

Dal capitolo 9, «Energia potenziale»

Lo studente – anche lo studente universitario – non ha un buon rapporto con l'energia potenziale. Nella sua testa l'energia potenziale va giusto bene per aggiustare i conti e arrivare alla faticosa affermazione «l'energia totale si conserva», ma al di là di questo non è ben chiaro che cosa veramente sia. Rispetto all'energia cinetica che, anche per merito della simpatica formuletta $(1/2)mv^2$, ha un significato così concreto, l'energia potenziale appare allo studente come qualcosa di vago, di artificioso, di astratto^[1].

Circa l'astrattezza, lo studente non avrebbe difficoltà a ricredersi se il suo libro, o chi per esso, gli spiegasse che l'energia potenziale è nient'altro che una potenziale energia cinetica; che l'energia elettrica prodotta in una centrale è nient'altro che energia potenziale; che un motore elettrico e un motore a benzina «vanno a energia potenziale», rispettivamente elettrica o chimica; che quando paghiamo la bolletta della luce o del gas paghiamo l'energia potenziale – elettrica e chimica rispettivamente – che abbiamo consumato. Altro che concetto astratto!

Ma c'è sempre un perché, qui il problema nasce con la definizione. Mi sono sempre chiesto come mai un concetto tanto semplice debba venire introdotto nei libri di testo in modo così contorto. Il discorso che viene fatto è tipicamente questo: l'energia potenziale di un corpo K è il lavoro che dobbiamo compiere contro le forze del campo per spostare K da una posizione di riferimento arbitraria (poi però si precisa che è meglio scegliere una posizione infinitamente lontana) fino alla posizione in cui K si trova.

Dire che è una definizione contorta è dire niente: il fatto è che è una definizione sbagliata. Come minimo si dovrebbe specificare «senza variazione dell'energia cinetica del corpo in questione», altrimenti il lavoro «che dobbiamo fare per spostarlo» è totalmente indeterminato. E resta ancora indeterminato se non aggiungiamo «in assenza di ogni altra forza», se cioè non specificiamo che su K agiscono solo le forze del campo conservativo (gravitazionale, elettrico, elastico...) relativamente al quale stiamo definendo l'energia potenziale di K.

Ma, anche con tali precisazioni, perché dovremmo necessariamente compiere del lavoro su K «per spostarlo» dalla posizione R di riferimento alla posizione A in cui di fatto si trova? Forse non è necessario alcun lavoro: forse K, se lo abbandoniamo alle forze del campo, da R ad A ci va da solo. Fermiamoci un attimo su questo esempio: un sasso si trova sul terreno in una certa posizione A. Che cos'è la sua energia potenziale gravitazionale rispetto al riferimento R posto sulla verticale per A a 30 m d'altezza? Secondo la definizione di cui sopra, è il lavoro «che dobbiamo compiere contro la forza peso per spostarlo da R ad A». Se non precisiamo «senza variazione dell'energia cinetica» diciamo una cosa ben strana, perché è chiaro che, se lo lasciamo fare, il sasso da R ad A ci va per conto suo. Dicendo «senza

¹ In data 19 luglio 2010 uno studente che non conosco (o forse un 'amatore', ce n'è uno stuolo) mi scrive per email: «Prendo in considerazione due cariche puntiformi uguali e di segno contrario e, per semplicità, lontane da 'tutto'. È noto che se esse orbitano attorno al loro comune centro di massa, l'energia meccanica sarà negativa, crescente con dimensione dell'orbita e massima (=0) all'infinito. Il segno meno e lo zero all'infinito sono legati solo alla convenzione di far assumere il valore zero alla costante di integrazione che definisce l'energia potenziale; il fatto oggettivo è che l'energia meccanica dello stato legato è crescente con le dimensioni dell'orbita e proporzionale a $-1/r$. La domanda è: ma perché il sistema formato dalle due cariche quando si trovano all'infinito dove l'energia cinetica è nulla e la potenziale pure (a meno della costante) dovrebbe avere maggiore energia meccanica che in un qualunque altro stato legato dove l'energia cinetica e potenziale sono non nulle? Spero di essermi spiegato... ».

variazione dell'energia cinetica» diciamo invece una cosa giusta, perché se nello spostamento da R ad A il lavoro della forza peso è, in una data opportuna unità, 100, allora, per portarlo da R in A senza variazione dell'energia cinetica noi dovremmo compiere un lavoro -100 , che è effettivamente l'energia potenziale del sasso in A rispetto a R. Ma -100 non è forse il lavoro compiuto dal peso se il sasso si sposta da A, dove si trova, a R? E allora non era tanto più semplice dire che l'energia potenziale gravitazionale del sasso in A rispetto a R è il lavoro che la forza peso compirebbe se il sasso si spostasse (venisse spostato) da A fino a R?

Alcuni anni fa, nel libro 100 errori di Fisica, mi sono accalorato a proporre le seguenti definizioni di energia potenziale. Definizione estesa (introduttiva, per principianti): l'energia potenziale (gravitazionale, elettrica, ecc.) di un corpo K nella posizione A rispetto al riferimento R è il lavoro che le forze del campo (gravitazionale, elettrico, ecc.) compirebbero in relazione a un eventuale spostamento di K, lungo un percorso qualsiasi, da A ad R. Definizione breve (professionale): l'energia potenziale è il lavoro eventuale delle forze conservative. Perché chiamare «energia» tale lavoro? Perché se il lavoro viene effettivamente compiuto, compare la relativa variazione dell'energia cinetica: in più se il lavoro è positivo, in meno se il lavoro è negativo. Dunque l'energia potenziale, positiva o negativa, altro non è che una potenziale variazione, in più o in meno rispettivamente, dell'energia cinetica. Ci può essere un discorso più semplice e, al tempo stesso, più rigoroso?

(continua)