

Lezione 17: le macchine

17.1. Che cosa è una macchina?

Il termine macchina, nell'uso comune della lingua italiana, sta diventando sinonimo di "automobile", cioè, alla lettera, "dispositivo capace di muoversi da sé". Per esser più precisi, un'automobile è un dispositivo il cui scopo è quello di produrre da sé il proprio movimento. Il termine macchina, tuttavia, ha un significato molto più ampio (► fig.17.1): pensiamo alla macchina per fare il caffè, o a quella per cucire, o a quella per impastare. Tutte hanno qualcosa che si muove, ma non è il movimento il loro scopo ultimo. Vedremo più avanti come dal punto di vista della Fisica siano macchine un frullatore e una leva, una lampadina elettrica e una pila. Che cosa hanno in comune? Sono tutti dispositivi progettati per effettuare conversioni di energia.

*Chiamiamo **macchina** un dispositivo che funzioni accettando in ingresso una qualche forma di energia e producendo in uscita un'altra forma di energia.*

La macchina per impastare trasforma l'energia elettrica in energia meccanica (il movimento dell'impastatrice appunto). Anche una lampadina, da questo punto di vista, è una macchina, perché accetta energia elettrica in ingresso e la trasforma in energia luminosa in uscita.

17.2. Una classificazione delle macchine

Un possibile modo di classificare le macchine è quello descritto nella tabella che segue (► tab. 17.1). Il criterio con cui la tabella è organizzata è assai semplice: la prima riga elenca le possibili forme di energia in ingresso, la prima colonna le possibili forme di energia in uscita. Ogni macchina effettua la trasformazione corrispondente all'incrocio in cui è collocata: la dinamo, per esempio, trasforma energia meccanica in energia elettrica.

		Energia in ingresso				
		Meccanica	Chimica	Elettrica	Termica	Luminosa
Energia in uscita	Meccanica	Volano Leva		Motore elettrico	Macchina a vapore	
	Chimica			Carica batterie		
	Elettrica	Dinamo Alternatore	Pila	Filo elettrico Trasformatore		Cella fotovoltaica
	Termica	Freno		Radiatore elettrico	Impianto termosifoni	
	Luminosa			Lampadina		Fibra ottica

Tab. 15.1 una classificazione delle macchine in base alla conversione di energia che effettuano. Un motore elettrico, ad esempio, trasforma energia elettrica (in ingresso) in energia meccanica (in uscita)

Provate a inserire nuove macchine nella tabella, magari completando alcune delle celle che abbiamo lasciato in bianco, ma attenzione: a volte potrebbe trattarsi di macchine ancora da inventare!

Notate le macchine che si trovano lungo la diagonale principale della tabella: per esse l'energia in uscita è dello stesso tipo di quella in ingresso. A volte si tratta di macchine semplicemente destinate a trasportare energia da un posto all'altro, come i fili elettrici o le fibre ottiche. Altre volte, invece, si tratta di macchine fatte per cambiare le condizioni di utilizzo dell'energia, come ad esempio i trasformatori che in casa vostra convertono l'energia elettrica dai 220 volt della rete ai 12 volt che servono per alimentare, ad esempio, una piccola lampada alogena.

17.3. Una schematizzazione delle macchine

Abbiamo detto che ogni macchina viene progettata per convertire energia entrante in una qualche forma di energia utile uscente. Tuttavia ogni macchina non può effettuare integralmente tale conversione, ma è costretta a sprecare una quota di energia entrante in forme diverse da quella per cui è stata progettata.

Una lampadina ad incandescenza, per esempio, è fatta per convertire energia elettrica in luce, ma nel suo funzionamento produce anche una certa quantità di energia termica. Tale effetto non è eliminabile: per produrre luce la lampada a incandescenza deve scaldarsi, e quindi scaldare l'ambiente con cui è in contatto. L'energia termica ceduta all'ambiente è certamente sprecata dal punto di vista della luce prodotta, a volte è addirittura dannosa (pensate agli ambienti fortemente illuminati nelle afose notti d'estate). Le lampade a fluorescenza (le cosiddette lampade a risparmio energetico) consumano meno energia elettrica proprio perché sprecano in energia termica una quota assai minore dell'energia che ricevono in ingresso.

