
PREMESSA

SUI CONCETTI DI FORZA DI LAVORO E DI ENERGIA POTENZIALE

Il senso della fatica ha fornito all'uomo la prima idea di "forza „. Noi abbiamo infatti istintiva la percezione dell'azione muscolare che esercitiamo quando reggiamo un peso o lo solleviamo ad una certa altezza.

Orbene l'effetto più comune che noi osserviamo sui corpi che ci circondano, allorquando su di essi esercitiamo colle nostre mani uno sforzo, è che essi si mettono in movimento.

Però parecchi sforzi analoghi, tali che ciascuno di essi esercitato da solo determinerebbe un movimento, possono agire simultaneamente su di un corpo in modo tale che nessun movimento si verifichi. Le nostre sensazioni muscolari ci avvertono che quegli sforzi sussistono egualmente: per spiegare in qualche modo che il consueto effetto non si verifica, noi diciamo che essi si elidono mutuamente, che essi "si fanno equilibrio „.

E questo modo di ragionare ci è così costantemente suggerito dalla osservazione che tutte le volte che, esercitando uno sforzo sopra un corpo, non lo vediamo mettersi in movimento, noi non esitiamo ad affermare che ciò dipende solo dal fatto che su quel corpo agisce in quel momento qualche altra forza capace di far equilibrio a quella applicata da noi.

Così l'uomo è stato ben presto condotto ad ammettere che oltre alle forze da lui esercitate e di cui ha la diretta percezione attraverso le sue sensazioni muscolari, ve ne siano in

natura delle altre che non dipendono da lui e di cui egli non saprebbe avvertir la presenza se non in quanto esse si rivelino dai loro effetti.

Tra questi effetti ancora una volta predominano gli effetti di movimento.

Non sono infatti soltanto gli sforzi muscolari che godono della proprietà di produrre il movimento dei corpi: ci sono molte circostanze nelle quali il movimento si verifica senza alcun intervento nostro. Basta citare l'esempio del peso: ogni corpo pesante, appena abbandonato a se stesso, si mette in movimento e cade.

Ora è assai facile constatare che sforzi muscolari e pesi possono farsi equilibrio. Si può infatti impedire ad un corpo pesante di cadere sorreggendolo colle mani: e facendo ciò si ha anzi la sensazione che esso non cessa affatto di essere pesante, cioè di avere tendenza a cadere, ma che questa sua tendenza non si traduce in atto perchè noi esercitiamo su di esso colle nostre mani uno sforzo conveniente.

Peso e sforzo esercitato dalle nostre mani son quindi due circostanze capaci entrambe, da sole, di determinare movimento; capaci, agendo insieme, di elidersi mutuamente; perciò noi le classifichiamo come grandezze meccaniche della stessa natura, e diciamo che anche il peso è una forza, intendendo in modo generale per forza "qualunque circostanza che ci si riveli capace di produrre movimento".

Ma non basta ancora.

Noi sappiamo infatti che al corpo pesante di cui ci stiamo occupando si può impedire di cadere anche in molti altri modi, per esempio appoggiandolo su di un tavolo orizzontale, ovvero sospendendolo ad un chiodo mediante una fune.

Convieni pertanto ammettere che il tavolo e la fune compiano qui una funzione affatto analoga a quella che nel caso precedente compivano le nostre mani. Sicchè, pur in assenza di ogni qualsiasi nostra sensazione muscolare, noi siamo naturalmente indotti a dire che anche il tavolo e la fune sono capaci di esercitare sul corpo pesante una forza.

La generalizzazione è ormai immediata.

Si può infatti osservare che il tavolo o la fune non stanno nel nostro esempio a rappresentare che delle condizioni di carattere geometrico capaci di limitare più o meno le traiettorie che i singoli punti del corpo potrebbero descrivere.

Nel caso del tavolo quelle traiettorie restano vincolate ad essere tutte al di sopra di un certo piano orizzontale: nel caso della fune fissa ad un estremo, le stesse traiettorie riescono vincolate ad essere tutte contenute entro una certa sfera che ha il punto fisso per centro.

Qualsiasi condizione geometrica la quale, come quelle testè accennate, sia atta a limitare la mobilità di un corpo, prende il nome generico di "vincolo",.

Ora il dire che la presenza di un vincolo esclude la possibilità di certi movimenti, equivale a dire che il vincolo è capace di impedirli opponendosi all'azione delle forze che eventualmente tendessero a produrli.

