

MARCO DALBOSCO

---

## L'UNIVERSO DELLA FISICA, IL PIANETA - ENERGIA: UN VIAGGIO TRA NUMERI, POLITICA E SPERANZA

---

### 1. INTRODUZIONE

Uno dei tratti più problematici della nostra epoca e che con più urgenza ci sfida mi pare che sia il modo frammentato con cui « le cose » si presentano davanti a noi. E' vero, è da molto tempo ormai che si è compreso che non è possibile avere una conoscenza estesa della molteplicità dei fenomeni: non mi riferisco dunque all'impossibilità di questo tipo di conoscenza enciclopedica. Si poteva però almeno sperare di delineare una mappa generale delle diverse attività che cogliesse i nessi esistenti fra di esse: sembra, al contrario, che una fantastica diversità di oggetti e di linguaggi, una estrema varietà di metodi e di scopi ostacoli e frustri i nostri tentativi di comporre un unico mosaico.

Se oggi ci troviamo a parlare di « scienza, tecnologia e società » credo sia proprio perché noi non ci accontentiamo di un mosaico in frantumi. Non ci accontentiamo non soltanto perché, come scrisse Albert Einstein, « una delle cose più belle della vita è avere una visione chiara dei nessi esistenti fra le cose », ma soprattutto perché è vitale intendere quei nessi. E' vero che è sicuramente rischioso uscire dal proprio piccolo ambito di ricerca, dove le affermazioni possono essere controllate con relativa facilità. D'altra parte credo che noi vogliamo correre questo rischio perché convinti che vale la pena cercare di gettare dei ponti fra sponde diverse, e stabilire dei collegamenti fra regioni lontane. Il fisico Bernard d'Espagnat (<sup>1</sup>, pag. 190) nella panoramica conclusiva del suo libro « Alla ricerca del reale » riconosce che la visuale dello specialista è, certe volte, alquanto angusta, d'altra parte ritiene « altamente auspicabile che chi è in possesso (di una conoscenza specifica in un campo) tenti di correlare la descrizione del suo dominio di ricerche con l'insieme di idee generali a suo avviso pertinenti ». Io condivido questo giudizio e, dal momento che mi occupo di fisica, voglio esporre alcune riflessioni su aspetti della fisica di oggi che, per diverse ragioni, mi pare abbiano rilevanza di carattere generale.

Così dapprima cercherò di presentare alcuni aspetti « interni » ma significativi anche per chi è « esterno », senza tentare di fare un arido inventario, tanto inutile in questo contesto quanto, di necessità, incompleto: parlerò piuttosto del processo di « complessificazione » in atto in fisica. In un secondo tema mi soffermerò invece su di un particolare problema, di importanza capitale però, quello dell'energia.

Concluderò con due osservazioni di segno opposto riguardo al valore della fisica, intesa come complesso di attività teoriche e pratiche, per la umanità: su come essa si sia impudicamente concessa alle voglie dei militari; su come essa possa arricchire il patrimonio spirituale degli uomini. Segno di quella problematicità e ricchezza, nello stesso tempo, di rapporti esistenti fra la ricerca fisica e la realtà umana.

### 2. ASPETTI « TECNICI », MA DI RILEVANZA GENERALE

#### 2.1. Frantumazione e unificazione

Voglio per prima cosa affrontare quello che chiamerei il paradosso della crescente frantumazione e della crescente unificazione.

La prima informazione da dare a chi non si occupa per professione di fisica è la seguente: la fisica non è oggi un corpo unitario di teorie e metodi sperimentali. Se ciò è vero, e cercherò di mostrarlo, allora anche la fisica, nel suo stesso interno, ripropone quella frantumazione che è così caratteristica del sapere moderno. La situazione è bene illustrata dal premio Nobel Emilio Segré con le seguenti immagini<sup>2</sup>: « I fisici sono costretti ad una specializzazione ognora crescente. (...) I fisici (incluso l'autore di questo articolo) conoscono solo poche province di un enorme regno che si stende su varie zone climatiche. Quelli pratici delle zone temperate conoscono una flora di olivi e di limoni, ma ignorano le foreste di conifere dei climi più freddi e le piantagioni di banane ».

Il volume degli articoli specialistici è impressionante, sono decine di migliaia di pagine all'anno solo per la fisica teorica, decine di migliaia per la fisica nucleare, probabilmente di più per la fisica dello stato solido... Se è vero che molti di questi articoli sono scritti per motivi « accademici » (è questo uno dei meccanismi perversi che agiscono all'interno della ricerca) ugualmente è materialmente impossibile essere a conoscenza della parte valida della cosiddetta « letteratura ». In realtà non è possibile esserlo neppure all'interno delle singole discipline fisiche! Le immagini dei congressi degli anni '20 e '30 parlano di un'epoca ormai lontana e mitica: in quella ventina di teste affiancate (c'erano, tutti assieme e compiti come scolaretti, Bohr, Dirac, Einstein, Fermi, Heisenberg, solo per citare alcuni fra i più noti numi tutelari della fisica del nostro secolo) davvero era compresa tutta la fisica di allora. Oggi invece « i fisici conoscono solo poche province di un enorme regno... ».

