



Fisica – Lezione 2

Conversioni, tempo, cinematica e dinamica

Maurizio Tomasi (maurizio.tomasi@unimi.it)

Lunedì 13 ottobre 2025



Argomenti di oggi

- Come si può misurare il tempo?
- Come convertire le unità di misura?
- Come misurare il moto dei corpi?
- Quali sono le cause che fanno muovere i corpi?



Inquisitori accademici onorari



Il tempo



Misurare il tempo

- La settimana scorsa abbiamo visto che il SI (sistema decimale) è molto comodo per fare calcoli, perché non usa suddivisioni strane.
- Ma nella vita di tutti i giorni noi usiamo regolarmente un sistema di misura *non* decimale per misurare il tempo, che risale ai sumeri (4.000 anni fa!):
 - 60 secondi equivalgono a 1 minuto
 - 60 minuti equivalgono a 1 ora
 - 24 ore equivalgono a un giorno
 - Circa 30 giorni equivalgono ad un mese
 - 12 mesi equivalgono ad un anno



Misurare il tempo

- Questo modo di suddividere il tempo può essere problematico nei calcoli.
- Ad esempio, a quanti metri al secondo corrispondono 70 km/h?
- E due ore e mezza, a quanti minuti corrispondono?



Il sistema rivoluzionario francese

- Nella scorsa lezione abbiamo detto che il SI deriva dal sistema decimale proposto dai rivoluzionari francesi
- Gli stessi proposero un **sistema decimale anche per il tempo**:
 - Un giorno è diviso in 10 “ore decimali” (2,4 ore)
 - Un’ora decimale è divisa in 100 “minuti decimali” (86,4 s)
 - Un minuto decimale è diviso in 100 “secondi decimali” (0,864 s)



Il sistema rivoluzionario francese

- Quando venne introdotto nel 1794, ne fu reso obbligatorio l'uso...
- ...ma appena un anno dopo si tolse l'obbligo, con queste motivazioni:
 - Usare gli stessi termini “ora” e “minuto” confondeva, ma introdurne di nuovi sarebbe stato complicato per la gente del popolo
 - Cambiare tutti gli orologi della nazione sarebbe costato troppo
- È sopravvissuto in astronomia, dove oggi si usa regolarmente il [Giorno giuliano](#): questa lezione è iniziata al tempo 2.460.961,875JD (circa)



Come si misura il tempo

- Torniamo alla domanda iniziale: come si misura il tempo?
- Consideriamo un problema pratico: voglio stabilire chi tra miei due amici, Luca e Serena, corre più velocemente, prendendo come riferimento una pista di atletica lunga 100 m



Come si misura il tempo

- Supponiamo ora che lo stesso problema abbia una complicazione
- Luca è presente oggi al campo d'atletica, ma Serena arriverà solo la settimana prossima
- Luca però domani deve partire per un viaggio, e starà via a lungo, quindi è impossibile farli correre contemporaneamente



Come si misura il tempo

- Aggiungiamo adesso un'altra complicazione
- In un momento in cui eravamo un po' alticci, avevamo scommesso che non avremmo usato strumenti convenzionali come orologi o cronometri
- Dobbiamo inventare il nostro “cronometro”: possiamo usare qualsiasi oggetto d'uso comune per stabilire un'unità di tempo con cui misurare il tempo impiegato dai due corridori
- Ovviamente questo nostro “cronometro” deve garantire una misura ripetibile (Luca è sul campo già oggi, ma Serena arriverà solo la settimana prossima!)



Metodi di misura del tempo

- App “Orologio” del cellulare
- Orologio da polso
- Metronomo da musicista
- Clessidra
- Meridiana solare
- ...