Ed ecco che noi siamo così condotti ad ammettere nel modo più generale che quel vincolo è capace di sviluppare delle forze: ad esse daremo il nome di "reazioni di vincolo",.

S'intende che queste reazioni di vincolo sono delle forze un po' speciali: infatti esse non esistono pel solo fatto che esiste il vincolo: occorre, perchè esse assumano un'esistenza reale, che qualche altra forza intervenga la quale tenda a produrre uno di quei movimenti che il vincolo esclude.

Esse ci si rivelano sempre nella funzione di equilibrare altre forze impedendo i movimenti che queste tenderebbero a produrre, mai nella funzione di produrre esse stesse dei movimenti.

Così per esempio, per il solo fatto che un corpo è attaccato mediante una fune ad un punto fisso non segue immediatamente che la fune eserciti su di esso una forza. Solo se il corpo è soggetto a qualche forza la quale tenda ad allontanarlo dal punto fisso, cioè a portarlo al di fuori di quella certa superficie sferica cui si è poc'anzi accennato, come avviene, per esempio, se il corpo è pesante, allora la fune si mette in tensione: in altre parole il vincolo interviene sviluppando una reazione capace di equilibrare il peso.

Non diversamente se il corpo è appoggiato su di un tavolo, questo reagisce solo in quanto il peso del corpo, non altrimenti equilibrato, tenda a far discendere questo al di sotto del piano di appoggio, ed il tavolo compia effettivamente la funzione di opporsi ad un simile movimento.

*
* *

È poi ancora il senso della fatica che ha fornito all'uomo il modo di rilevare ed apprezzare di ciascuna forza certe particolari caratteristiche.

Tentando di sostituire una determinata forza colla pressione della sua mano, e provandosi a regolare questa in modo da produrre il medesimo effetto già prodotto dalla forza considerata, l'uomo ha acquistata la nozione di una certa qual gradazione nella intensità delle forze; ed ha dovuto anche convincersi che le forze non sono semplici grandezze scalari, in quanto non è affatto indifferente, dal punto di vista degli effetti che si producono, che la pressione della mano sia applicata in un punto del corpo su cui si sperimenta piuttosto che in un altro: in una piuttosto che in un'altra direzione.

Le forze si differenziano dunque le une dalle altre non soltanto per la intensità, ma anche per la direzione, e per il punto di applicazione, epperò si potranno rappresentare con dei vettori applicati.

Naturalmente se vogliamo passare dal campo delle nozioni generiche ed approssimative a quello del rigore scientifico, bisogna che rinunciamo a basarci sulle nostre sole sensazioni.

Esse sono infatti per loro natura tutt'affatto personali, e gli apprezzamenti che noi possiamo trarne si fondano essenzialmente sull'uso della memoria; il riferimento alle nostre sensazioni, che è fondamentale finchè si tratta dell'analisi qualitativa dei fenomeni, ha dal punto di vista quantitativo un grave ed essenziale difetto: quello di non essere suscettibile di traduzione in qualche cosa di assoluto, cioè di indipendente da noi, che si presti a trasmettere agli altri il nostro apprezzamento.

Il campo delle nostre sensazioni è poi per più versi necessariamente circoscritto, sicchè non per qualsiasi forza si può ad esse riferirsi, tanto meno per forze di qualsiasi intensità; la resistenza dei nostri muscoli non ci consente infatti di operare su forze di intensità troppo grande; i limiti della nostra sensibilità non ci permettono di apprezzare forze di intensità troppo piccola.

Ciò premesso, poichè l'effetto concreto che ci ha servito per definire le forze è un effetto di movimento, la prima idea che si presenta è quella di servirsi di questo stesso effetto per valutare e misurare la causa.

Ma abbiamo già visto che non mancano i casi in cui, per la coesistenza di più forze, quell'effetto non si produce: e possiamo aggiungere che questi casi sono molto importanti ed interessanti: sono anzi proprio quelli che formeranno oggetto del nostro studio. Per essi è ovvio che bisognerà trovare qualche altro modo di eseguire la misura delle forze: una tendenza al movimento non è infatti per se stessa una quantità misurabile: non si può cioè valutare una causa mediante un suo effetto possibile, ma non realizzato.

Conviene dunque che cerchiamo di riferirci ad altri effetti delle forze, i quali si producano anche in assenza di moto.