A questo punto qualcuno può chiedersi se quel regno, pur vasto, dispon-

ga almeno di un unico sistema di strade che permettano di collegare ogni provincia alle altre. La risposta è negativa e per comprendere questo secondo tipo di fratturazione è necessario, in realtà, fare riferimento ad una seconda tendenza, presente in fisica fin dai suoi albori, ed anti-antica alla precedente: la tendenza all'unificazione progressiva di concetti in apparenza diversissimi. La sintesi newtoniana; l'unificazione dell'elettricità del magnetismo e dell'ottica (il nome di Maxwell, fra gli altri, dovrebbe restare impresso; l'assimilazione del concetto di calore a quello di energia; la riunione dei concetti di spazio, tempo e poi anche materia nelle due teorie della relatività; la meccanica quantistica; sono gli esempi più clamorosi di una vocazione all'unità che, per le immense conseguenze pratiche che ha avuto, ma anche di per se stessa, mi pare abbia un valore che supera i limiti della fisica. Unità incompleta, però, o ancora incompleta, perché le due colonne su cui si regge l'edificio della fisica oggi, la relatività e la meccanica quantistica, queste due colonne paiono progettate da architetti diversi. Il punto importante, qui, è sottolineare che non esiste, oggi, un unico sistema del mondo neppure all'interno della stessa fisica!

Individuerei poi un secondo tipo di frattura profonda: quello fra il « tempo degli orologiai » che è proprio della fisica del microscopico e il tempo irreversibile e strutturato tipico dei fenomeni più complessi (non necessariamente biologici; possiamo pensare, ad esempio, ai fenomeni meteorologici). Un libro il cui argomento è sostanzialmente la storia del concetto di tempo in fisica e gli sforzi attuali che si stanno facendo nella direzione di una nuova unificazione è « La nuova alleanza » scritto dal Nobel (per la chimica) Ilya Prigogine e da una sua collaboratrice.<sup>3</sup> Anche se personalmente non condivido il genere di ottimismo che ispira gli autori, trovo che questo libro può essere stimolante anche per chi non lavora in fisica. E' un libro che perlomeno cerca di abbattere antichi steccati: il problema del tempo forse meglio di altri si presta a misurare la diversità degli approcci, ma anche a sottolineare la necessità di riarticolare la riflessione scientifica, filosofica, culturale.

## 2.2. Complessificazione

Riassumo quanto detto finora nella maniera seguente: in fisica, come nel resto delle attività umane, si sta verificando una proliferazione incontrollata di sottodiscipline, una polverizzazione di metodi e tecniche. Questo però non esclude, ed è importante, che contemporaneamente ci sia una forte tensione all'unificazione non ancora, peraltro, raggiunta (e forse mai del tutto raggiungibile).

Chiamerai questo processo « complessificazione » (diverso da « complicazione » che suggerisce solamente l'aspetto negativo, la crescente oscurità nel capire cosa succede). Una realtà complessa è sì una realtà frammentata ma è anche una realtà ricca, ricca di aspetti diversi, ricca di relazioni sempre più fitte fra regioni lontane. Per illustrare questa spinta verso la complessità di relazioni voglio portare tre esempi, significativi per regioni differenti.

### 1° esempio: i lasers

Strumenti come i lasers trovano applicazioni in campi diversissimi: dallo studio della cosiddetta ottica non lineare a nuovi controlli della relatività generale, dalla misura precisissima di distanze ad esperienze raffinate di spettroscopia atomica e molecolare, dalla tecnica delle immagini tridimensionali (l'olografia) agli svariati impieghi come lasers di potenza; e l'elenco potrebbe continuare.

### 2° esempio: i sistemi non-lineari

Una classe di strumenti, matematici questa volta, che sicuramente avranno in futuro uno sviluppo sempre maggiore è la teoria dei sistemi non lineari. Non posso certo spiegare che cosa si intende per teoria dei sistemi non lineari: basta qui dire che le equazioni di Einstein della relatività generale sono equazioni non lineari (ed è questo che permette la esistenza di buchi neri o di soluzioni ancora più bizzarre oggetto di ricerche più recenti); che le equazioni della teoria dei quarks sono equazioni non lineari (una conseguenza è che non è possibile « vedere » i quarks separati); e ancora sono rette da equazioni non lineari le reazioni chimiche, i fenomeni idrodinamici e moltissimi altri, anche di natura non fisica, quali la dinamica delle popolazioni. Vorrei che si intuisse come da poche equazioni, semplici all'aspetto, sia possibile prevedere l'esistenza di un mondo di situazioni (soluzioni): credo che consista in questo la « bellezza » delle equazioni di cui parlano i matematici e i fisici. E' la capacità di « cogliere i nessi fra le cose », di descrivere il complesso per mezzo del semplice.

### 3° esempio: il molto piccolo e il molto grande

La fisica delle particelle elementari e la cosmologia, lo studio del « molto » piccolo e lo studio del « molto » grande sono il terzo esempio di cui mi servo per illustrare come ambiti di ricerca fisica, è il caso di dirlo, lontanissimi, vengono oggi ad interagire.

