

# INFORMAZIONE      ENERGIA

- 1) ENERGIA?
- 2) FONTI ENERGETICHE
- 3) ENTROPIA
- 4) ORDINE E DISORDINE

## ENERGIA?

“La gloria di colui che tutto move...” e “L’amor che move il sole e l’altre stelle” sono il primo e l’ultimo verso del Paradiso nella Divina Commedia.

Leggendo questi versi uno studente interessato alle materie scientifiche potrebbe pensare che “la gloria” e “l’amore” si identifichino con qualcosa che in fisica viene chiamata “energia”. Infatti il significato di “energia” è vita, è movimento, è azione.

In realtà nessuno sa fornire una definizione dell’energia, non essendoci alcuna cognizione di ciò che l’energia sia. Quando si cerca di definire l’energia si fornisce soltanto qualche affermazione che appartiene all’energia, ma non la definizione. Si forniscono soltanto alcune sue proprietà che spesso vengono passate per “definizioni”.

Pur non sapendo cosa sia è paradossalmente possibile elencare un gran numero di forme di energia e fornire anche una formula per calcolare ciascuna di esse. Abbiamo infatti l’energia cinetica, l’energia gravitazionale, l’energia termica, l’energia elettrica, l’energia chimica, l’energia elastica, l’energia radiante, l’energia nucleare, l’energia eolica, l’energia di massa e altre ancora.

Tra le sue proprietà assume particolare importanza quella nota come “*legge di conservazione dell’energia*”. Questa legge asserisce che l’energia può trasformarsi da una forma all’altra senza distruggersi. È una legge fisica che governa tutti i fenomeni naturali, e non si conosce eccezione a questa legge che fu dimostrata per la prima volta da Mayer intorno al 1840 mentre studiava gli scambi energetici nei corpi animali e osservò che una certa quantità di energia meccanica non può scomparire senza che si generi un’equivalente quantità di energia termica. In seguito, come è noto, Joule dette un aspetto più esatto e formalmente corretto a questo principio.

La cosa più sorprendente è che quando avvengono questi scambi si genera un lavoro e sono queste trasformazioni di energia che generano la vita, il movimento e ogni altra azione. L’energia data dalla combustione del cibo si trasforma in energia muscolare e quindi in energia cinetica del nostro corpo in movimento.

Spesso si sostiene che l’energia è l’attitudine a compiere lavoro. Più esattamente si dovrebbe dire che solo le trasformazioni di energia compiono lavoro, definendo così una sua proprietà e lasciando indefinita l’entità stessa dell’energia.

Tutto l’universo è possibile perché c’è energia che cambia continuamente forma. A scambi di energia dobbiamo la nostra stessa vita, e ogni oggetto che ci circonda è stato prodotto, pensato, realizzato perché sono stati possibili scambi energetici. La stessa creazione dell’uomo, la trasformazione del fango in essere umano, avviene perché si rendono possibili particolari trasformazioni energetiche ed è qualcosa che non è avvenuta una sola volta, ma accade anche oggi, quotidianamente, solo che ciò avviene senza che ne siamo pienamente coscienti.

Per convincersene basterebbe osservare che la massa della Terra nel suo insieme, costituita da esseri viventi e “fango”, è costante nel tempo, a parte variazioni non significative dovute essenzialmente a satelliti e missili perduti nello spazio o a qualche meteorite che vi è precipitato. Ma gli uomini e gli animali in questi anni sono aumentati e ciò implica che parte della terra si è trasformata in esseri viventi. Se la massa della Terra è rimasta costante vuol dire che c’è meno fango e più vita. Ovviamente anche se la popolazione vivente non fosse aumentata sarebbe stato necessario sostituire quei viventi diventati fango e quindi nuovo fango sarebbe stato trasformato in esseri viventi. Il processo attraverso cui ciò avviene è ovviamente molto complesso ed è possibile solo perché si rendono possibili particolari scambi di energia. Noi siamo solo degli intermediari inconsapevoli di questo complesso processo che trasforma continuamente il fango in uomini! Ovviamente ciò vale per tutti gli esseri viventi, cioè per ogni animale e ogni pianta. In particolare il seme di una pianta è in grado di provocare quelle trasformazioni energetiche che iniziano prima trasformando l’energia chimica degli elementi nel terreno e poi l’energia radiante solare attraverso il complesso processo della fotosintesi.