Il più noto di tutti questi effetti è la "deformazione", o cambiamento di forma o di configurazione che le forze producono nei corpi cui sono applicate.

Sono infatti innumerevoli gli esempi di corpi, che con uno sforzo muscolare, o coll'azione di pesi, noi riesciamo a deformare; basta pensare ad una verga flessibile, o ad un filo di acciaio avvolto ad elica od a spirale: in genere a tutti quei corpi che nel linguaggio comune si designano col nome di "molle".

Non sempre, è vero, le deformazioni sono appariscenti come nei casi accennati. Molte volte i corpi con cui noi abbiamo a che fare non presentano deformazioni apprezzabili sotto l'azione degli sforzi che noi veniamo loro applicando: perciò un tempo si usava distinguere i corpi in deformabili ed indeformabili.

Oggi i progressi fatti nel campo degli strumenti di misura ci permettono di affermare con assoluta sicurezza che tutti i

corpi sono più o meno deformabili e che, disponendo di mezzi convenientemente sensibili, si possono sempre rilevare e sottoporre a misura le loro deformazioni.

Nessuna difficoltà vi sarebbe a constatare sperimentalmente che si piega la tavola quando vi si appoggia sopra il corpo pesante di cui si è parlato dianzi: ovvero che la fune a cui esso viene sospeso subisce, sotto l'azione del peso, un certo allungamento.

Riferiamoci, per fissare le idee, a quest'ultimo caso: o meglio ancora, pensiamo sostituita provvisoriamente alla fune una molla ad elica, sicchè le deformazioni riescano più appariscenti, e più agevole ne sia la misura.

Si rileva allora con grande facilità che, fino a che non si superino certi limiti, e precisamente fino a che il peso del corpo si mantenga inferiore ad un dato valore che dipende dalle dimensioni della molla e dalla qualità del materiale con cui è costruita, la deformazione riesce perfettamente definita dal peso, e scompare quando questo viene soppresso.

Viene quindi naturale l'idea di servirsi della molla per la valutazione delle forze mediante comparazione coi pesi.

A tal fine basterà preparare una serie di campioni di egual peso, cioè tali che appesi separatamente ad una delle estremità della molla (di cui si avrà avuto cura di fissare l'altra estremità, disponendone l'asse in direzione verticale) vi producano tutti la medesima deformazione.

Assunto quel peso come unità convenzionale di misura, si sospenderanno successivamente alla molla quei medesimi pesi unitarii a due a due, a tre a tre, e così via; e si costruirà una tabella in cui i numeri dei pesi unitarii impiegati corrisponderanno alle singole deformazioni osservate; meglio ancora si traccierà un diagramma coll'ausilio del quale la relazione che intercede fra pesi (ordinate) e deformazioni (ascisse) risulterà completamente definita.

Se si è scelto opportunamente il materiale per la costruzione della molla, l'accennata relazione fra pesi e deformazioni si presenta subito come praticamente biunivoca, nel senso che ad un determinato peso corrisponde sempre una medesima

deformazione, e che questa si ottiene sempre e soltanto colla applicazione di quel peso.

In molti casi detta relazione è — o si può con sufficiente approssimazione ritenere che sia — lineare, l'allungamento della molla mantenendosi, entro vasti limiti, sensibilmente proporzionale al peso che lo determina: il diagramma si riduce ad una retta uscente dall'origine degli assi; e non è a dire quanto riescano allora facilitate e semplificate tutte le operazioni di cui ci stiamo occupando.

In ogni caso la molla tarata nel modo descritto costituisce ciò che abitualmente si chiama un "dynamometro", e serve ad esprimere l'intensità di una forza qualunque in quella medesima unità di misura in funzione della quale si sono espressi i pesi.

In tutti quei casi in cui era possibile constatare l'esistenza di una forza, sostituendo ad essa l'azione della nostra mano, sarà ora possibile eseguire una vera e propria misura sostituendovi invece il dynamometro.

S'intende che questo dovrà essere applicato e messo in azione, in modo che tutte indistintamente le circostanze caratteristiche del fenomeno che si è preso a considerare si conservino immutate.

In particolare si dovrà poter riscontrare che non soltanto il primitivo stato, che supponiamo di equilibrio, del sistema materiale non ne resta turbato, ma che anche le eventuali deformazioni, siano pur piccolissime, delle varie sue parti si riproducono inalterate.

