Corso di Fisica 1 – Dipartimento di Ingegneria Industriale - 2019

Lavoro meccanico: forza e movimento

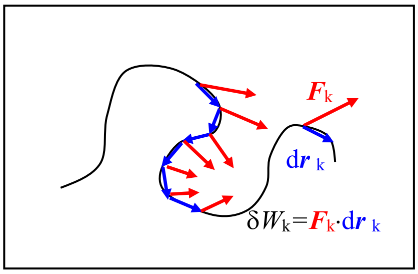
Le leggi della dinamica costituiscono l'apparato completo per la trattazione di qualsiasi problema di meccanica classica. Ciononostante, è importante accedere a nuove grandezze fisiche che, in determinati casi di notevole utilità pratica, permettono una risoluzione e comprensione di problemi anche complessi con grande efficacia. Si tratta di introdurre i concetti di lavoro (e di potenza) nonché di energia.

Il lavoro in meccanica non è necessariamente corrispondente all'idea di lavoro utilizzata nel linguaggio comune. In fisica, per compiere (o subire) un lavoro è necessario che una forza operi *parallelamente a uno spostamento* che interessa un dato corpo. Il modo più naturale per tenere conto di questa richiesta è quello di definire il lavoro, per una forza *costante* $\boldsymbol{F}$ che agisce su un punto che si muove secondo una traiettoria *rettilinea* per un tratto descritto dallo spostamento $\boldsymbol{s}$, come $W=\boldsymbol{F}\cdot\boldsymbol{s}$ (ossia si utilizza il prodotto scalare di forza e spostamento).

Osserviamo che il lavoro ha le dimensioni di [forza][spostamento]=$[ML^2T^{-2}]$. Nel sistema internazionale si misura in [newton·metro]=joule (J), nel sistema cgs in [dyne·centimetro]=erg. Si vede dunque che 1 joule $=10^7$ erg.

Osserviamo anche che il prodotto scalare nella definizione di lavoro fa sì che detto lavoro risulti positivo, negativo o nullo a seconda dell'orientazione reciproca tra la forza agente e il percorso eseguito (in particolare, possiamo scrivere che $W=F_{ps}s$, dove F_{ps} è la componente di $\boldsymbol{F}$ parallela allo spostamento. Il segno, positivo o negativo, va scelto a seconda che $\boldsymbol{F}$ sia nella direzione di $\boldsymbol{s}$ o a essa contrario). Questo è in totale accordo con una descrizione operativa di lavoro secondo la quale, per esempio, una forza perpendicolare a uno spostamento non può essere responsabile di tale spostamento. Inoltre una forza contraria allo spostamento sarà origine di un lavoro "resistente", ossia negativo, in quanto tale forza non può che "ostacolare" il moto compiuto dal sistema.

Dovendo considerare i casi più generali di (1) forze variabili (nello spazio) e (2) di traiettorie comunque curvilinee, è necessario generalizzare anche la definizione di lavoro sopra assegnata per uno spostamento rettilineo a forza costante. A tale scopo, è sempre possibile considerare una curva continua come una successione di spostamenti vettoriali piccoli a piacere (infinitesimali) in corrispondenza dei quali sia possibile considerare una forza localmente costante. Si assegna dunque il *lavoro elementare*, $\delta W=\mathbf{F}\cdot d\boldsymbol{r}$, per lo spostamento infinitesimo (necessariamente rettilineo, in quanto vettoriale) $d\boldsymbol{r}$ sotto l'azione della forza $\boldsymbol{F}$. Il lavoro *totale* lungo l'intero tratto di traiettoria in esame si ottiene formalmente sommando tutti i lavori elementari nei quali si era suddiviso il cammino complessivo. In questo modo si giunge alla fondamentale relazione



$$W_{AB}=\int_{AB,\Gamma}\vec{F}\cdot d\vec{r}$$

In questa espressione l'integrale è "speciale": si tratta infatti di un *integrale di linea*, che dipende non solo dalla funzione (vettoriale) da integrare (la forza, in questo caso), ma anche dal **cammino adottato** (il percorso "Γ" che connette A e B). Cambiando il percorso, la forza può avere valori (orientazione e modulo) diversi per cui i contributi elementari al lavoro saranno corrispondentemente diversi. Si scopre dunque che, vista la definizione adottata, *il lavoro di una forza può dipendere dal percorso lungo il quale la forza agisce* (oltre che, ovviamente, dalla forza stessa!). Il calcolo di integrali di linea è usualmente ricondotto a quello di integrali "tradizionali" utilizzando esplicitamente le informazioni che definiscono il "campo" di forza ed il percorso seguito.