## FONTI ENERGETICHE

Affinché l'energia diventi azione non basta quindi che sia disponibile, ma è necessario che possa trasformarsi in qualche altra forma. Gli scambi tra le diverse forme di energia avvengono perché sono resi necessari da alcune condizioni fisiche che possono verificarsi per cause naturali o perché prodotte dall'uomo.

Ecco questo è un punto molto importante. Affinché il carbone, il gas, l'olio combustibile diventino energia utile per muovere macchine, produrre energia elettrica o quant'altro è necessario avere imparato a bruciarli. Avere scoperto il fuoco. Bruciando infatti questi elementi si può trasformare l'energia chimica in energia termica e solo in seguito a questa trasformazione si può ottenere lavoro, azione. Analogamente per poter utilizzare l'energia di massa occorre aver scoperto la fissione nucleare per trasformare quell'energia in energia termica, occorre in altri termini avere imparato a costruire un reattore nucleare. Certo sappiamo che si sarebbe potuto avere molta più energia se avessimo utilizzato la fusione nucleare, ma oggi non si è ancora imparato a farlo!

Abbiamo anche imparato a sfruttare l'energia potenziale gravitazionale dell'acqua trasformandola in energia cinetica di rotazione delle pale di qualche turbina, e in tempi più recenti abbiamo imparato a trasformare l'energia radiante del sole in energia elettrica.

Ogni attività umana ha bisogno di energia trasformabile e di qui l'affannosa ricerca delle fonti energetiche. Attualmente queste fonti si distinguono in rinnovabili e non rinnovabili. Questa distinzione non ha nessun significato fisico, ma acquista un importante significato per comprendere come devono essere utilizzate le nostre risorse energetiche.

Per comprendere bene il significato di questa distinzione è forse utile raccontare una storia. In un paese c'è una grande pizzeria che fa delle ottime pizze cotte a legna. Girando per le montagne del paese si vedono lungo le strade tante fascine ed è perché qualcuno raccoglie la legna da ardere per quelle pizze. La domanda da porsi è la seguente: quante pizze si possono produrre e quante pizzerie si possono ancora aprire? La risposta ovvia è che non si possono produrre più pizze di quanta legna il bosco riesce a riprodurre. Ci sarà quindi un limite ben determinato che determina il numero massimo di pizze che si potranno produrre. Rispettando questo limite la fonte energetica "legna da ardere" potrà definirsi una fonte rinnovabile. Ma se ci fosse interesse ad aumentare la produzione in nome di un'economia in crescita e si produrranno comunque più pizze, si consumerà più legna di quella che il bosco riesce a riprodurre, distruggendo la riserva di alberi che fornisce la legna. È evidente l'errore che si commette in quanto le risorse del bosco presto finiranno e non sarà più possibile produrre pizze. Non rispettando il limite di produzione la stessa fonte energetica "legna da ardere" diventa una fonte non rinnovabile. Le energie si dicono dunque rinnovabili se si rigenerano almeno alla stessa velocità con cui vengono consumate. Se si volesse utilizzare il petrolio nella forma di energia rinnovabile, procedendo al ritmo di consumo attuale, potrebbe voler dire far funzionare trasporti e riscaldamento soltanto per alcune ore l'anno. Questo è il motivo per cui le fonti energetiche costituite da combustibili fossili si dichiarano fonti non rinnovabili. Rimane ancora da osservare che la maggior parte delle fonti che si definiscono "rinnovabili", come quella solare e idraulica, lo sono intrinsecamente non potendo essere utilizzate in modalità non "rinnovabile". Infatti non è possibile consumare più acqua di quella che si produce né più energia solare di quella che viene irradiata.