Con ciò la posizione e la deformazione del dynamometro risulteranno in generale perfettamente determinate.

E allora si chiamerà:

" punto di applicazione della forza „ il punto del sistema materiale su cui il dynamometro agisce,

" direzione della forza „ la direzione dell'asse dello strumento,

" intensità della forza „ il valore che, nella tabella di taratura, o sul relativo diagramma, corrisponde al valore della deformazione che nel dynamometro si produce.

*
**

All'idea di forza va necessariamente ed intimamente connessa l'idea di " lavoro „.

Abbiamo detto infatti fin da principio che noi abbiamo la percezione di esercitare uno sforzo tanto quando reggiamo un peso tenendolo fermo colla nostra mano, come quando colla mano gli imprimiamo un movimento verticale sollevandolo ad una certa altezza.

Ora è ben evidente che la seconda operazione implica, oltre al concetto di forza, anche quello di movimento, o meglio di spazio percorso in un movimento; e l'un concetto vien connesso all'altro in un modo che merita di essere ben chiaramente rilevato.

È infatti implicito nell'idea che noi istintivamente ci facciamo del lavoro necessario per sollevare un peso, il concetto che l'elemento geometrico entra qui in gioco in un modo affatto particolare, nel senso che non importa conoscere nè l'altezza iniziale del mobile nè la sua altezza finale, sibbene soltanto il dislivello tra esse.

In secondo luogo il lavoro necessario per sollevare un dato peso ad una data altezza, noi lo intuiamo come affatto indipendente dal modo con cui l'operazione si compie: nel senso che è esattamente la stessa cosa sollevare un chilogramma ad un metro di altezza, ovvero sollevare uno dopo l'altro due mezzi chilogrammi ad un metro di altezza, ovvero anche lo stesso mezzo chilogramma prima ad un metro, e poi ancora ad un altro metro, in tutto a due metri di altezza.

In una parola, il lavoro occorrente per sollevare un certo peso ad una certa altezza è esattamente lo stesso che si richiede per sollevare un peso metà ad un'altezza doppia, o in generale un peso n volte più piccolo ad un'altezza n volte più grande.

Si esprime ciò dicendo che il lavoro è misurato dal prodotto del peso per l'altezza.

Naturalmente la particolare nozione così acquisita ha bisogno di essere generalizzata: noi abbiamo infatti implicitamente sup-

posto che il sollevamento del peso si faccia secondo la verticale: ciò che corrisponde al caso in cui per una forza qualunque lo spostamento si compia nella direzione stessa della forza.

Orbene si può togliere questa riserva ed estendere la definizione di lavoro al caso più generale, prendendo in considerazione il prodotto della intensità della forza per lo spostamento che il suo punto di applicazione subisce nella sua stessa direzione, cioè per la proiezione dello spostamento effettivo — che può essere comunque diretto — sulla direzione della forza.

H. Bouasse, in un corso di lezioni sulla storia delle scienze, dal quale son tratte molte delle considerazioni qui svolte, ricorda il modo con cui si è venuti a questa conclusione, opportunamente richiamandosi ad una celebre Memoria letta da COULOMB all'Istituto di Francia a proposito della energia muscolare che un uomo può *normalmente* sviluppare in un giorno trasportando se stesso verticalmente ovvero orizzontalmente.

Secondo i risultati delle osservazioni di Coulomb, se si moltiplica il peso dell'uomo espresso in chilogrammi per la distanza superata espressa in metri, si ottiene nel primo caso un numero che di rado raggiunge 200.000; nel secondo caso invece il prodotto può persino superare 3.500.000.

L'enorme differenza sta ovviamente ad indicare che i due numeri non sono comparabili tra loro. E la ragione è ben chiara: nel primo caso, che si può immaginare abbastanza bene realizzato quando l'uomo sale una scala, l'energia muscolare viene impiegata a vincere il peso sollevandolo ad ogni passo dell'altezza di un gradino.

Nel secondo caso invece, che approssimativamente si verifica quando l'uomo cammina su di un suolo orizzontale, il peso non subisce che piccole oscillazioni verticali, dovute agli spostamenti relativi degli arti in movimento: e solo per queste piccole oscillazioni si deve vincere l'azione della gravità; se l'uomo fosse capace di camminare in modo che il suo centro di gravità si mantenesse sempre alla medesima altezza, lo spazio che egli potrebbe giornalmente percorrere orizzontalmente sarebbe

da considerarsi limitato soltanto dalla sua velocità e dalle esigenze fisiologiche.

