



Fisica – Lezione 3

Dinamica, lavoro ed energia

Maurizio Tomasi (maurizio.tomasi@unimi.it)

Lunedì 20 ottobre 2025



Argomenti di oggi

- Leggi di Newton
- Periodicità in natura
- Lavoro ed energia
- Conservazione dell'energia



Inquisitori accademici onorari



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!)



Primo principio



2001: a space odyssey (S. Kubrick, 1968)



Secondo principio



- In quest'immagine (*Little miss Sunshine*, Dayton & Faris, 2006) il furgoncino si muove perché qualcuno lo spinge
- La forza impressa causa un'accelerazione sul furgoncino, che partiva da fermo ma ha aumentato la sua velocità



Terzo principio



- La macchina si ferma (= cambia la sua velocità) perché il muro esercita una forza contro di essa
- Anche il muro si muove, perché si deforma



Terzo principio

- Il terzo principio di Newton è detto anche “di azione e reazione”:
 - Se agisco con una forza su un corpo (“azione”)...
 - ...anche il corpo reagisce con una forza su di me (“reazione”)
- È il motivo per cui quando do un pugno al muro mi faccio male!



Discussiamo insieme

- Perché se faccio rotolare una palla a terra, dopo un po' si ferma?
- Perché una piuma cade più lentamente di una palla da bowling? (Una volta data una risposta, guardate [questo video](#))



Somma di forze

- Il secondo principio dice che se più forze agiscono su uno stesso corpo, queste si **sommano**
- Se quindi due forze agiscono in senso opposto e si bilanciano, l'accelerazione complessiva sarà nulla e il corpo non si sposta!





Statica

- La “statica” è la parte della fisica che studia i corpi che stanno fermi
- Per il secondo principio, i corpi che stanno fermi devono essere soggetti a forze che si annullano
- Il caso di una mano che spinge il muro è un esempio di problema di statica
- Un ingegnere edile deve essere esperto di statica!



Caduta di una molla (#1)

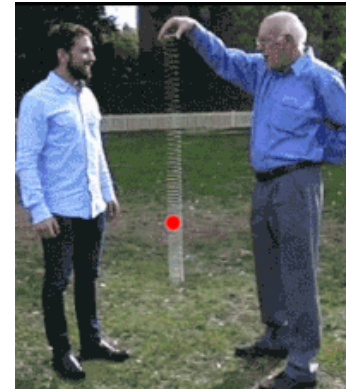
- Lasciando penzolare una molla e facendola cadere, avviene un fenomeno interessante
- La cima della molla cade verso terra con un'accelerazione **maggiore** di $g = 10 \text{ m/s}^2$, ma il fondo della molla sembra stare sospeso a mezz'aria
- Perché secondo voi capita questo?





Caduta di una molla (#2)

- Il centro della molla cade seguendo la legge del moto rettilineo uniformemente accelerato
- La cima della molla però ha due forze che la spingono in basso: la gravità e la forza elastica della molla
- Anche il fondo della molla subisce le due forze (gravità ed elastica), ma sono di verso opposto e si bilanciano