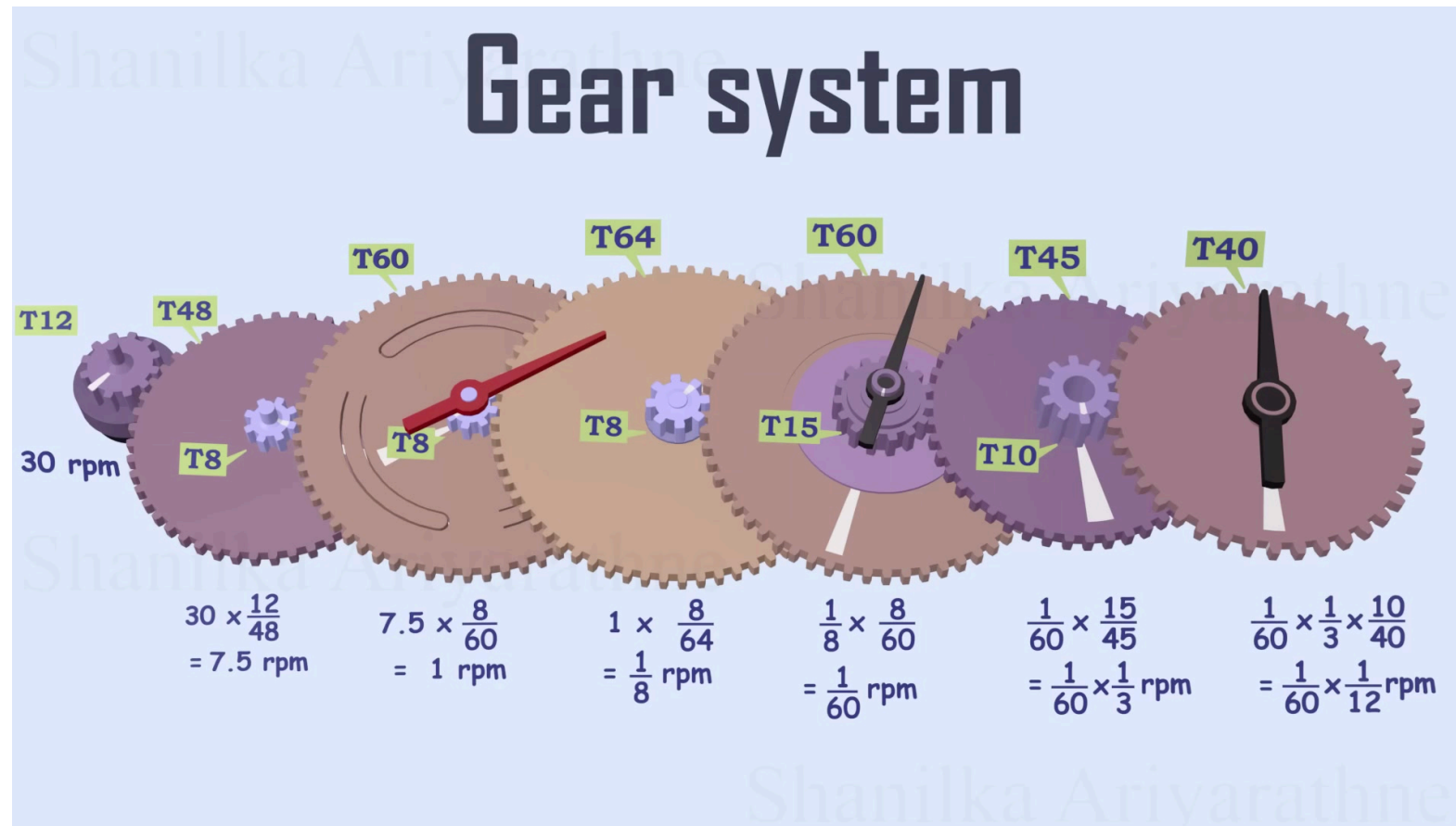
(Clessidra in vendita su Amazon)



<https://en.wikipedia.org/wiki/Metronome>



https://en.wikipedia.org/wiki/Crystal_oscillator



How Does a Clock work ? | Crystal oscillator | Flip-Flop | Lavet type motor
(YouTube)



Punti in comune

- Abbiamo visto alcuni metodi con cui misurare il tempo:
 - Clessidre
 - Metronomi
 - Oscillatori al quarzo (usati in orologi da polso e nei cellulari)
- C'è qualcosa di comune nel loro principio di funzionamento?