È con considerazioni di questo genere, sebbene assai meno precise, che si era pervenuti già fin dalla metà del secolo XVI alla conclusione che il lavoro è nullo quando la forza, di cui si sposta il punto di applicazione, è normale alla direzione dello spostamento.

Restava però a sapersi in qual modo il lavoro dovesse venir valutato quando lo spostamento non è parallelo nè normale alla direzione della forza, ma comunque inclinato su di essa.

E l'enunciato rigoroso e generale non venne dato che assai più tardi da DESCARTES che per primo introdusse il concetto di "componente utile della forza", dando questo nome alla componente della forza nella direzione dello spostamento, ottenuta per proiezione ortogonale: egli dunque definì il lavoro come il prodotto dello spostamento per questa componente utile.

In simboli, detta F la intensità della forza, s la grandezza dello spostamento, e ϑ l'angolo compreso fra le loro direzioni, il lavoro si intenderà dunque misurato da

$$F \cdot \cos \vartheta \cdot s.$$

In questa espressione le due anziesposte enunciazioni sono egualmente comprese; così come sono compresi in essa i casi estremi: se infatti la direzione dello spostamento s coincide con quella della forza F , questa non differisce dalla sua componente utile

$$F \cos \vartheta$$

ed il lavoro riesce senz'altro eguale al prodotto dello spostamento per l'intensità della forza: che se invece la direzione dello spostamento s è normale a quella della forza F , la componente utile si annulla, e con essa il lavoro.

Notiamo ancora, prima di concludere, che quando ci accingiamo a fare il prodotto dello spostamento s per la componente utile della forza — o, ciò che fa lo stesso, il prodotto della forza F per la proiezione

$$s \cos \vartheta$$

dello spostamento sulla sua direzione — noi dobbiamo prevedere la possibilità che i due fattori siano dello stesso segno o di segni contrarii, rappresentino cioè grandezze vettoriali dirette nello stesso senso od in sensi contrarii. Nella prima ipotesi al lavoro compete il segno positivo, nella seconda ipotesi il segno negativo.

Si viene con ciò a contrapporre il caso in cui la forza favorisce lo spostamento, a quello in cui la forza viene invece ad ostacolarlo. Così per es.: quando noi colle nostre mani solleviamo un corpo pesante ad una certa altezza, i nostri muscoli compiono un lavoro essenzialmente positivo, perchè la forza da essi sviluppata è diretta verso l'alto come lo spostamento che essa produce. Ma nulla ci impedisce di considerare anche il lavoro effettuato durante lo stesso spostamento dal peso del corpo, che è una forza evidentemente diretta verso il basso e che perciò ostacola il movimento: questo lavoro è negativo.

Il primo lavoro si chiama anche " lavoro motore „, mentre al secondo si dà abitualmente il nome di " lavoro resistente „.

*
* *

Un ultimo passo ci resta a fare sulla via della generalizzazione della definizione di lavoro, e consiste nello abbandonare anche la tacita ipotesi fin qui ammessa che la forza si mantenga costante in grandezza, direzione e senso mentre il suo punto di applicazione si sposta, e nel supporre che le caratteristiche della forza siano delle funzioni affatto qualunque (purchè continue) delle coordinate del suo punto di applicazione.

La cosa non presenta nessuna difficoltà sostanziale: la definizione adottata continua ad essere applicabile a ciascuno spostamento elementare ds : una semplice integrazione del lavoro elementare che così si ottiene, estesa a tutto il cammino s percorso dal punto di applicazione della forza, ci darà l'espressione del lavoro totale

$$\int_s F \cdot \cos \vartheta \cdot ds.$$

In generale questo lavoro totale dipenderà dalla traiettoria descritta dal punto di applicazione della forza: sarà cioè di-

verso a seconda del diverso cammino che quel punto avrà seguito per passare dalla sua posizione iniziale alla sua posizione finale.

Ma non è sempre così: vi sono dei casi in cui l'integrale non dipende dal cammino lungo cui si compie l'integrazione, bensì soltanto dai suoi limiti: il lavoro totale non dipende allora dalla traiettoria del punto di applicazione della forza, ma soltanto dalle sue due posizioni estreme.

Dal punto di vista analitico questa eventualità non rappresenta che un caso estremamente particolare: ma dal punto di vista fisico essa è invece assai frequente ed importante.

