

Concorso

1000 **MINISTERO** della **DIFESA**

100 Assistenti ai **servizi**
di supporto (cod. FT35)

50 Assistenti ai **servizi**
di vigilanza (cod. FT37)

MANUALE

NLD
CONCORSI

Capitolo 11

Leggi di conservazione

SOMMARIO

1. L'Energia e le sue fonti - 2. Leggi e principi di conservazione - 2.1. Legge di conservazione della massa - 2.2. Legge di conservazione della carica elettrica - 2.3. Legge di conservazione della quantità di moto - 2.4. Legge di conservazione del momento angolare - 2.5. Legge di conservazione dell'energia meccanica - 2.6. Principio di conservazione dell'energia totale - 2.7. Principio di conservazione della massa-energia

1. L'Energia e le sue fonti

L'**energia**, in fisica, è definita come la capacità di compiere un lavoro. Una forza produce un lavoro ogni volta che genera uno spostamento. I concetti di lavoro e di energia sono, quindi, strettamente legati: quando un lavoro è compiuto su un corpo, al corpo è trasferita una certa quantità di energia. Poiché esistono molti modi di compiere lavoro, esistono varie forme di energia; le principali sono:

- **energia meccanica**: è associata al moto e alla posizione del corpo ed è somma di altre due forme di energia:
 - **energia cinetica**: è l'energia legata al movimento e dipende dalla massa del corpo e dalla sua velocità;
 - **energia potenziale**: è un tipo di energia che dipende dalla configurazione o dalla posizione del corpo. Esempi di energia potenziale sono quella **gravitazionale**, che dipende dall'altezza alla quale si trova un corpo, e quella **elastica**, che dipende dalla capacità di compressione o allungamento di un corpo.
- **energia termica**: è l'energia potenziale e cinetica su scala atomica e si manifesta attraverso il moto disordinato delle molecole che costituiscono qualsiasi corpo materiale;
- **energia chimica**: è l'energia immagazzinata nei legami chimici;
- **energia elettrica**: è associata alle cariche elettriche e si manifesta attraverso il moto ordinato degli elettroni all'interno di un corpo conduttore;
- **energia elettromagnetica**: si manifesta attraverso il moto delle onde elettromagnetiche che permeano lo spazio tra i corpi materiali;
- **energia nucleare**: è immagazzinata all'interno del nucleo atomico.

In ambito tecnologico, l'energia consente, tramite il suo sfruttamento a livello industriale, la trasformazione di materie prime o la fornitura di servizi utili direttamente all'uomo e alla società e, questo spiega la dipendenza della società moderna dall'energia.

La storia dello sfruttamento delle fonti di energia da parte dell'uomo coincide, infatti, in gran misura con la storia della tecnologia. Ogni innovazione introdotta nel corso dei millenni ha sempre comportato un diverso, per lo più crescente, ricorso all'energia e, viceversa, la scoperta di nuove modalità di sfruttamento delle fonti di energia ha permesso di sviluppare nuovi sistemi di operare e nuove macchine.

2. Leggi e principi di conservazione

Una legge o principio di conservazione è una legge fisica fondamentale che descrive la conservazione nel tempo di una grandezza fisica, in un sistema fisico isolato. In pratica un principio di conservazione afferma che, durante un processo di variazione, purché siano verificate particolari condizioni, alcune proprietà intrinseche del sistema caratterizzate da grandezze fisiche, devono rimanere costanti nel tempo. Dal punto di vista della filosofia della

scienza, l'importanza di queste leggi o principi, assieme ai fenomeni ciclici o periodici, risiede nella capacità di regolare profondamente il comportamento della natura fisica, conferendo ordine e logica all'apparente disordine o caos.

Dal punto di vista fisico, invece, essi costituiscono un potente metodo di indagine perché, applicati a fenomeni non ancora perfettamente teorizzati, hanno consentito di stabilire a priori il verificarsi o meno del fenomeno, a causa del profondo legame con alcune importanti simmetrie dell'Universo legate alle proprietà di omogeneità e isotropia dello spazio e del tempo: un'esperienza riguardante il fenomeno di cui si presuppone la conservazione non deve mutare quando ci spostiamo nello spazio e, analogamente, una qualsiasi legge fisica dedotta da un principio di conservazione deve essere indipendente dall'istante in cui è stabilita.

Anche a livello di particelle elementari, esistono leggi di conservazione riconducibili alla presenza in natura di fondamentali simmetrie. Numerose sono le leggi di conservazione e caratterizzano tutti gli ambiti della fisica; sono leggi esatte, cioè verificate per ogni sistema isolato, oppure leggi approssimate, vere solo in presenza di determinate condizioni.

► 2.1. Legge di conservazione della massa

Nel 1774, Antoine Lavoisier dimostrò sperimentalmente che la materia non può essere creata o distrutta, ma solo trasformata. In generale se consideriamo una reazione chimica tra alcune sostanze, osserviamo che i **reagenti** si combinano tra loro per formare nuove sostanze, cioè i **prodotti** della reazione. Secondo il celebre chimico Lavoisier è possibile verificare che la quantità di sostanza che reagisce è sempre uguale alla quantità delle sostanze prodotte, da qui deriva la **Legge di Lavoisier** o **Legge della conservazione della massa**.

Pertanto, in tutte le trasformazioni chimiche la somma delle masse dei reagenti è uguale alla somma delle masse dei prodotti. In un laboratorio scolastico è possibile realizzare alcune semplici reazioni chimiche finalizzate a verificare la validità della Legge di Lavoisier, controllando banalmente con la bilancia sia le masse dei reagenti che le masse dei prodotti stimandone la perfetta uguaglianza.