Un esempio tipico di collaborazione è di questi ultimi anni: nell'Universo « manca » una grande quantità di materia, circa il 90% del totale (« manca » nel senso che si ritiene debba esserci anche se non è stata ancora vista). Ebbene da questo fatto si è condotti a prevedere l'esistenza di un nuovo tipo di particella con proprietà assai ben definite: si prevede un oggetto molto piccolo a partire dalle proprietà in grande dell'Universo. Si badi che, in ogni caso, quello della « massa mancante » è un problema decisivo per le sorti a lungo termine dell'Universo: da ciò dipende se l'Universo precipiterà su se stesso oppure si espanderà all'infinito. Per quest'ultima evenienza già è stato studiato cosa accadrà con previsioni che si spingono fino al tempo follemente lontano di  $10^{16}$  anni. Dico questo non per suscitare « meraviglia » (perché anzi è ora di finirla con gli scienziati-stregoni che incantano le masse dei profani con le « meraviglie della scienza e della tecnica »). Lo dico per far presente che esistono in fisica dei rami dove maggiormente l'oggetto studiato è carico di risonanze e rimanda (per contrasto, in questo caso) al mondo umano e all'uomo che indaga. Sono ben consapevole che non bisogna confondere

aspetti diversi quali la ricerca scientifica e la dimensione poetica o religiosa. Mi pare però un segno ulteriore della ricchezza di rapporti fra ricerca fisica e mondo umano il fatto che, studiando e « fingendosi » « interminati spazi » e « sovrumani silenzi », chi si occupa di fisica possa, anche se ciò non è assolutamente necessario, provare sensazioni simili a quelle che devono aver ispirato il salmista:

*Allorquando contemplo i tuoi cieli,  
opera delle tue mani,  
la luna e le stelle che tu fissasti  
che è l'uomo perché te ne ricordi,  
e il figlio dell'uomo perché ne abbia cura?* (Salmo 8, vv. 4-5).

### 2.3. La tendenza degli esperimenti al gigantismo

La complessificazione delle teorie procede di pari passo con la complessificazione degli esperimenti e delle tecniche di laboratorio. E' di questo che voglio occuparmi ora perché, come vedremo le conseguenze di ciò si spingono oltre l'ambito della fisica.

E' frequente udire il prof. Antonino Zichichi raccontare un po' enfaticamente come fossero semplici gli strumenti con cui Galileo faceva fisica sperimentale: quattro cordicelle, due sassolini o poco di più, egli dice. E' vero, in effetti, che l'attrezzatura di un fisico dei secoli scorsi era, si potrebbe dire, frugale: egli poteva organizzare da solo le proprie ricerche, le apparecchiature erano fatte sulla sua misura ed anzi, il più delle volte, egli stesso era in grado di fabbricarselo. Questo tipo di ricerca, fortemente personalizzata, è proseguito fino al periodo compreso fra le due guerre quando ancora poche persone potevano progettare un'esperienza, mettere a punto e controllare le macchine, elaborare i dati sperimentali. A partire dalla seconda Guerra Mondiale hanno fatto la loro comparsa i caratteri, nuovi, del lavoro di équipe, anche se, beninteso, non in tutti i rami della fisica sperimentale; inoltre al dilatarsi numerico delle collaborazioni di scienziati è corrisposto il gigantismo crescente degli strumenti e dei laboratori. Quali sono i motivi di una simile trasformazione?

Direi che sono di due tipi.

Esistono prima di tutto motivi rigorosamente fisici: allontanarsi dal reame dei fenomeni vicini, tutto sommato, all'esperienza quotidiana, significa avventurarsi in ambienti sempre più inconsueti, che richiedono strumenti di indagine sempre meno familiari. Così accade nell'esplorazione delle proprietà dei nuclei dove sono richiesti, se si vuole raggiungere l'energia necessaria, acceleratori aventi le dimensioni di una balena (ne esiste uno, dal nome significativo di Moby Dick, anche vicino a Padova). Così accade, ed in modo più esasperato, nella fisica delle alte energie. Crescere l'energia dei processi studiati è sinonimo, con le tecniche attuali, di aumento delle dimensioni delle macchine: si pensi al LEP (= Largo [anello di accumulazione per] Elettroni e Positroni), in costruzione a Ginevra,

che avrà una circonferenza di 27 chilometri e costa centinaia di miliardi di lire. E' evidente che in questo settore della fisica, detto delle « alte energie » l'organizzazione del lavoro è cambiata e la struttura della ricerca è ormai assimilabile a quella piramidale, tipica di una grande azienda. Occorrono anche più soldi: ho udito il racconto di un professore di Padova, responsabile di un sottogruppo di una quarantina di persone in un esperimento al CERN di Ginevra, che si è trovato, con grande imbarazzo, a dover decidere a chi affidare una commessa del valore di tre miliardi di lire, e trattare con uomini d'affari ben più usi di lui a maneggiare simili somme.