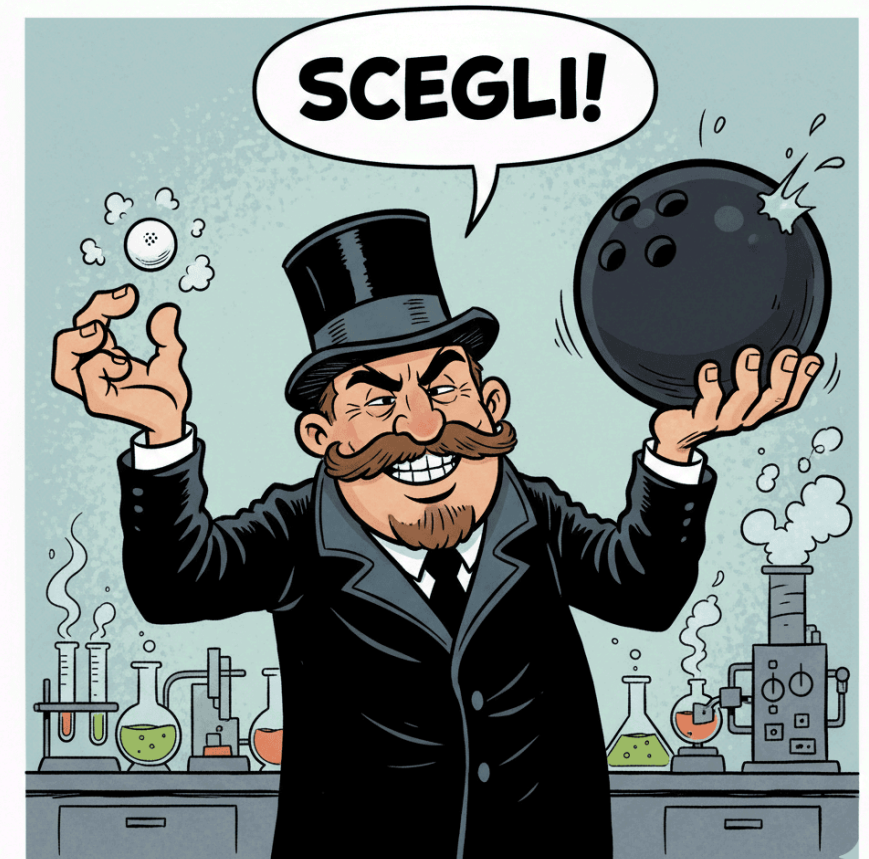


L'inerzia



Il concetto di “inerzia”

- Se vi lanciassero addosso una palla e doveste fermarla con la mano, preferireste che fosse da ping-pong o da bowling?
- Se il vostro mezzo si ferma in mezzo alla strada e dovete spingerlo fuori dalla carreggiata, è meglio che sia una Fiat 500 o un tir a pieno carico?





Massa inerziale

- La “massa” (si misura in chilogrammi, kg) è una quantità intrinseca dei corpi che dice quanto è difficile metterli in moto (o fermarli)
- Maggiore è la massa, maggiore è la forza necessaria ad accelerarli
- In effetti, la seconda legge di Newton dice che se la forza totale è F , un corpo di massa m subirà un’accelerazione

$$a = \frac{F}{m}$$



Massa inerziale

$$a = \frac{F}{m}$$

- Se F è grande ma m è colossale, allora a sarà piccola. Esempio: un rimorchiatore attaccato ad una nave merci a pieno carico.
- Se F è piccola ma m è minuscola, allora a sarà grande. Esempio: soffiare su dei granelli di polvere.