Questo esempio che induce a riflettere sul disastro che si avrebbe non rispettando il limite di produzione delle pizze porta in sé il dramma di quello che oggi sta accadendo e rappresenta molto da vicino la realtà attuale. Oggi infatti le fonti energetiche rinnovabili rappresentano una piccola quantità dell'energia trasformata e conseguentemente si esauriranno le scorte di energia accumulate nei millenni che ci hanno preceduto. Insomma stiamo tagliando il bosco e alla fine non ci sarà più legna da ardere né pizze da mangiare.

Questa scelta non è ovviamente ragionevole e implica che la generazione attuale generalmente non si occupa di ciò che lascia alle generazioni future e si fonda sul pensare cinicamente che c'è tanto bosco che è possibile produrre pizze per tutto il resto della nostra vita e forse anche per quella dei nostri figli disinteressandosi per ciò che accadrà in futuro. Insomma dopo di noi il diluvio.

La soluzione al problema energetico è fornita soltanto dall'impiego delle fonti rinnovabili. È importante convincersi che questa soluzione non è un'opzione ma un obbligo. Non è soltanto una cosa bella utilizzare l'energia che proviene dal sole, come la luce, il calore e il vento, solo perché è molto abbondante, non costa nulla ed è diffusa ovunque. Inoltre non inquina l'ambiente e non è subordinata a prezzi di borsa.

Questo modo di produrre energia è soprattutto una necessità. Se le fonti rinnovabili vengono giudicate poco competitive rispetto ad altre forme di utilizzazione dell'energia, l'unica via da perseguire è cercare di modificare il modello sociale di sviluppo economico. Senza alternative. Non è possibile infatti un modello che si pone una crescita indefinita assorbendo dalla terra tutte le sue riserve.

Le fonti rinnovabili hanno bisogno di tecnologie sempre migliori per poter essere utilizzate e di strategie applicative molto specifiche per renderle competitive soprattutto con olio combustibile, carbone e gas che costituiscono la maggior parte delle fonti di energia oggi in uso. Queste nuove strategie applicative e nuove tecnologie possono progredire soltanto finanziando la ricerca. Bisogna avere il coraggio di investire nelle fonti di energia rinnovabile in modo da rendere attuabili gli obiettivi della ricerca.

Anni fa i ricercatori Fleischman e Pons fecero molto rumore per un esperimento sulla fusione fredda che prometteva di poter estrarre energia dall'acqua. Sui mezzi di informazione questa notizia veniva fornita come la realizzazione di un sogno. È diffuso infatti credere che estrarre energia dall'acqua vorrebbe significare aver risolto tutti i problemi dell'energia. Poi l'esperimento si rivelò in parte una delusione e in ogni caso non se ne è più parlato. Ma è bene sottolineare che oggi la tecnologia può fare molto di più. Si può avere energia direttamente dalla luce in un modo affidabile e non inquinante ed è evidente che in linea di principio questa possibilità è molto più interessante in quanto la luce è più abbondante e più diffusa dell'acqua.

È bene infine sottolineare che l'energia solare irradiata sulla terra è diffusa ovunque ed è in gran quantità. Quella piccola parte dell'energia solare che colpisce la Terra è tuttavia enorme se commisurata con i fabbisogni di energia del pianeta. Si può calcolare che in meno di una settimana il sole invia sulla terra una quantità di energia pari a tutta l'energia ricavabile bruciando tutte le riserve fossili conosciute. L'energia solare irradiata che finisce sulla Terra è superiore infatti a 10.000 volte il consumo energetico mondiale. Bisogna solo imparare ad utilizzarla a basso costo. Dalla scienza insomma ci aspettiamo un nuovo e più promettente Prometeo.