Punti in comune

- Queste sono le cose in comune:
 1. C'è qualcosa che si muove (sabbia, braccio del metronomo, denti del diapason)
 2. Gli strumenti più comodi da usare hanno un movimento che si ripete, in linea di principio per sempre
- Il movimento è fondamentale: è solo tramite esso che ci si rende conto del passare del tempo!



La velocità



Chi è il più veloce?

- Torniamo al caso della corsa tra Luca e Serena, ed andiamo un po' oltre
- Non ci basta vedere chi dei due sia più veloce, vogliamo anche misurare **quanto**
- Come possiamo “quantificare” la velocità?



Distanza e tempo

- La velocità usa un'unità di misura **derivata**, perché è una lunghezza divisa per un tempo:

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t}.$$

- L'unità più comune sono i chilometri all'ora (km/h), che vengono misurati dai tachimetri sulle automobili
- Nel SI però, la velocità si misura in metri al secondo (m/s)



Definizione della velocità

- Perché dividere la distanza percorsa per il tempo?
- Non si potrebbe invece decidere di moltiplicare tra loro distanza e tempo?
- Oppure sommarli?
- Oppure...



Esempio

- Se percorro 10 metri in 4 secondi (caso A), la mia velocità è

$$v_A = \frac{10 \text{ m}}{4 \text{ s}} = 2,5 \text{ m/s.}$$

- Se percorro i medesimi 10 metri in 2 secondi (caso B), la mia velocità è

$$v_B = \frac{10 \text{ m}}{2 \text{ s}} = 5,0 \text{ m/s.}$$

- Mantenendo il tempo al **denominatore**, la velocità maggiore è attribuita effettivamente al caso più veloce (B)!



Velocità media e istantanea

- Ci sono due tipi di velocità: **media** ed **istantanea**
- Entrambe le velocità si misurano in metri al secondo (o km/h), ma il loro significato è diverso



<https://en.wikipedia.org/wiki/Tachometer>



OpenStreetMap Edit History Export GPS Traces User Diaries Communities More Log In Sign Up

OSRM ×

📍 Milan, Lombardy, Italy | 📍 Rome, Roma Capitale, Lazio, Italy

Directions

Distance: 575km. Time: 6:02.

1. Start on **Via Silvio Pellico** 20m
2. Turn left onto **Via Carlo Cattaneo** 60m
3. Turn right onto **Via Giuseppe Mengoni** 100m
4. Slight right onto **Via Santa Margherita** 180m
5. Continue on **Via Alessandro Manzoni** 700m
6. Turn right onto **Via Senato** 500m
7. Continue on **Via San Damiano** 200m
8. Continue on **Via Uberto Visconti di Modrone** 140m
9. Turn left onto **Via Pietro Mascagni** 400m
10. At the end of the road turn right onto **Viale Bianca Maria** 400m
11. Continue on **Piazza Cinque Giornate** 130m
12. Continue on **Viale Regina Margherita** 500m
13. Continue on **Viale Emilio Caldara** 600m
14. Turn left onto **Piazzale Medaglie** 20m

<https://www.openstreetmap.org>



Calcoli con unità di misura



Calcoli con unità di misura

- Quando diciamo che un'auto va a 90 km/h, stiamo usando due tipi di misure: una di *spazio* e una di *tempo*.
- La velocità misurata in km/h non usa le unità del SI, che dovrebbero essere m/s
- Convertire unità di misura basate sul tempo è complicato, perché **abbiamo visto** che le sue unità sono complicate!
- Vediamo ora alcune tecniche con cui convertire facilmente unità di misura



Calcoli con unità di misura

- Le unità di misura si semplificano proprio come i numeri:

$$\frac{30 \text{ m} \cdot \text{kg}}{10 \text{ m}} = \frac{30\cancel{\text{m}} \cdot \text{kg}}{10\cancel{\text{m}}} = \frac{30 \text{ kg}}{10} = 3 \text{ kg}$$