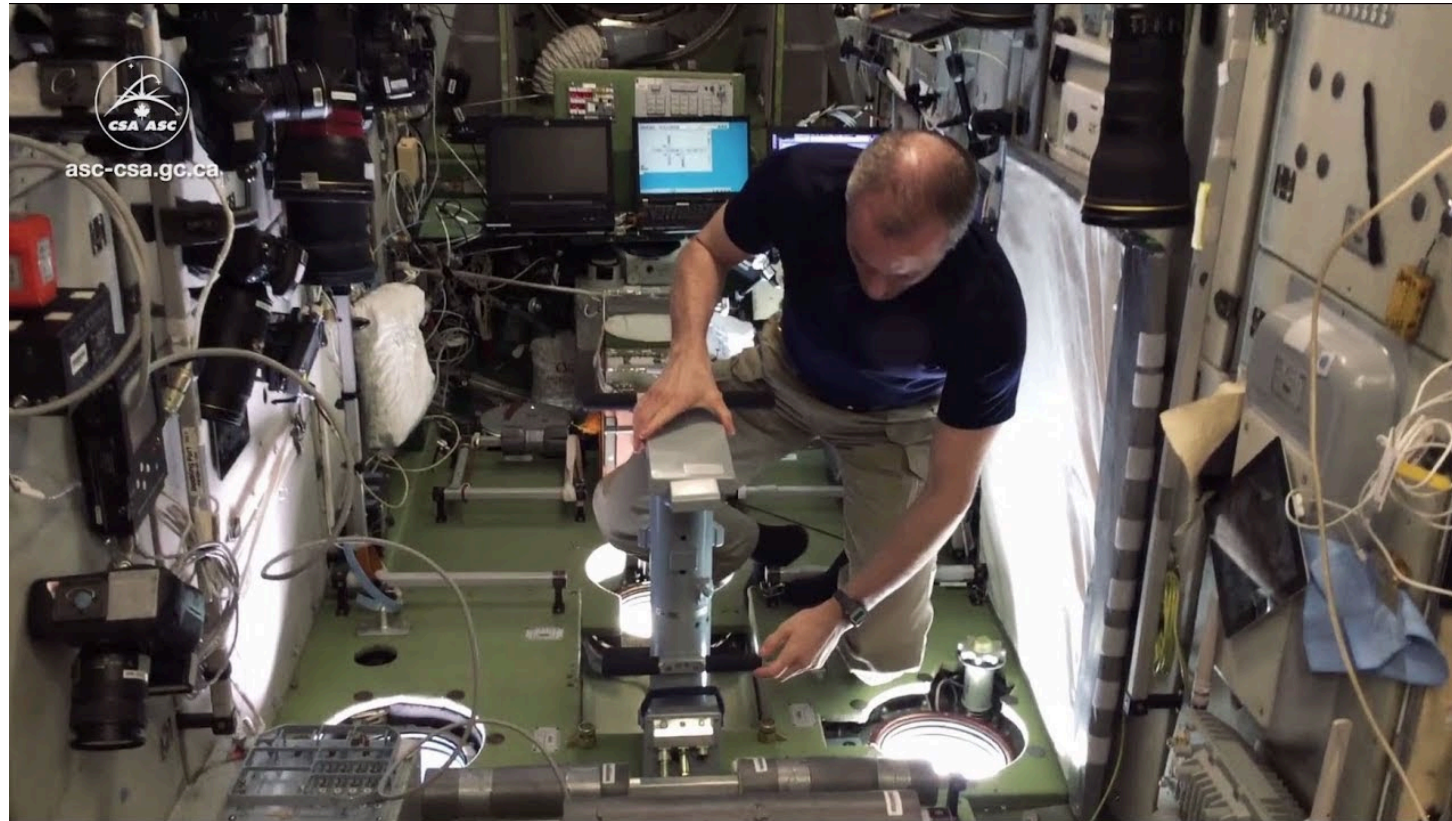


Massa e peso

- Nella vita quotidiana si tende a confondere la massa col peso.
- Ma sono due concetti diversi: il primo è un'unità del SI, il secondo è la forza che fa cadere i corpi a terra. Quindi:
 - La massa produce resistenza all'azione delle forze anche per un corpo nello spazio vuoto (l'astronauta di *2001: odissea nello spazio*)
 - Il peso invece è la forza che fa accelerare verso il suolo. Esso esiste solo sulla Terra o sui pianeti, e cambia il suo valore (sulla Luna il peso è minore).



Pesare gli astronauti?



How do astronauts weigh themselves in space? (Agenzia Spaziale Canadese)



Unità di misura

- Se l'accelerazione si misura in m/s^2 e la massa in kg, allora

$$a = \frac{F}{m}$$

$$m \times a = F$$

e quindi la forza F è il prodotto di m/s^2 e di kg

- In onore di sir Isaac Newton, si definisce “Newton” la forza che accelera un corpo di 1 kg di 1 m/s^2 :

$$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2$$



Applicazione alla gravità



Low Earth Orbit Visualization



2025-10-20T10:52:40.869Z

Scenario ?

Solar System

Date ?