## ENTROPIA

Potrebbe anche accadere che le condizioni che permettono all'energia di passare da una forma ad un'altra potrebbero non essere più disponibili e che neppure l'uomo potrebbe più metterle in atto. In questo caso si giungerebbe ad una condizione che potrebbe anche sembrare assurda. Sarebbe infatti disponibile sempre la stessa energia ma non potendosi più trasformare non potrebbe produrre più alcun lavoro.

Bisogna infatti considerare che l'energia dell'Universo è immutabile nel tempo e quindi se non dovessero essere più possibili le condizioni che determinano gli scambi da una forma all'altra, l'energia non potrebbe più agire, non potrebbe "muovere" più nulla. Ogni azione sarebbe impedita e conseguentemente sarebbe la fine, la morte dell'universo. Ma come è possibile che ciò possa accadere? Quali potrebbero essere le condizioni per cui tale evento potrebbe realizzarsi?

Per aiutare a comprendere come ciò sia possibile forse può tornare utile un'analogia con un argomento a noi molto familiare. Si può azzardare l'idea che l'energia si comporti come il denaro. Queste due entità infatti presentano alcune analogie interessanti.

Consideriamo ad esempio tutta la Terra e il denaro che c'è sulla Terra. Facciamo l'ipotesi che il denaro non si possa stampare né si possa bruciare. Immaginiamo dunque che la ricchezza disponibile sia costante.

Per di più il valore di questa ricchezza, come l'energia, non è neppure necessario che debba essere rappresentata in modo concreto dalla moneta. Ciò è reso ancora più evidente dall'uso di bancomat e carte di credito che operano mediante un numero e trasferiscono ricchezza tramite codici. Insomma il denaro, come l'energia, è solo una quantità numerica astratta che si associa ad un sistema. Immaginiamo quindi che questa quantità numerica associata alla Terra sia costante e immutabile.

Quando il denaro passa da una mano ad un'altra allora si produce qualcosa, si ha un lavoro. Ma non è che il denaro si è trasformato in lavoro, ha soltanto cambiato di mano, è passato da una persona (=forma di energia) ad un'altra. Si paga qualcuno, o meglio si trasferiscono quantità numeriche mediante codici, per ottenere qualcosa

Certo il denaro si scambia solo per volere degli Uomini e non per condizioni fisiche naturali. Sono infatti solo le leggi degli Uomini che possono intervenire sulla distribuzione della ricchezza. Per intuire ciò che accade per l'Energia bisogna mettere una legge che ad ogni scambio di denaro bisogna obbligatoriamente versare una parte, diciamo una tassa, ad un certo signore che è molto avido ed avaro, ad un grande taccagno, che spende solo una piccola percentuale di quello che possiede. Si capisce allora che man mano che avvengono gli scambi di denaro tra le varie persone (=scambi energetici tra le diverse forme di energia) c'è n'è una che si arricchisce sempre di più e conseguentemente si ha sempre minore moneta circolante. Col passare degli anni la moneta circolante tenderà allo zero e tutto il denaro sarà posseduto solo dal grande taccagno. La ricchezza di tutta la Terra, o meglio la quantità numerica astratta associata alla Terra, sarà la stessa ma non potrà più circolare e la sua attitudine a produrre lavoro sarà finita. Il denaro c'è ma tutto si ferma.

In questa bizzarra analogia è facile immaginare che il grande taccagno equivale all'energia termica. Infatti quando si realizzano scambi energetici bisogna sempre dare un tributo all'energia termica che conseguentemente tenderà sempre ad aumentare. Quando avrò solo energia termica allora tutto sarà fermo. La misura di quanta energia trasformabile c'è ancora in giro in un sistema isolato è data da una grandezza fisica che viene detta "Entropia". Quando l'Entropia di un sistema isolato diventerà massima allora non saranno più possibili trasformazioni energetiche e svanirà l'energia utile a produrre vita, movimento, azione. Ma chi ha messo questa legge? Perché esiste?