L'esempio più semplice e più spontaneo ci è al solito offerto da quelle medesime forze di gravità di cui ci siamo già più di una volta occupati. La forza F è infatti allora costante: e l'espressione generale del lavoro si riduce al prodotto di essa forza per

$$\int_s \cos \vartheta . ds$$

cioè per la somma delle proiezioni, sulla direzione (verticale) della forza, degli elementi della traiettoria descritta dal punto pesante che si è preso a considerare; il che è quanto dire per la proiezione verticale della traiettoria, cioè per il dislivello tra le due posizioni estreme.

E questa espressione del lavoro — che ci riporta puramente e semplicemente alla prima semplicissima enunciazione da noi esposta nel precedente paragrafo — è da considerarsi come valevole qualunque sia la traiettoria percorsa; e si presenta come invariante per tutte le traiettorie che hanno gli stessi estremi, anzi per tutte quelle i cui estremi si trovano sugli stessi piani orizzontali.

Si dice allora che, in corrispondenza di ciascun piano orizzontale il punto pesante possiede una certa "energia potenziale", e si definisce questa col lavoro totale che le forze di gravità compirebbero qualora il punto dato passasse dalla sua posizione attuale sul detto piano ad una posizione arbitrariamente scelta come termine o riferimento di tutti i possibili spostamenti.

Supponiamo per esempio che il punto pesante di cui ci occupiamo si trovi ad un'altezza h sul livello del mare al quale si conviene di riferire tutte le altezze; se si riconducesse quel punto a quel livello, il suo peso P farebbe un lavoro eguale a $P \cdot h$; nulla ci vieta di assumere il prodotto $P \cdot h$ come valore dell'energia potenziale propria del punto nella posizione considerata.

È ben chiaro che una simile convenzione è facilmente generalizzabile al caso di un corpo soggetto a forze qualunque, alla sola condizione che il lavoro fatto dalle forze applicate, nel passaggio del corpo da una ad un'altra posizione, sia — come nel caso della gravità — indipendente dal cammino percorso. Soltanto a questa condizione la definizione data dell'energia potenziale permette infatti di far corrispondere un valore unico e ben determinato di questa ad ogni posizione del corpo nello spazio: perciò quando questa condizione è verificata si dice che le forze "ammettono un potenziale".

Allora è evidente che tra le tante differenti vie che possono condurre il corpo che si considera da una determinata posizione iniziale A ad una pure determinata posizione finale B , vi sono anche quelle che passano per la posizione di riferimento O per rapporto alla quale si intendono definiti i relativi valori E_a ed E_b dell'energia potenziale.

Ma il lavoro che le forze applicate fanno mentre il corpo dato passa da A ad O è per definizione misurato da E_a ; il lavoro che le stesse forze fanno mentre il corpo passa da O a B sarà misurato da $-E_b$; il lavoro complessivo relativo all'intero percorso AB (lavoro che, si badi bene, è per ipotesi sempre lo stesso qualunque sia il cammino prescelto) sarà dunque misurato dalla differenza

$$E_a - E_b$$

cioè dalla variazione dell'energia potenziale.

Se l'energia potenziale diminuisce quella differenza risulta positiva: il lavoro fatto dalle forze è un lavoro motore. Se invece le forze applicate fanno un lavoro resistente, se cioè lo spostamento avviene contro di esse, la differenza deve risultar negativa: l'energia potenziale aumenta.

Noi non insisteremo qui su questi concetti, e tanto meno sull'interpretazione metafisica cui essi si prestano.

Già nel senso volgare o comune della parola, " potenziale „ vuol dire qualche cosa che esiste, ma in modo non completamente determinato ed esplicito, qualche cosa cioè che tende ad una determinazione più precisa e che la *può* raggiungere se ed in quanto nulla vi si opponga.

Spetta ad altri rami della fisica indagare se e fino a qual punto si possa intendere che l'energia potenziale sia qualche cosa di concreto, se pure nascosto, qualche cosa di esistente, se pure allo stato virtuale, ma che si trasforma e si manifesta e diviene reale quando le forze compiono un lavoro.

Qui ci basta aver precisato il concetto, sia pure nella semplice forma di una definizione: della sua importanza — anche al di fuori di ogni interpretazione metafisica — noi avremo nel seguito più di una occasione di trovare la prova.