2025-10-20T10:52:40.869Z

Point of view ?

Free camera

Look at ?

System

Planet Scale 10x ?

Animation speed ?



? credits

jsOrrery — Javascript Solar System Simulator



Bilanciamento di forze

- I pianeti viaggiano su orbite circolari anziché precipitare sul Sole perché posseggono **inerzia**, ossia la tendenza a viaggiare in linea retta
- Tutti i corpi posseggono inerzia, che è legata alla loro massa: più ne hanno, più è difficile deviarli
- Quando il Sistema Solare si è formato, i pianeti avevano una certa velocità iniziale: per questo non sono precipitati verso il Sole (e non precipiteranno!)



Orbite periodiche

- Il Sistema Solare si è formato cinque miliardi di anni fa (“cinque giga-anni”!), e i pianeti hanno (quasi) sempre orbitato nelle orbite che osserviamo oggi
- Questa stabilità è espressione di una quantità che viene conservata: l'**energia**:
 1. Un corpo in moto possiede una certa quantità di **energia cinetica** E_c , che misura la sua inerzia
 2. Un pianeta “sente” l’attrazione gravitazionale del Sole, che è quantificata dall’**energia potenziale gravitazionale** E_g
- I pianeti orbitano per miliardi di anni perché nessuna delle due energie prevale sull’altra