### 2.4. Progetti "puliti" e progetti militari

La domanda che di solito ci si pone a questo punto è se è opportuno investire simili somme in imprese i cui scopi sfuggono, ritengo, alla maggior parte dei cittadini. Per ciò che riguarda il genere di esperienze cui ho accennato la mia opinione personale è sì: esse sono complesse e dispendiose per la stessa natura degli eventi fisici da studiare, d'altra parte esse sono sufficientemente « pulite » nel senso che non sono, direttamente almeno, asservite ad interessi di natura politico-militare. Sto cercando di segnare una linea divisoria, probabilmente in molti casi non facile da tracciare in modo netto, nei confronti di un secondo genere di progetti tecnico-scientifici giganteschi, il cui capostipite direi senz'altro che è il Progetto Manhattan, il Progetto, cioè, il cui esito finale fu l'esplosione degli ordigni a fissione nucleare sulla viva carne delle popolazioni giapponesi. Esso costituì l'occasione in cui, come fu detto, « i fisici conobbero il peccato » (ma su questo tornerò alla fine). Ciò che mi interessa qui ricordare sono le proporzioni inedite del Progetto: « Al momento del passaggio ai civili », cito dal saggio « Il controllo sociale della tecnologia » di David Collingridge,<sup>14</sup> « il personale del progetto era costituito da 254 ufficiali e 1688 soldati semplici, circa 4000 civili assunti in pianta stabile e 37800 con contratto a termine. Le 37 installazioni del progetto erano dislocate in 19 stati e in Canada ». Imprese così titaniche possiedono una notevolissima inerzia finanziaria e politica: quali saranno, per essere più chiaro, quei politici che si accolleranno il rischio della cancellazione di un simile progetto, magari quando esso è in uno stadio avanzato di realizzazione? E' stato suggerito, ad esempio, che, nonostante fosse ormai noto che i Nazisti non erano in grado di costruire la bomba, il progetto continuò perché ormai nessuno aveva interesse a fermarlo e che le bombe furono fatte esplodere perché altrimenti il progetto sarebbe rimasto, in un certo senso, incompleto.

Al progetto Manhattan altri ne seguirono, di pari proporzioni: il progetto per la bomba a fusione, realizzata nel 1952; il progetto Orione, a cavallo degli anni '50 e '60 che prevedeva il lancio nello spazio di una specie di grattacielo il propellente essendo costituito da 2000 bombe atomiche (50 delle quali sarebbero esplose nell'atmosfera!); il progetto Apollo negli anni '60, e altri.

## 2.5. La tendenza all'ipertrofismo

Se queste imprese portano impressi i tratti megalomani della volontà di potenza, è però vero che i tratti del gigantismo sono riconoscibili anche in ricerche civili, con finalità meno sospette, come quelle per il controllo della fusione nucleare per mezzo del cosiddetto confinamento magnetico del plasma, cioè di quello stato di materia in cui elettroni e ioni positivi non sono più legati ma formano un unico « mare », il plasma appunto. Alcune cifre vi daranno le dimensioni dell'operazione « fusione controllata »<sup>10</sup>:

- Spesa CEE nell' '82: circa 450 miliardi di lire (dell'epoca)
- Spesa USA nell' '82: circa 1000 miliardi di lire (dell'epoca).
- Costo attuale di un Tokamak (cioè della macchina a forma di ciambella in cui può venir confinato il plasma): circa 500 miliardi.
- Investimento complessivo per l'insieme dei 3 Tokamaks d'avanguardia oggi funzionanti a Princeton, a Oxford e in Giappone: oltre 2 miliardi di dollari.
- Costo della prossima generazione di macchine: circa 10 volte maggiore. Tuttavia prima della fine del millennio è ben difficile che possano entrare in funzione impianti utili: una serie di gravi difficoltà tecniche separa la fattibilità fisica della fusione da quella ingegneristica.

Abbiamo visto che tendenze all'ipertrofismo sono presenti in ricerche di fisica pura, di fisica asservita alla volontà di potenza, di fisica applicata alla ricerca civile. Non credo dunque che questo aspetto del processo di complessificazione sia eliminabile: sicuramente bisogna combatterlo in certi casi, in altri credo che dobbiamo addestrarci a convivere con esso. « Piccolo è bello » si dice: d'altronde non bisogna credere che anche tecnologie come quelle che sfruttano l'energia solare siano necessariamente « piccole »: una centrale solare compatta, con un rendimento del 20% ed una potenza di 1.2 GigaWatt (l'equivalente di una tipica centrale a fusione) occuperebbe un'area di circa 25 Km<sup>2</sup>.

E' importante però il fatto che l'argomentazione può essere rovesciata: non è lecito invocare la presenza di difficoltà straordinarie soltanto quando ciò serve ad affossare linee di ricerca non gradite, come nel caso delle cosiddette « energie dolci ».

## 3. ENERGIA

### 3.1. Il ruolo dell'energia in fisica

Il tempo dell'energia è già emerso in quanto ho detto finora: mi pare inevitabile dedicargli un posto a parte, dal momento che è uno di quei temi cui maggiormente, seppure in modo inferiore al dovuto, si è oggi sensibili. Ad un breve inquadramento di natura fisica, seguirà un tenta-

tivo di esaminare il tema dell'energia nell'ambito della più generale interazione scienza-tecnica-politica.

Il concetto di Energia è onnipresente in fisica: esso non è parte di una teoria fisica ma si presenta come una struttura comune che sottosta a tutte le teorie fisiche attuali. In questo senso si è dimostrato un concetto « inaffondabile »: anche i « nuovi » mondi della fisica atomica, nucleare, subnucleare..., pur richiedendo teorie nuove e rivoluzionarie fanno intervenire, in modo decisivo, l'energia e la sua conservazione. Così come l'energia è onnipresente nella teoria, lo è anche nella vita di ogni giorno. Basterebbe passare in rassegna gli innumerevoli e vari processi energetici che in questo momento non solo sono necessari perché ciascuno di noi rimanga in vita ma sono altresì indispensabili perché possiamo vederli e comunicare fra noi. Senza pensare a quello spropositato serbatoio di energia costituito dalla massa nostra e di quello che ci circonda.