- Moltiplicate tra loro si combinano:

$$2 \text{ m} \times 3 \text{ m} = 6 \text{ m}^2.$$



Conversione di unità di misura



Comprensione del metodo

- A parte casi “patologici” come la temperatura ($^{\circ}\text{C}$, $^{\circ}\text{F}$, K), di solito per convertire un’unità di misura basta moltiplicare o dividere per qualche coefficiente
- Sorprendentemente, molti studenti sbagliano le conversioni (persino studenti di fisica di anni avanzati!)
- Per comprendere il senso dell’operazione, prendiamo il discorso alla larga



La divisione

- Il metodo che fornisco per capire come convertire tra unità di misura vuole essere molto intuitivo...
- ...ma richiede comunque di conoscere molto bene le quattro operazioni!
- In particolare, occorre avere un'idea intuitiva del significato della divisione, che vada oltre il semplice conto meccanico.



Usi pratici della divisione

- Supponiamo di aver contratto con un nostro amico un debito di 12€
- Abbiamo stabilito che restituiremo questo debito in rate settimanali di 2€ ciascuna
- Quante rate dovremo pagare?



$$\frac{12 \text{ euro}}{2 \text{ euro}} = \frac{12 \cancel{\text{euro}}}{2 \cancel{\text{euro}}} = 6 \text{ (numero di volte che devo pagare).}$$



Quante rate dovremmo pagare se ogni rata fosse 3€?

E quanto se ogni rata fosse 4€?

E se ogni rata fosse 6€?



Quante rate dovremmo pagare se una rata fosse 12€?



$$\frac{12 \text{ euro}}{12 \text{ euro}} = \frac{12 \cancel{\text{euro}}}{12 \cancel{\text{euro}}} = 1 \text{ (numero di volte che devo pagare).}$$



Euro e centesimi

- Ovviamente $1\text{€} = 100$ centesimi
- Di conseguenza, possiamo calcolare il numero di rate mescolando euro e centesimi:

$$1 = \frac{12 \text{ euro}}{12 \text{ euro}} = \frac{1 \text{ 200 cent}}{12 \text{ euro}} = \frac{12 \text{ euro}}{1 \text{ 200 cent}} = \frac{1 \text{ 200 cent}}{1 \text{ 200 cent}}.$$



Dagli euro al tempo

Quanto vale questo rapporto?

$$\frac{60 \text{ s}}{60 \text{ s}} = ?$$



Dagli euro al tempo

E questo?

$$\frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = ?$$



Proprietà del prodotto

- Stiamo pazientemente avvicinandoci alla formula per la conversione di unità di misura
- Ci serve però anche un'altra proprietà, stavolta legata al *prodotto*
- (Avevamo infatti detto che nelle conversioni è importante sia la divisione che il prodotto!)



Uso del prodotto

- Si deve fare una colletta di beneficenza tra cinque (5) amici.
- Ognuno dà 10€. Quanti soldi si sono raccolti in tutto?



Uso del prodotto

$$10 \text{ euro} \times 5 = 50 \text{ euro.}$$



Uso del prodotto

E se ci sono otto (8) amici, ciascuno dei quali dona 5€?



Uso del prodotto

$$5 \text{ euro} \times 8 = 40 \text{ euro.}$$



Uso del prodotto

Cosa succede se a donare i 5€ è una persona sola?



Uso del prodotto

$$5 \text{ euro} \times 1 = 5 \text{ euro.}$$



Riassunto

Riassumendo, abbiamo individuato queste proprietà, che ci serviranno tra un momento:

1. Dividere una quantità per sé stessa è uguale ad 1, **anche se la quantità è espressa in unità diverse** (euro o centesimi, secondi o minuti)
2. Moltiplicare una quantità per 1 lascia la quantità invariata



Conversione di unità di misura

- Il metodo più intuitivo per convertire da un'unità di misura ad un'altra è quello di moltiplicare la quantità per 1, scrivendo però questo 1 come un rapporto tra due espressioni che usano unità di misura diverse
- Ad esempio, per convertire 660 secondi in minuti si fa così:

$$\begin{aligned} 660 \text{ s} &= 660 \text{ s} \times 1 = 660 \text{ s} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 660\cancel{\text{s}} \times \frac{1 \text{ min}}{60\cancel{\text{s}}} = \\ &= 660 \times \frac{1 \text{ min}}{60} = \frac{660}{60} \text{ min} = 11 \text{ min.} \end{aligned}$$