Per comprendere meglio questa strana condizione in cui un sistema isolato possiede ancora tutta l'energia ma che ora è diventata inutilizzabile occorre parlare di ordine e disordine. L'entropia infatti misura il disordine. L'Universo procede sempre dall'ordine al disordine, così l'entropia cresce

sempre. Scopriremo infatti che per rendere possibili trasformazioni di energia ci deve essere un po' di ordine da disordinare!

## ORDINE DISORDINE

Quando si costruisce qualcosa, ad esempio un cellulare, si scambia energia con tutte le forme che sono entrate nel processo produttivo. Lo scambio di energia in questo caso ha prodotto ordine nelle cose. Da una roccia è stato estratto del Silicio, dell'Arsenico, del Fosforo e i loro atomi sono stati ordinati e posti in certe determinate condizioni, è stato estratto anche del Rame e del Litio che sono stati posti in certe altre condizioni e così via, in modo che dal fango dove questi minerali erano caoticamente diffusi, è stato prodotto un oggetto che presenta un ordine molto più elevato e che per questo è in grado di assolvere compiti molto complessi.

Analogamente anche per produrre un verme sono stati necessari scambi energetici che dal fango hanno generato un ordine tra molecole ovviamente infinitamente più complesso di quanto sia avvenuto per un cellulare. La differenza consiste nel fatto che l'ordine che fa funzionare un cellulare è stato possibile grazie all'intelligenza umana che ha saputo indirizzare gli scambi di energia necessari alla sua produzione, mentre l'ordine che ha prodotto il verme viene da una storia naturale millenaria di cui si ignora l'origine. Sono comunque necessari scambi di energia per produrre ordine.

Occorre però osservare che scambi di energia possono anche produrre disordine. Posso infatti utilizzare l'energia chimica che fa muovere i miei muscoli per schiacciare il verme o dare una martellata al cellulare. In entrambi i casi ho prodotto disordine in sistemi ordinati che hanno ancora tutti i loro "pezzi" ma non posti più nell'ordine necessario e questo non fa funzionare più né il verme né il cellulare. Non sono stati inoltre considerati argomenti attuali e ben più drammatici come le guerre che utilizzano scambi energetici per distruggere l'ordine delle costruzioni, degli esseri viventi e di tutto quanto era stato messo in ordine da scambi energetici ben più produttivi. Trasformazioni di Energia che provocano disordine, e quindi distruzione di sistemi ordinati e complessi, possono avvenire anche per cause naturali come quelli prodotti da terremoti, eruzioni, uragani e altri ancora.

Tuttavia pensando al potere distruttivo dell'uomo rispetto a queste terribili catastrofi naturali è bene ricordare che già Brecht scriveva "Tremendo è l'uragano, più tremendo è il ciclone ma, più di tutto, tremendo è l'uomo" (Brecht, "Ascesa e caduta della città di Mahagonny"). È in un certo senso sorprendente notare che fenomeni naturali e decisioni umane hanno così grandi capacità distruttive e creative allo stesso tempo.

Anche in questo caso si può trovare una curiosa analogia fra energia e denaro. Infatti è possibile produrre finanziamenti, e quindi indirizzare energia, per edificare o distruggere. Si può ad esempio utilizzare il denaro per finanziare organizzazioni complesse dove il sapere si fonda e si trasmette, come le scuole e le università, oppure per finanziare organizzazioni criminali. Si può passare quindi dall'ordine che permette alle società di esistere e progredire al disordine che non consente più alla società, alla vita stessa, di essere e distruggere tutto quanto era stato messo in ordine – architettura, agricoltura, ospedali, industria - inseguendo interessi altrove diversi.