L'energia è veramente un concetto ricchissimo. Una e molteplice, proteiforme addirittura, come pochi esempi mostrerebbero; permanente (o « conservata », come dice il fisico) e cangiante; astratta e concreta nello stesso tempo. E' un concetto astratto, altamente astratto, perché, in ultima analisi, tutto si riduce per il fisico a stabilire delle regole di contabilità matematica che suonano come la seguente: « la somma del prodotto di queste e quelle quantità e di una certa funzione di certe altre quantità non varia col tempo » (e non credo che se sostituissi: funzione del potenziale coulombiano, modulo del vettore velocità elevato al quadrato, ecc. ecc. tutto questo sarebbe più tangibile!).

Ma è una grandezza fisica concreta, terribilmente concreta, dal momento che ogni società (non solo umana) può essere considerata come un sistema percorso da un flusso di energia con degli « inputs », degli « outputs » e, intermedi, dei processi di trasformazione dell'energia entrante in energia « degradata », o uscente.

### 3.2. Esistono degli « esperti » dell'energia neutrali?

Io rispondo: sì, limitatamente all'ambito tecnico-teorico, no se ci riferiamo all'ambito tecnico-applicativo.

Tanto per cominciare è significativo il seguente mutamento di linguaggio: parlando di E., in termini pratici, si dice: « produzione » di E., « consumo » di E., adoperando cioè espressioni non usate in fisica (non è infatti possibile creare o distruggere E., ma trasformarla). La differenza di vocaboli tradisce, come accade, una differenza di prospettive. Le due prospettive (quella del fisico o dell'ingegnere, e quella dell'economista, del pianificatore, del politico...) differiscono in questo: i fisici, o in generale i tecnici, in quanto tecnici, studiano in quali modi è possibile manipolare l'energia (ad esempio l'energia nucleare); per gli altri si tratta invece di stabilire i criteri con cui è opportuno disporre di E. (ad esempio se è opportuno che una nazione si doti di 50 centrali nucleari). E' chiaro che sto presentando una situazione ultra-semplificata (il ruolo dell'opinione pubblica, di come essa è, o meglio, potrebbe essere resa partecipe ai

processi di decisione, è sottinteso e non meglio specificato in quanto sto dicendo): ciò che voglio sottolineare è che, in merito alle scelte di politica energetica, l'«esperto» non può dare risposte univoche a domande del tipo: di quanta energia abbiamo bisogno? e in quali forme? in quali zone possiamo produrla? Non può darle ed infatti non le dà, come possiamo constatare, ad esempio, quando noi, che esperti non siamo, tentiamo di farci un'idea delle implicazioni e dei pericoli del nucleare. Ricorriamo, non c'è altro da fare, al giudizio degli esperti. Non udiamo però una sola voce ma molte, discordanti, perché ispirate da diversi giudizi di valore. Credo veramente che sia un pericolo che i cittadini si abituino a pensare all'esperto come detentore di un sapere che non si discute non solo per quanto ha a che fare con il suo ristretto ambito di competenze ma anche rispetto al valore che quelle competenze hanno nel più vasto contesto sociale. Consideriamo ad esempio una affermazione come la seguente, fatta dal prof. Edward Teller la cui competenza di scienziato nessuno può mettere in discussione: «Il raggiungimento di un buon livello di vita si basa largamente su un'abbondante disponibilità di energia».<sup>4</sup> Avvalendosi dell'irresistibile fascino che la parola «abbondanza» esercita Teller presenta come verbo scientifico quella che pur essendo molto diffusa è nient'altro che un'opinione. Il carattere di questa opinione è ben compreso se si completa la precedente proposizione con quelle che seguono poco dopo: «L'eliminazione delle sofferenze derivanti dalla povertà attraverso l'uso intelligente della tecnologia negli Stati Uniti era un fatto reale più che in qualunque altra società. Se un simile risultato avesse potuto essere esteso in un mondo che si stava appena riprendendo da una terribile guerra (...) allora forse anche lo sfruttamento dell'uomo sull'uomo avrebbe potuto finalmente cessare e il sogno americano avrebbe potuto diventare una realtà in tutto il mondo. Ma la condizione per ottenere tutto questo era che ci fosse abbondanza di energia». Mi pare che un parere «tecnico» di questo genere non richieda commenti.

### 3.3. La necessità di un'informazione corretta: le dimensioni del problema dell'energia

Resta però fermo che soltanto il tecnico può e deve fornire una informazione il meno possibile tendenziosa. Ci sono dei dati dai quali qualunque discorso sull'energia non può prescindere. Una precondizione perché si possa soltanto mettersi a leggere un libro o un articolo dedicato a qualche risvolto della tematica energetica è la comprensione del significato dei numeri in gioco. Il lettore rischia altrimenti di allontanarsi disgustato perché non afferra l'entità reale dei numeri.