Possiamo perciò rappresentare una macchina con uno schema come quello che segue (► fig.17.1). La seconda freccia in uscita, che abbiamo indicato con l'espressione "energia dispersa", non è purtroppo eliminabile. Un bravo progettista sa come ridurre al minimo la freccia indesiderata. Nessuno, invece, potrà mai farla sparire del tutto.

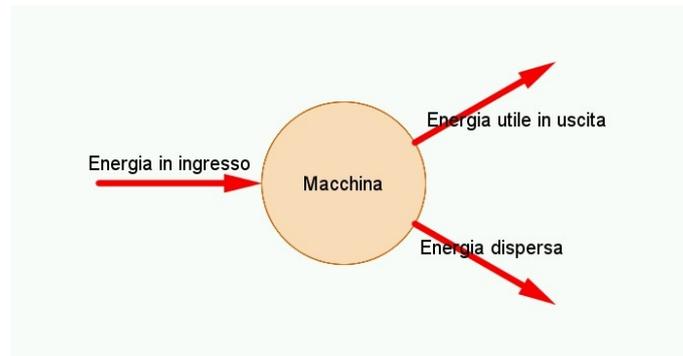


Fig.17.1 uno schema adatto a rappresentare il funzionamento di qualunque macchina

Poiché sappiamo già che l'energia si conserva, ogni macchina deve convertire, in una forma o nell'altra, tutta l'energia che riceve in ingresso. Le tre frecce di fig.17.2 sono quindi legate da una relazione assai semplice:

$$\text{Energia in ingresso} = \text{Energia utile in uscita} + \text{Energia dispersa}$$

17.4. Le macchine semplici

"Datemi un punto d'appoggio e vi solleverò il mondo!" La famosa frase, attribuita ad Archimede di Siracusa, non fu probabilmente mai pronunciata, ma rende bene lo stato d'animo pieno d'entusiasmo dello scienziato che stava scoprendo le leggi fondamentali sull'equilibrio dei corpi. In particolare Archimede si riferiva, secondo questa leggenda, al funzionamento di una leva di primo genere (► fig.17.2).

L'oggetto rappresentato in figura non è il mondo, ma una sfera più piccola, il cui peso (F_2) si scarica verso il basso sull'estremità di sinistra della **leva**. Per sollevarla vogliamo applicare una forza F_1 sull'estremità di destra. I punti di applicazione delle due forze distano L_1 e L_2 dal punto fisso, che si chiama **fulcro**.

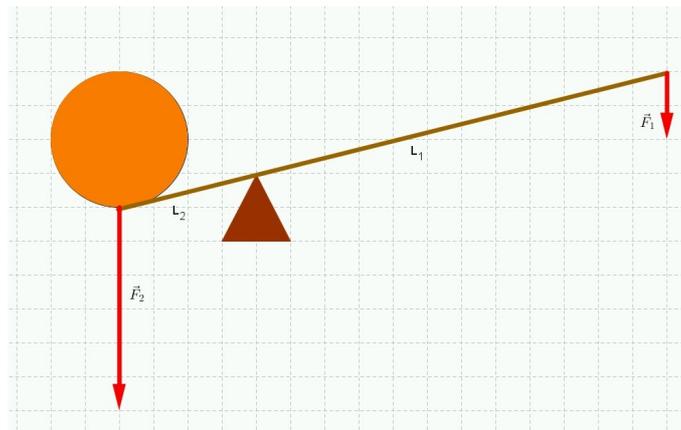


Fig.17.2 Una leva viene utilizzata per sollevare un oggetto pesante. F_2 è il peso dell'oggetto, F_1 la forza minima che dobbiamo applicare per sollevarlo

Se vogliamo sollevare la sfera di un piccolo tratto x_2 , dovremo abbassare l'estremità di destra di un tratto maggiore, lungo x_1 . Il rapporto che c'è tra x_1 e x_2 è lo stesso che c'è tra L_1 e L_2 :

$$x_1 : x_2 = L_1 : L_2$$

Nell'esempio mostrato in figura, L_1 è 3 volte più grande di L_2 , quindi x_1 sarà 3 volte più grande di x_2 : per sollevare il mondo di una spanna, devo abbassare di tre spanne l'estremità destra della leva.