Avvertenze

- Occorre avere un po' d'occhio per capire cosa mettere al numeratore e al denominatore della frazione che vale 1!
- L'obiettivo è quello di **semplificare** l'unità di misura che vogliamo convertire, e far apparire quella che ci interessa.
- Se anziché moltiplicare per 1 min/60 s avessimo moltiplicato per 60 s/1 min, avremmo solo fatto un pasticcio:

$$660 \text{ s} = 660 \text{ s} \times 1 = 660 \text{ s} \times \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = 660 \times 60 \frac{\text{s}^2}{\text{min}} = \dots$$



Caso generale

- Abbiamo visto il “trucco” di moltiplicare per 1 nel caso in cui ci siano misure di tempo, perché queste sono complicate
- Ma in realtà il trucco ha una validità generale, e funziona anche con altre misure
- Potete provare ad applicarlo per convertire tonnellate (1000 kg) in grammi, o chilometri quadrati in metri quadrati



Come usare i grafici

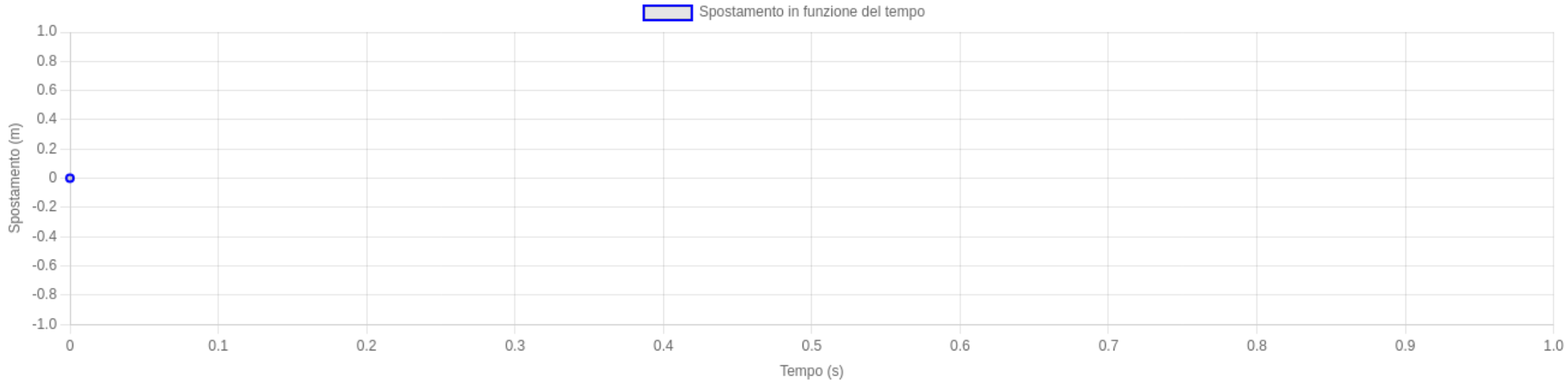


Come usare i grafici

- Nel mondo scientifico, si usano molto i grafici: essi consentono di rappresentare quantità numeriche altrimenti difficili da interpretare
- Dovreste aver già visto nella scuola secondaria come si creano e si leggono i grafici
- Facciamo però un esempio interattivo per rispolverare alcuni concetti importanti



Legge oraria di uno spostamento



Durata (s): 1

Velocità (m/s): 1

Aggiungi spostamento

Aggiungi pausa

Cancella tutto

Motion Steps

#	Tipo	Durata (s)	Velocità (m/s)	Tempo finale (s)	Posizione finale (m)
---	------	------------	----------------	------------------	----------------------