[E' sufficiente qui ricordare che  $1 \text{ quad} = 2,5 \times 10^{17} \text{ tep}$  (tonnellate equivalenti di petrolio) =  $3,02 \times 10^{14} \text{ KWh}$  (chilowatt-ora) =  $2,5 \times 10^{17} \text{ Joule}$ ]. Il contatto con i numeri è per certi versi salutare. Ci rendiamo conto che qualunque progetto di modificazione dell'esistente non può ignorare i severi vincoli imposti dal consumo di energia. Non occorre condividere le posizioni di un Teller per riconoscere la rigidità e l'inerzia delle strutture

energetiche del mondo in cui viviamo. Guardiamo alle cifre: il consumo mondiale totale annuo di energia (per il quale il quad o meglio ancora il Gigatep sono unità appropriate) è oggi di circa 300 quad, ovvero 7 Gigatep e mezzo. [Il prefisso «Giga» significa «1 miliardo»]. E' evidente che con una popolazione che cresce numericamente ed il cui tenore di vita economico è pure auspicabile che cresca (senza essere, ripeto, telleriani), qualunque sia lo scenario di crescita prospettato per il futuro, sotto questa cifra non si scende. E questo significa esattamente che occorre l'equivalente di 10000 centrali da 1 GWatt. Il contatto coi numeri mi pare, ripeto, salutare, anche se amaro. In fondo è una riprova di quello che disse uno scrittore tedesco: «I pensieri stanno facilmente l'uno accanto all'altro, ma nello spazio le cose collidono duramente».

### 3.4. Le cifre dell'energia dolce

Consideriamo, ad esempio, le centrali eoliche di grossa taglia che, secondo il progetto «Gamma» dell'ENEL, dovrebbero essere installate in Italia negli anni '90: esse avranno una potenza di qualche MW ciascuna e saranno alcune decine. Ma si deve avere in mente che l'attuale consumo italiano è di più di 300 GW: la parte eolica coprirà dunque meno dell'1 per mille del bisogno nazionale. E' evidente che se dico questo non è perché io mi auguri che vengano tagliate le gambe allo sviluppo dell'energia eolica (il cui sfruttamento, anzi, al pari di quello delle altre energie rinnovabili, andrebbe incentivato in ogni modo). E' che non vorrei che assomigliassimo a quella persona che, giustamente spegne sempre le luci piccole di casa illudendosi però, così facendo, di ridurre drasticamente il consumo di elettricità. Le previsioni fatte da gran parte degli «esperti» sono, comunque, deprimenti. Possiamo leggere, ad esempio, nel numero di «Le Scienze» dello scorso dicembre<sup>5</sup>: «Le fonti rinnovabili non sono ancora considerate in grado di dare un contributo determinante o anche significativo alla copertura dei consumi globali (3% nel 2000, 5-6% nel 2020)». E' doveroso, però, ricordare che esistono altri «esperti» di parere opposto. E' il caso di Amory Lovins, chiamato sprezzantemente da Teller «moderno don Chisciotte», che nel suo libro «Energia dolce»<sup>7</sup> teorizza l'impiego di energie rinnovabili, a produzione decentralizzata e adeguate all'effettivo fabbisogno dell'utenza (l'autore dice: «flessibili, durature, affidabili e benigne»). Le argomentazioni che egli porta a favore delle «energie dolci» sono convincenti a livello di motivazioni, ma risultano altrettanto convincenti le stime numeriche addotte a sostegno della loro realizzabilità? A me sembra che in molti casi Lovins si limiti ad asserire che le cose sono fattibili. Un esempio: a proposito dei sistemi eolico-idraulici egli assicura che «i parecchi modelli (di sistemi eolico-idraulici) (...) sembrano già oggi in grado di competere con l'energia nucleare in gran parte dell'America del Nord e dell'Europa occidentale». Che dire, allora, dei programmi dell'ENEL già ricordati? Ancora una volta vediamo come «esperti» diversi compiono analisi diverse.

Voglio ora esporre quei dati di fatto che, secondo l'idea che mi sono

formato, esistono, che pertanto tutti, al di là delle differenze di prospettiva, non dovrebbero rimuovere dalla coscienza propria e collettiva.

A) *La possibilità del risparmio* (ovvero: « della saggezza tecnologica »). Non c'è nessuno oggi che non riconosca che è possibile risparmiare almeno il 20% dell'energia primaria, cioè disponibile a monte di qualunque utilizzo. Stime più ottimistiche si spingono al 30-35%.

Si noti che risparmio non vuol dire ancora modifica del tenore di vita: significa soltanto costruire un più razionale utilizzo delle risorse. E' vero poi che « il fatto di evitare lo sperpero di energia dovrebbe diventare un imperativo etico », come auspicano gli autori del 4° rapporto al Club di Roma, « Oltre l'età dello spreco ».<sup>8</sup>

B) *La perpetuazione delle disuguaglianze*. Ecco un piccolo conto sulla richiesta mondiale di energia fra 50 anni. Moltiplichiamo il consumo attuale USA per la crescita connessa ad un tasso annuo di incremento di 1.9% (minore cioè del 3.4% che caratterizzò gli anni '50 e '60); traduciamo poi questo in termini mondiali e scopriamo allora che fra 50 anni l'umanità consumerà ben 4600 quad di energia all'anno, pari a 15 volte il consumo attuale. Ma, in realtà, nessuno prevede che il tenore di vita mondiale coinciderà con quello statunitense. Alla 12° Conferenza mondiale sull'energia svoltasi a Nuova Delhi l'anno scorso si è prospettato per l'anno 2020 un consumo percentuale del 20-40% dei paesi del Terzo mondo, a fronte di una loro popolazione di 6 miliardi su 8 totali.<sup>9</sup> Anche se non si potesse fare nulla per evitare questa situazione (ma che fine ha fatto allora la tanto sbandierata volontà di cambiare l'esistente di cui l'uomo occidentale è andato tanto fiero?) bisognerà pur far sapere che il re è nudo, che il modello di vita occidentale è improponibile a livello planetario!