Una leva come questa è una macchina, perché realizza un trasferimento di energia. A destra compiamo un lavoro $F_1 \cdot x_1$, a sinistra otteniamo un aumento di energia potenziale della sfera, pari a mgx_2 , cioè a $F_2 \cdot x_2$

Ci sono dispersioni (cioè perdite) di energia? Le uniche dispersioni potrebbero essere causate da attriti nel fulcro, che sono facili da ridurre: facciamo perciò l'ipotesi che l'energia dispersa sia zero. Dunque l'energia in entrata a destra deve essere uguale all'energia in uscita a sinistra:

$$F_1 \cdot x_1 = F_2 \cdot x_2$$

Ovvero, che è lo stesso

$$F_1 \cdot L_1 = F_2 \cdot L_2$$

Questa equazione contiene tutte quantità note, tranne la forza F_1 che dobbiamo applicare nel sollevamento. Ci basta dunque risolvere l'equazione rispetto a F_1 :

$$F_1 = \frac{L_2}{L_1} \cdot F_2$$

Insomma: la forza F_1 è più piccola del peso F_2 , esattamente nella stessa proporzione in cui x_2 è più piccolo di x_1 , che è poi la stessa proporzione in cui L_2 è più piccolo di L_1 . Se F_1 ha esattamente questo valore, la leva resta in equilibrio. Se F_1 supera di appena un po' questo valore, l'equilibrio si rompe e il sollevamento ha inizio.

17.5. Il rendimento di una macchina

Abbiamo visto che ogni macchina disperde una certa quota, purtroppo non eliminabile, dell'energia che utilizza in ingresso. L'energia utile prodotta, di conseguenza, è sempre minore dell'energia che entra.

*Definiamo **rendimento** di una macchina il rapporto tra l'energia utile prodotta e l'energia in ingresso alla macchina stessa:*

$$\text{rendimento} = \frac{\text{energia utile prodotta}}{\text{energia in ingresso}}$$

Facciamo alcune osservazioni sulla grandezza che abbiamo appena definito:

- essendo il rapporto tra due energie non ha unità di misura, ed è quindi un numero puro;
- come ogni numero puro può essere espressa in forma percentuale. anzi, è proprio questa la forma in cui di solito si esprime;
- il suo valore è sempre inferiore a uno (cioè al 100%) a causa dell'energia dispersa in forme non utili;
- il suo valore è tanto più vicino a 1 (cioè al 100%) quanto più si avvicina a zero l'energia dispersa in forme non utili.

17.6. La potenza

Le macchine, dunque, realizzano dei veri e propri trasferimenti di energia, sia da una forma all'altra, sia da un luogo all'altro. La prossima grandezza che vogliamo definire, e cioè la potenza, è particolarmente utile per descrivere un qualunque trasferimento di energia, perché descrive il ritmo con cui avviene la conversione, cioè la quantità di energia trasferita per ogni unità di tempo.

*Si chiama **potenza** il rapporto tra l'energia ΔE trasferita in un certo intervallo di tempo, e la durata Δt di tale intervallo:*

$$\text{potenza} = \frac{\text{energia trasferita}}{\text{durata del trasferimento}}$$

Se indichiamo la potenza con il simbolo P , abbiamo dunque la formula:

$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t}$$

La potenza, data la sua definizione, si misura in joule al secondo (J/s). Il SI assegna il nome **watt** (simbolo **W**) a questa unità:

$$1 \text{ watt} = \frac{1 \text{ joule}}{1 \text{ secondo}} \quad \text{ovvero} \quad 1 \text{ W} = \frac{1 \text{ J}}{1 \text{ s}}$$

Se utilizzate un asciugacapelli di potenza 1200 W, questo significa che il vostro elettrodomestico preleva ogni secondo, dalla presa cui è collegato, un'energia di 1200 J. Se la compagnia elettrica vi fornisce una potenza massima di 3 kW, questo significa che, attraverso il contatore, la compagnia vi trasferisce un massimo di 3000 J ogni secondo: potete accendere in contemporanea due asciugacapelli come quello dell'esempio, ma se ne accendete un terzo superate il limite pattuito, quindi un dispositivo automatico alloggiato nel contatore potrebbe interrompere l'erogazione di energia.