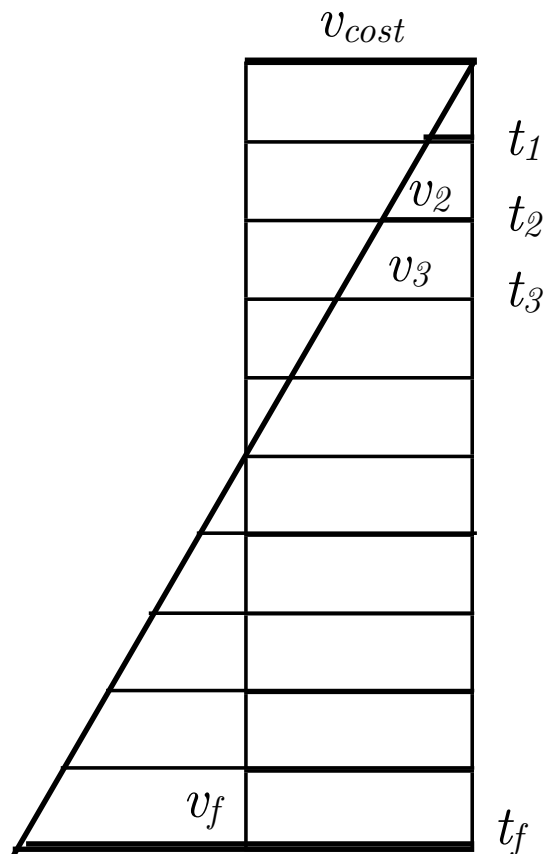
$$v_m=1/2v_f, \text{ allora } s(t)=1/2v_f t$$

$$\text{poiché } v=kt, \quad s(t)=\frac{1/2kt^2}{\text{cost.}}$$

$$\text{ponendo } k=g, \quad s(t)=1/2gt^2$$

$g$  rappresenta l'accelerazione di gravità:  $g \cong 9,81 \text{ m/s}^2$

# Momento deduttivo



TEOREMA I. PROPOSIZIONE I. Il tempo in cui uno spazio dato è percorso da un mobile con moto uniformemente accelerato a partire dalla quiete, è eguale al tempo in cui quel medesimo spazio sarebbe percorso dal medesimo mobile mosso di moto equabile, il cui grado di velocità sia sudduplo [la metà] del grado di velocità ultimo e massimo [raggiunto dal mobile] nel precedente moto uniformemente accelerato

*Galilei, op. cit., p. 740*

$$s = v_m t$$

$$v_m = 1/2(v_f - v_0) = 1/2kt$$



# Momento deduttivo

t	0	1	2	3	4	5
s=kt <sup>2</sup>	0	1	4	9	16	25
		1-0=	4-1=	9-4=	16-9=	25-16=
		1	3	5	7	9

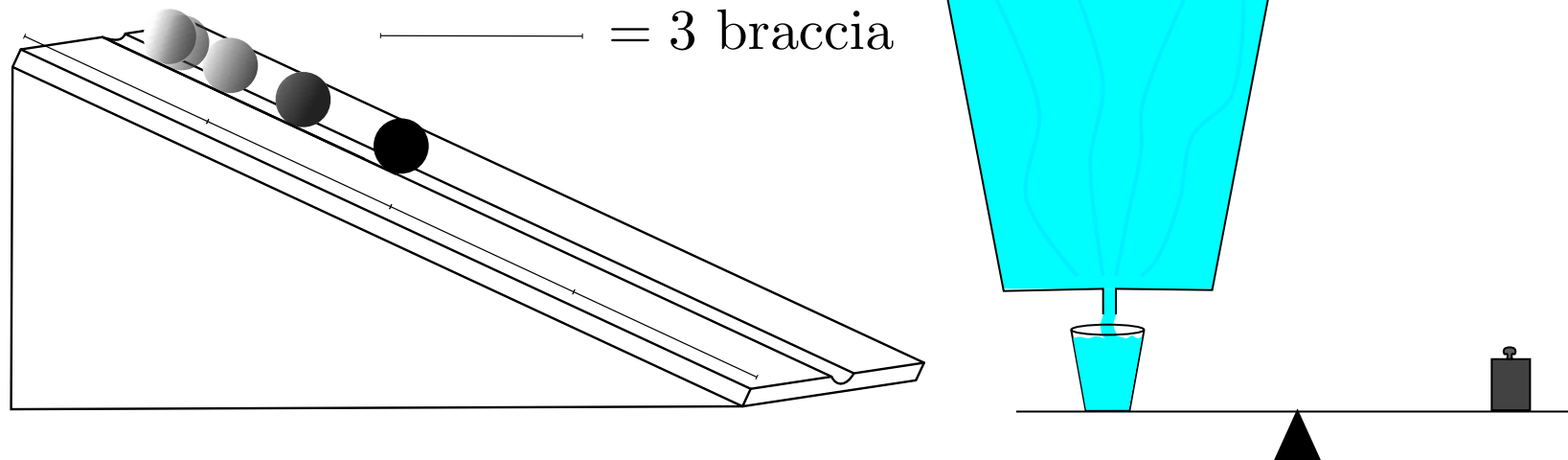
TEOREMA II. PROPOSIZIONE II. Se un mobile scende, a partire dalla quiete, con moto uniformemente accelerato, gli spazi percorsi da esso in tempi qualsiasi stanno tra di loro in duplicata proporzione dei tempi [...], cioè stanno tra di loro come i quadrati dei tempi.

$$s = kt^2$$

COROLLARIO I. [spazi percorsi in tempi uguali] staranno tra di loro come i numeri impari ab unitate, cioè come 1, 3, 5, 7 [...]

*Galilei, op. cit., p. 741*

# Conferma sperimentale



- Vengono effettuati degli esperimenti, utilizzando piani inclinati con diverse elevazioni; per la stima dei rapporti tra i tempi Galilei si serve di una clessidra ad acqua (?).



# Il metodo di Galilei per la scoperta della legge di caduta dei gravi

1. Si formula una **prima ipotesi**:  $v=kt$
2. Si formula una **seconda ipotesi**: la velocità finale di una sfera che rotola su piani inclinati diversi, ma con uguale elevazione, è uguale
  - 2.1. Si cerca di “dimostrare” la seconda ipotesi attraverso l’esperienza del pendolo
2. Dalla prima ipotesi si deduce che  $s=kt^2$
3. Si sperimenta la legge  $s=kt^2$  su di un piano inclinato
4. Appoggiandosi alla conclusione di 2.1, si conclude che i corpi cadono in natura con moto uniformemente accelerato



# Galileo Galilei (1564-1642)

- Demarcazione della fisica: proprietà primarie e proprietà secondarie
- Importanza della verifica empirica
- Importanza della matematica per la fisica
- Importanza delle astrazioni e delle idealizzazioni
- È ancora legato ai “moti circolari”
- Elementi della “concezione pitagorica”