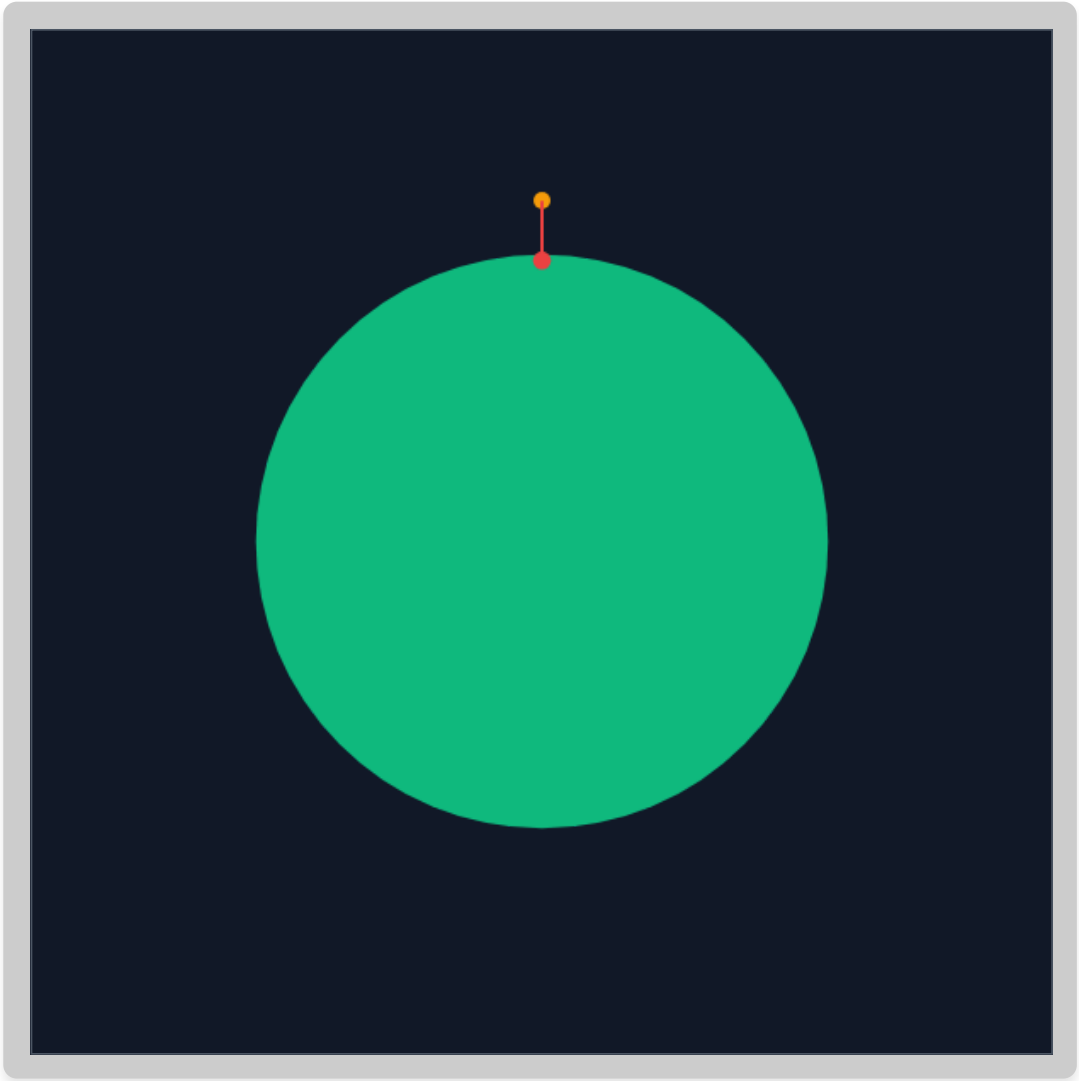


Controlli Simulazione

Velocità Iniziale (m/s):

Valore: 0 m/s

Riprova Lancio





Dalle forze all'energia



Dalle forze all'energia

- Introduciamo ora due concetti molto importanti: il **lavoro** e l'**energia**
- Il concetto di “lavoro” è diverso da quello del senso comune, ma è molto importante perché conduce al concetto di energia, che è **fondamentale!**
- L'energia è qualcosa di molto rilevante nel contesto quotidiano... e anche politico: ci sono state guerre esplose per questioni energetiche!





Lavoro in fisica

- Abbiamo visto che una forza produce un'accelerazione, e può portare un corpo a muoversi
- Il lavoro L è il **prodotto della forza applicata F e dello spostamento Δx** :

$$L = F \times \Delta x$$

Ma, attenzione! Lo spostamento dev'essere nella stessa direzione della forza!

- Il lavoro serve per rappresentare quanto è stata “utile” una forza: questo ovviamente nell'ipotesi che lo scopo per cui si usa una forza sia quello di muovere i corpi!



Lavoro in fisica e nell'uso comune

- Si potrebbe pensare che il lavoro misuri la “fatica”: se sposto una cassa pesante per 10 metri, fatico più che a spostarla per 5 metri
- Però bisogna fare attenzione: il lavoro tiene conto dello **spostamento effettivo** Δx di un corpo, e questo spostamento dev'essere nella direzione giusta!
- Se la cassa è pesantissima e, pure spingendola, non si muove, io fatico molto ma **non compio alcun lavoro**: $L = F \times \Delta x = F \times 0 = 0$. Ugualmente, se spingo in avanti ma il corpo si muove a destra, il lavoro che compio è comunque nullo. (Se si spostasse indietro, L sarebbe negativo!)



Definizione di lavoro

$$L = F \times \Delta x$$

- Il lavoro L è il prodotto della forza F per lo spostamento Δx
- Più una forza sposta un corpo lungo la “propria” direzione, maggiore è L
- Si può compiere un lavoro L significativo in vari modi:
 1. Applico una forza F grande
 2. Applico la forza F a lungo, in modo che il corpo si sposti molto (grande Δx)
 3. Metto insieme le due cose, in modo che siano grandi sia F che Δx



Unità di misura

- L'unità di misura SI del lavoro è il Joule:

$$1 \text{ J} = 1 \text{ N} \times 1 \text{ m}.$$

- Sono però molto usate anche queste due unità:
 1. La *caloria* (cal): $1 \text{ cal} = 4,184 \text{ J}$
 2. Il chilowattora (kWh): $1 \text{ kWh} = 3.600.000 \text{ J} = 3.6 \text{ MJ}$