È opportuno rimarcare che tale legge, rispettata nelle reazioni chimiche dove non sono misurabili le variazioni di massa equivalenti all'energia prodotta o assorbita, non è valida per le reazioni nucleari, nelle quali la massa può essere convertita in energia. In altre parole la legge della conservazione della massa è valida soltanto nelle reazioni chimiche. Nelle reazioni nucleari, invece, non è valida poiché la massa della materia può anche trasformarsi in energia.

Da questa legge di conservazione della massa chimica, ha preso origine la legge analoga, della meccanica classica, relativa alla massa fisica, formulata sotto forma di equazione di continuità.

► 2.2. Legge di conservazione della carica elettrica

La carica elettrica è una grandezza fisica conservativa, cioè la carica elettrica totale (somma algebrica delle cariche elettriche) di un sistema fisico isolato rimane costante. Questa è una legge sperimentale fondamentale della natura, in quanto non è mai stata osservata una sua violazione. La legge di conservazione della carica elettrica è espressa anche sotto forma di equazione di continuità per la carica elettrica: il flusso della densità di corrente elettrica attraverso una qualunque superficie chiusa è pari alla variazione della carica elettrica situata nel volume racchiuso dalla superficie.

Inoltre, la quantità della carica dell'elettrone o del protone è un'unità naturale di carica, cioè la carica elettrica è **quantizzata**. In altre parole ogni quantità osservabile di carica elettrica è sempre un multiplo intero di questa unità di base. Questa unità è chiamata **carica elementare "e"** approssimativamente uguale a $1,602 \cdot 10^{-19}$ C (Coulomb), l'unica eccezione a questa norma è rappresentata da alcune particelle subatomiche chiamate quark, che hanno cariche multiple intere di $\frac{1}{3}e$.

► 2.3. Legge di conservazione della quantità di moto

In un sistema isolato, la quantità di moto dei singoli corpi può variare, ma la **quantità di moto totale** del sistema rimane costante (in modulo, direzione e verso) ed è quindi nulla la sua variazione.

Naturalmente, se il sistema non è isolato, cioè se la risultante delle **forze esterne** (attrito, una spinta, la forza di gravità, ...) non è nulla, allora la quantità di moto totale varia, e quindi la sua variazione non è nulla. Nel caso degli urti, però, le forze impulsive che si esercitano durante la collisione sono in genere così intense da rendere trascurabili eventuali forze esterne non equilibrate. Quindi si può affermare che il principio di conservazione della quantità di moto può essere sempre applicato agli urti, anche se il sistema non è isolato, a patto che si considerino i due istanti prima e dopo l'urto.

► 2.4. Legge di conservazione del momento angolare

La **legge di conservazione del momento angolare** è anche detta bilancio del momento angolare della quantità di moto ed è una legge fisica, che afferma che se la somma dei momenti delle forze esterne agenti su un sistema o su un corpo è nulla, allora il momento angolare si conserva ed è quindi costante. Tale legge è l'equivalente rotazionale del principio di conservazione della quantità di moto. Il principio deriva dall'ipotesi di isotropia dello spazio fisico.

► 2.5. Legge di conservazione dell'energia meccanica

La somma algebrica dell'energia potenziale e dell'energia cinetica si chiama **energia meccanica, ed in generale** se tutte le forze che agiscono su un corpo sono conservative, la somma dell'energia cinetica e di quella potenziale resta costante, in particolare quando l'energia potenziale diminuisce, l'energia cinetica aumenta e viceversa, in modo che la loro somma rimanga costante. Pertanto si dice che l'energia meccanica in assenza di forze dissipative si conserva, cioè la sua variazione è nulla. Questa va sotto il nome di **legge di conservazione dell'energia meccanica** e consente di fare semplici previsioni sulla base del fatto che si conservi nel tempo. Nel caso che sul corpo agiscano forze dissipative l'energia meccanica non si conserva e la sua variazione è diversa da zero e risulta uguale al lavoro fatto dalle forze dissipative sull'oggetto considerato.

► 2.6. Principio di conservazione dell'energia totale

Nella sua forma più intuitiva, questa legge afferma che, sebbene l'energia possa essere trasformata e convertita da una forma all'altra, la quantità totale di essa, in tutte le sue forme, in un sistema isolato non varia nel tempo.

Nella seconda metà del XIX secolo, le scoperte di diversi scienziati, tra i quali Joule, Carnot, Thomson, Clausius e Faraday, svelarono ulteriormente che lo stesso principio valeva per tutta l'energia compresa l'energia termica, pervenendo a una compiuta descrizione dei primi due principi della termodinamica.

► 2.7. Principio di conservazione della massa-energia

Fino ai primi anni del Novecento si pensava che la materia e l'energia fossero due grandezze separate, prive di alcun punto di contatto, finché, nel 1905, Albert Einstein formulò la celeberrima equazione $E = mc^2$, che esprimeva la relazione di equivalenza tra energia e massa, due aspetti della stessa realtà fisica.

Questa rivoluzionaria scoperta rese necessaria una modifica dei due principi di conservazione, della massa e dell'energia, e la formulazione di un'unica legge di validità generale che tenesse conto del fatto che la materia non è altro che una forma molto concentrata di energia.

Così Einstein ha unificato le due leggi in un unico principio di conservazione, noto come principio di conservazione della massa-energia, che coinvolge unitariamente tutti i processi fisici di trasformazione della massa in energia e viceversa, dato che l'una può trasformarsi nell'altra secondo una esattissima relazione matematica. Ciò che si conserva sul nostro pianeta e nell'Universo è la somma di massa ed energia.