Moto e forze

- Abbiamo fatto sinora uno studio **cinematico**: la cinematica è la scienza che studia quantitativamente il moto dei corpi
- Tre tipi di moti importanti nella cinematica sono i seguenti:
 - Moto rettilineo uniforme: un corpo si muove in linea retta, sempre alla stessa velocità
 - Moto rettilineo uniformemente accelerato
 - Moto armonico
- Sappiamo già tutto sul primo; vediamo ora brevemente gli altri due



Moto uniformemente accelerato

- È il tipo di moto che segue un oggetto che cade verticalmente
- La velocità aumenta, secondo dopo secondo, di 10 m/s (ossia 36 km/h):
 1. Se si parte da fermi, dopo 1 s si cade a 10 m/s
 2. Dopo un altro secondo, a 20 m/s
 3. Dopo un altro secondo, a 30 m/s ...
- Il valore 10 m/s vale **solo sulla Terra!**





L'accelerazione

- È la misura di quanto cambia la velocità col tempo:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

- Nel caso della caduta di un corpo, ogni secondo ($\Delta t = 1 \text{ s}$) il corpo aumenta la sua velocità di $\Delta v = 10 \text{ m/s}$, quindi

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{10 \text{ m/s}}{1 \text{ s}} = 10 \text{ m/s}^2.$$

- Attenzione: “accelerazione” si scrive **con una elle!**



Caduta sulla Luna



- Come già accennato, sulla Luna l'accelerazione di gravità è appena $1,6 \text{ m/s}^2$.
- Questo significa che i corpi impiegano più tempo che sulla Terra per cadere.



Tempo	Velocità (🌍)	Velocità (🌕)	Posizione (🌍)	Posizione (🌕)
0 s	0 m/s	0 m/s	0 m	0 m
1 s	10 m/s	1,6 m/s	5 m	0,8 m
2 s	20 m/s	3,2 m/s	20 m	3,2 m
3 s	30 m/s	4,8 m/s	45 m	7,2 m
4 s	40 m/s	6,4 m/s	80 m	12,8 m

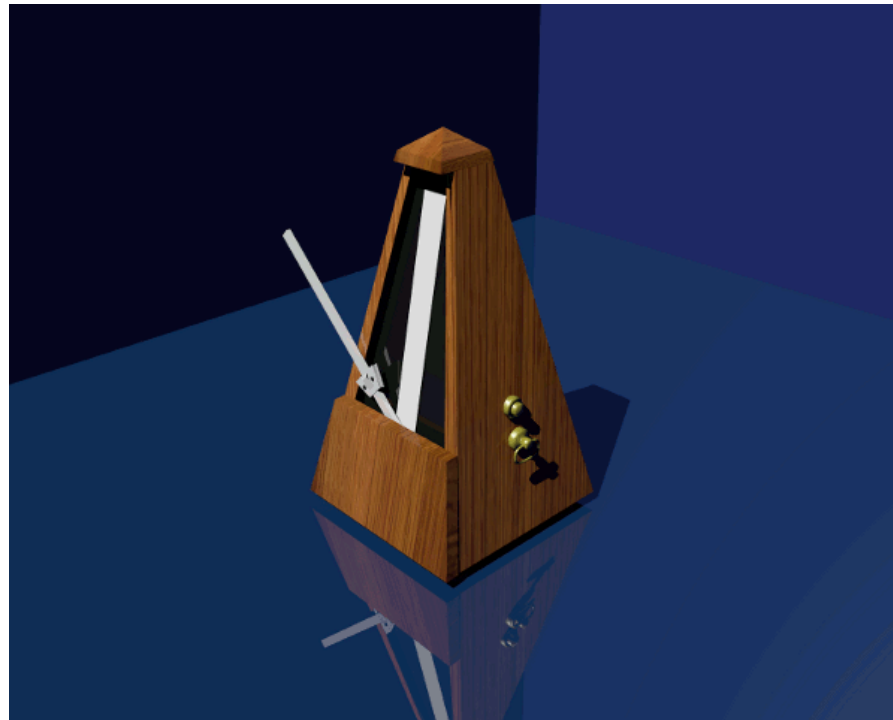
- Capire la posizione non è semplice: occorre conoscere il calcolo integrale!
- Se g è l'accelerazione (10 m/s^2 oppure 1.6 m/s^2), la formula è

$$\text{Posizione} = \frac{1}{2} \times g \times t^2$$



Moto armonico

- È il tipico moto “avanti e indietro” di un metronomo, un diapason o un’altalena
- Molto importante per l’acustica, come vedremo