**QUANTITÀ MEDIA
PER 100 g DI PRODOTTO:**

Valore energetico kJ 1596 - kcal 376		
Proteine	g	13,1
Carboidrati	g	76,5
di cui zuccheri	g	13,1
Grassi	g	1,3
di cui saturi	g	0,8
Fibre alimentari	g	3,1
Sodio	g	0,70

Ingredienti: riso (60%), frumento integrale (15%), zucchero, glutine di frumento, malto d'orzo, farina di frumento, latte scremato in polvere, sale, germe di frumento, emulsionanti: mono e digliceridi degli acidi grassi. Può contenere tracce di arachidi, frutta



SPESA PER LA MATERIA ENERGIA			Unità di misura	
QUOTA FISSA				
Dicembre 2021	€/cliente/mese	3,850200	mesi 1	3,85
Gennaio 2022	€/cliente/mese	3,850200	mesi 1	3,85
QUOTA ENERGIA				
ENERGIA				
In F1 dal 04/11/2021 al 30/11/2021	€/kWh	0,218760	kWh 60	13,13
In F23	€/kWh	0,197480	kWh 129	25,47
In F1 dal 01/12/2021 al 31/12/2021	€/kWh	0,218760	kWh 80	17,50
In F23	€/kWh	0,197480	kWh 147	29,03
In F1 dal 01/01/2022 al 05/01/2022	€/kWh	0,383130	kWh 13	4,98
In F23	€/kWh	0,340210	kWh 25	8,51





Lavoro di un piatto di riso?!?

- Abbiamo detto che il lavoro è il valore di una forza moltiplicato per il suo spostamento
- Ma cosa c'entrano le forze e gli spostamenti con un piatto a base di riso?
- O con la corrente che ci arriva in casa con cui teniamo accesa la luce?



Lavoro ed energia

- È possibile associare ai corpi una quantità chiamata **energia**
- Essa descrive lo stato in cui si trova un corpo in un certo istante
- Si misura con la stessa unità del lavoro, perché se si calcola l'energia all'inizio e alla fine di uno spostamento, si scopre che **il lavoro compiuto da tutte le forze è uguale a una variazione dell'energia associata a quella forza**



Esempio: corpo che cade

- Consideriamo un corpo di 1 kg che cade da un'altezza di 1 m.
- Esso cade a causa della forza di gravità; il corpo cade lungo la verticale, quindi la forza compie lavoro:

$$L = F \times \Delta x = mg \times 1 \text{ m} = 1 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 1 \text{ m} = 10 \text{ J}.$$

- Si può dimostrare che alla forza di gravità è associata una “energia gravitazionale”, che diminuisce esattamente della quantità 10 J.



Lavoro ed energia

- L'energia può essere vista come **la capacità di un corpo di compiere lavoro**: l'energia gravitazionale è ciò che rende possibile lo spostamento di un corpo che cade
- Oltre all'energia gravitazionale ci sono altri tipi, e tutti sono associati a qualche tipo di forza
- Vediamo i più importanti



Energia cinetica

- È l'energia che ha un corpo per il fatto stesso di muoversi:

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2.$$

- Se un corpo in movimento ne urta uno fermo, quest'ultimo si muove: è stato compiuto lavoro.
- **Attenzione:** un corpo che si muove di moto rettilineo uniforme non compie lavoro!





Esempio

- Un uomo di massa 80 kg parte da fermo e si muove a 1 m/s
- La sua energia cinetica iniziale è

$$E_c^{(i)} = 0 \text{ J}$$

- Quella finale è

$$E_c^{(f)} = \frac{1}{2} \times 80 \text{ kg} \times (1 \text{ m/s})^2 = 40 \text{ J}$$

- Di conseguenza, la forza di gravità ha compiuto un lavoro uguale a 40 J.



Conclusioni



Cosa sapere per l'esame

- Leggi di Newton, inerzia, differenza tra massa e peso
- Lavoro ed energia
- Unità di misura del lavoro e dell'energia