Questo dolore per la distruzione di cose così complesse, interessanti, emozionanti, prodotte dal faticoso lavoro dell'uomo per attuare condizioni di vita più favorevoli e fondato sul sapere costruito da alcuni uomini nella loro storia, viene messo bene in luce da un verso di un giovane poeta poco più che ventenne:

"Eppure i venti soffiavano, le onde del mare si accavallavano. E voi? Non facevate caso" (Keats, "Sonno e poesia"). Anche se in realtà questi versi nell'opera di Keats vogliono sottolineare la diversità tra una poesia erudita e l'avventura spontanea dell'ideale romantico, è bello estenderne il significato ad ogni disinteresse dell'uomo per qualcosa che generi tormento, passione.

Ordine e disordine sono dunque generati da scambi di energia fra le sue varie forme. Un'osservazione molto importante però è che se un sistema è isolato, se non può più scambiare energia con l'esterno, al suo interno non può mai ordinarsi. Può solo aumentare il disordine e questo è dovuto ad un fatto probabilistico.

Un esempio che un sistema isolato non può mai ordinarsi è costituito dall'esperienza comune che è molto difficile che le molecole di un ferro da stiro caldo, agitandosi reciprocamente in un moto caotico per l'alta temperatura, si possano improvvisamente ordinare assumendo tutte la stessa direzione, con la conseguenza che il ferro da stiro improvvisamente possa diventare freddo e trasformarsi in un pericoloso proiettile! Ovviamente non c'è nessuna legge fisica che impedisca che ciò avvenga ma ci sentiamo sicuri accanto al ferro da stiro, senza pensare che possa trafiggerci, soltanto perché questo evento, anche se non è impossibile è comunque molto improbabile.

Un esempio che un sistema isolato può solo aumentare il disordine al suo interno è fornito da un qualsiasi essere vivente che si isola e non introduce cibo da bruciare. Non avendo più energia disponibile, evolve spontaneamente verso il disordine, cioè verso la morte.

In un sistema isolato l'entropia dunque aumenta perché il sistema si muove verso stati fisici più probabili e cioè più disordinati. Poiché passando dall'ordine al disordine avvengono scambi di energia utilizzabile man mano che il disordine aumenta sarà sempre minore la quantità di energia che può dare vita, movimento, azione.

Purtroppo l'ordine che da qualche parte è stato ottenuto implica che in qualche altra parte è stato prodotto disordine per ottenere energia necessaria e il disordine complessivamente prodotto è sempre maggiore dell'ordine che localmente si è ottenuto. Per avere energia necessaria per mantenere il proprio ordine biologico gli uomini devono bruciare cibo devono provocare disordine da qualche parte. Devono consumare materia ordinata. Il degrado dell'energia è evidente quando si consideri che ciò che resta del cibo ingerito e che viene abbandonato dall'organismo è più disordinato della materia che costituiva il cibo. Il problema è che si è riusciti a produrre ordine soltanto avendo prodotto disordine in qualche altra parte e che il bilancio è a favore del disordine.

Al di là della considerazione sugli esseri viventi, se consumo legna per ottenere energia ho prodotto disordine tra le cellule che costituivano il legno che ora è cenere. Anche se l'energia ottenuta sarà servita per mettere ordine in qualche parte il bilancio complessivo è sempre a favore del disordine.

È come se l'Universo avesse avuto all'inizio un grande ordine che degradando e indirizzando opportuni scambi energetici ha prodotto in qualche luogo sistemi altamente ordinati mentre intorno inevitabilmente aumentava il disordine. Quando non ci sarà più un po' di ordine da disordinare non si potrà avere più energia disponibile e non sarà più possibile l'evoluzione dell'Universo.

Insomma è come se all'origine ci fosse stato un ordine assoluto che va progressivamente verso un uniforme disordine. Secondo alcune indicazioni interpretate da studiosi ciò dovrebbe avvenire in 100 miliardi di anni e l'Universo oggi ne ha solo 15. È quindi relativamente giovane.

Prof. Paolo Del Vecchio