Dalla cinematica alla dinamica



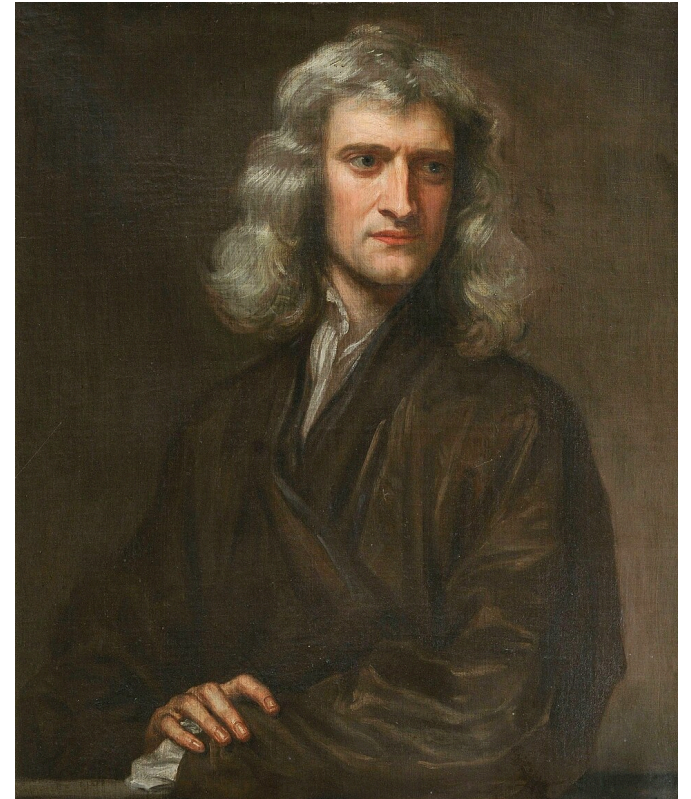
Perché il moto?

- Spostiamoci ora dalla cinematica alla **dinamica**, che studia il **motivo** per cui le cose si muovono
- Nel corso della storia del pensiero umano, furono avanzate molte ipotesi per spiegare il moto. Alcuni esempi:
 - **Secondo Aristotele**, le cose del mondo “sublunare” sono fatte di un miscuglio dei “quattro elementi” (terra, aria, acqua, fuoco), e tendono ad avvicinarsi a sostanze di natura simile: sassi, piume, fumo, bolle d’aria...
 - **Secondo Buridano** (ripreso da Oresme e Cartesio), gli oggetti si trasferiscono una sostanza, detta “impeto” (per cartesio: “quantità di moto”), che li fa muovere



La dinamica Newtoniana

- Nel XVIII secolo, sir Isaac Newton formulò una teoria della dinamica straordinariamente efficace
- Lo stato naturale dei corpi è il **moto rettilineo uniforme**
- Se un moto non è rettilineo uniforme, vuol dire che qualcosa sta agendo sul corpo: una **forza**





Principi di Newton

1. Lo stato naturale (“imperturbato”) dei corpi è il moto rettilineo uniforme (incluso lo stato di quiete!)
2. Un corpo sottoposto a forze si muove di moto accelerato (o decelerato), e l’accelerazione è proporzionale alla somma delle forze
3. Se un corpo A esercita una forza sul corpo B, il corpo B esercita una forza uguale e contraria sul corpo A

(Molto importante impararli tutti e tre!)



Conclusioni



Cosa sapere per l'esame

- Tempo e sue unità di misura
- Calcoli e conversioni di unità di misura
- Cinematica: velocità, velocità media e velocità istantanea
- Dinamica di Newton; le tre leggi