C) *Il depauperamento del pianeta* è inestricabilmente connesso alle forme di produzione energetica attuali e a quelle che caratterizzano l'accoppiata materiali fossili-materiali fissili. Si pensi solo cosa significherebbe sbancare su vasta scala le sabbie bituminose di Athabasca, nello stato canadese dell'Alberta, o estrarre i greggi pesanti dell'Orinoco in Venezuela.<sup>6</sup> Si pensi cosa vorrà dire trovare sistemazione per le scorie radioattive prodotte da un migliaio o forse più reattori convenzionali a fissione. Per inciso osservo che, a proposito delle ceneri nucleari, i pareri degli « esperti » vanno da quelli del solito Teller oppure del prof. Hans Bethe,<sup>5</sup> per i quali esse non costituiscono un problema serio (pur ammettendo che « sino ad ora questo problema non ha ancora una soluzione definitiva »), a quello di Robert Jungk,<sup>12</sup> l'autore del provocatorio e spaventoso « Lo stato atomico », secondo cui tutte le fasi del ciclo nucleare sono in realtà perniciose.

Dalla rinnovata e manifesta impossibilità di delegare al momento tecnico scelte di carattere vitale, mi pare che almeno due sono le lezioni da apprendere.

1ª lezione: un governo dovrebbe servirsi contemporaneamente di diversi « staffs » di tecnici;

2ª lezione: dovrebbe essere cura non secondaria della gente il desiderare di essere informata, di discutere, di partecipare alla soluzione del problema energetico dal momento che realmente si tratta di vita o di morte.

#### 4. CONCLUSIONE

E' tempo ormai che tiri le fila del discorso. Ho voluto toccare molti argomenti, rischiando forse di peccare di disorganicità. Concludo, comunque, perseverando nell'errore perché sono ancora due i messaggi che, in questa conclusione, voglio inviare.

##### 4.1. La fisica e i militari

Il primo è che, anche se per molto tempo molti fisici hanno contribuito a sostituire la loro attività alla volontà di potenza dei militari, forse oggi si va formando fra essi la consapevolezza che tale ruolo può essere capovolto in quello di strumenti di pace.

Stando ai dati forniti dal Club di Roma, nel '79 quasi la metà dei circa 500.000 scienziati e tecnici lavorava per conto di organizzazioni militari. A confondere le idee contribuisce il fatto che la NATO, ad esempio, che, come è noto, non è un ente di beneficenza, patrocina convegni e pubblica libri che pure sono di indubbio valore scientifico. Un testo, comunque, molto istruttivo per capire come un fisico possa autoconvincersi della bontà del suo impegno è il racconto-saggio « Il nucleare tra guerra e pace »<sup>13</sup>: il fisico eroe del racconto fu il progettista di alcune fra le più riuscite bombe a fissione degli anni '50 (ed il lavoro, come egli candidamente ammetteva, era « interessantissimo »).

Ma gli scienziati stessi vanno ora organizzandosi in gruppi di informazione, per intanto, e forse un giorno di pressione. L'anno scorso si è costituita la UISPID (= Unione Italiana Scienziati Per Il Disarmo), il cui obiettivo principale è, a norma di statuto, « promuovere e coordinare le attività degli scienziati per contribuire ad arrestare la corsa agli armamenti, a ridurre il pericolo di guerra e a realizzare il disarmo totale e controllato ». Contributi specifici possono provenire dalle singole competenze: ho in mente un articolo comparso su « Le Scienze » del dicembre '82<sup>15</sup> intitolato « Il controllo di un bando totale agli esperimenti nucleari ». « Noi siamo sicuri », dicono gli autori, « che, allo stato attuale delle conoscenze, la sismologia e le tecniche per controllare le onde sismiche sono sufficienti ad assicurare la possibilità di realizzare una rete sismica capace di rilevare in breve tempo un programma clandestino di esperimenti sotterranei che comportino esplosioni anche di un solo chilton.

In breve, le capacità tecniche necessarie per sorvegliare l'ottemperanza a una messa al bando completa degli esperimenti fino a esplosioni di entità ridottissima esistono incontestabilmente: i problemi da risolvere sono solamente di natura politica ».

Un altro concetto mi pare importante tenere a mente: la collaborazione fisica-militari è scarsamente utile sia alla fisica (se non, ovviamente, a chi è direttamente coinvolto) sia alla ricerca fisica applicata al settore civile. E' questo un mito che va combattuto e distrutto, anche conversando con la gente (è facile sentirsi replicare « mah, la ricerca militare, tutto sommato, ha una ricaduta sul settore civile »). Possiamo invitare il nostro interlocutore a leggersi un documento dell'ONU redatto nel '76 in cui si sostiene che « i riflessi militari delle ricerche civili sono stati incomparabilmente più importanti rispetto ai riflessi civili della ricerca militare. Fa meraviglia constatare quanto limitate siano le conseguenze innovatrici della ricerca-sviluppo militare sul settore civile ».

#### 4.2. Fisica e umanesimo

Il secondo e ultimo messaggio di questa mia conclusione è che le scienze, le scienze fisiche, per quello che posso testimoniare io, *possono* avere una grande valenza educativa, formativa, ben oltre dei particolari singoli contenuti. E' chiaro che non sto pensando all'immagine delle scienze che è per lo più diffusa nella nostra società: le scienze monolitiche, le scienze-feticcio surrogati di certezze, occasione per nuove frustrazioni. Ripensiamo alla prima parte di questa esposizione. L'idea principale era che, dallo studio della fisica, si traggono stimoli per pensare in modo complesso in un mondo complesso. Voglio completare questo punto con due osservazioni:

*1° osservazione:* a coloro che sbrigativamente riconducono, o « riducono » ambiti complessi della realtà ad ambiti più semplici: la fisica è ricca di esempi che invitano a riflettere su quanto sia difficile comprendere le proprietà di un aggregato di oggetti in termini della proprietà di questi;

*2° osservazione:* a coloro che semplicisticamente ritengono di sapere cosa siano la materia o, addirittura, il reale: se una visione del mondo oggi noi possiamo formarci su base fisica essa è (uso le parole del fisico Bernard d'Espagnat già citato all'inizio<sup>1)</sup> « una visione del mondo in cui la materialità delle cose sembra dissolversi in equazioni, una visione in cui il materialismo è sempre più costretto a volgersi al matematismo e in cui, se ci è concesso il riferimento, Democrito deve in ultima analisi rifugiarsi presso Pitagora ».

Vorrei infine fare una precisazione sul senso globale di quello che ho detto. Le scienze *possono*, ho insistito su questo verbo, essere fonte di ricchezza spirituale, non solo materiale: perché lo siano realmente è necessaria la presenza levatrice della fatica, della tensione spirituale. Mi

pare per questo opportuno concludere con le seguenti parole di Aurelio Peccei<sup>2)</sup>:

« In realtà i problemi gravissimi a cui l'umanità si trova oggi dinanzi vanno affrontati con un'angolatura essenzialmente umanistica, da menti allenate a spaziare in discipline diverse e nutrite da una vasta gamma di esperienze, oltre a quella strettamente tecnologica ». ■

#### BIBLIOGRAFIA

- 1 B. d'Espagnat: *Alla ricerca del reale*, Boringhieri 1983.
- 2 E. Segré: *Prospettive nelle scienze fisiche degli anni '80*, Annuario '80-'82 EST Mondadori.
- 3 I. Prigogine, I. Stengers: *La nuova alleanza*, Einaudi 1981.
- 4 E. Teller: *Energia dal cielo e dalla terra*, Zanichelli 1982.
- 5 J. Bernstein: *Hans Bethe, il profeta dell'energia*, Garzanti 1983.
- 6 W. Sassin: *Energia*, « *Le Scienze* », nov. 1980.
- 7 A. B. Lovins: *Energia dolce*, Bompiani 1979.
- 8 *Quarto Rapporto al Club di Roma: Oltre l'età dello spreco*, Biblioteca della EST Mondadori 1976.
- 9 G. Bianchi: *La conferenza mondiale dell'energia*, « *Le Scienze* » dic. 1983.
- 10 A. Robinson: *I reattori a fusione dalla ricerca alla tecnologia*, Annuario '83 EST Mondadori.
- 11 R.W. Conn: *Reattori a fusione a confinamento magnetico*, « *Le Scienze* » dic. 1983.
- 12 R. Jungk: *Lo stato atomico*, Einaudi 1978.
- 13 J. Mc Phee: *Il nucleare tra guerra e pace*, Garzanti 1983.
- 14 D. Collingridge: *Il controllo sociale della tecnologia*, Editori Riuniti 1983.
- 15 L. R. Sykes, J. F. Evernden: *Il controllo di un bando totale degli esperimenti nucleari*, « *Le Scienze* » dic. 1982.

\* \* \*

Tra le opere citate mi limito a segnalare, in particolare, i saggi 1, 3 e 14. L'opera di d'Espagnat non contiene passaggi matematici ma richiede ugualmente un impegno notevole al lettore digiuno di fisica: in compenso permette di considerare, da una angolatura non angusta, quali siano i problemi di natura conoscitiva sollevati in quest'ultimo mezzo secolo dalla meccanica quantistica, uno dei due pilastri su cui poggia la nostra fisica.

Anche il libro di Prigogine e della Stengers ha l'intento dichiarato di ricomporre le « due culture » (scientifica ed umanistica), annodando una « nuova alleanza » tra di esse a partire da recenti sviluppi nella fisica di base. Libro senza dubbio ricco di stimoli (basti dire che « il concetto centrale [...] è il problema del tempo e delle sue relazioni con la complessità ») esso è assai discutibile nella parte propositiva sul come stipulare la « nuova alleanza »: ma non poteva essere altrimenti!

Il saggio di Collingridge è molto diverso dai due precedenti: vi si esaminano non tanto le implicazioni più concettuali, quanto quelle di natura decisionale che l'impresa scientifica oggi pone: credo perciò possa interessare in modo particolare chi è impegnato nell'ambito tecnico-politico.