

*Esistono gravi preoccupazioni
per il continuo impiego
su vasta scala dei combustibili fossili,
per le conseguenze
che queste hanno
sulle dinamiche del clima.*

*E' opinione largamente condivisa
che questo andamento
non sia più sostenibile e
che occorra cominciare a
muoversi con azioni decisive
per risolvere il problema
dell'energia.*

Bruno Coppi
MIT, Boston

Altro concerto in duo, stasera, con Flavio Guidotti nuovamente al piano e Carmen Vitiello nuovamente alla voce. Una riduzione della riduzione, questa coppia, proposta come sostituta dell'ensemble – sempre tratto dalle fila della Federico II Jazz Orchestra – precedente, con Giulio Martino (direttore artistico della band universitaria e pregiato sassofonista), la partecipazione del prof. Bruno Rotoli (illustre ematologo che ogni tanto, col favore della sera, si trasforma in un brillante jazzman), e un batterista cangiante, a seconda della serata. Il duo, è evidente, non può certo essere annoverato tra le formazioni più facili da portare avanti. E' un po' la differenza che c'è tra un giocatore di calcio ed uno di tennis: se sei in una squadra di undici giocatori, un paio di partite riesci a giocarle prima che si accorgano dell'eventuale "bluff". Se giochi da solo, o quasi, non hai scampo, non hai schiene dietro le quali ripararti (o spalle sulle quali piangere, eventualmente). Tutto avviene alla luce del sole. Noi siamo certi che il duo di stasera riuscirà, con lode, nell'impresa di esplorare il repertorio di standard afroamericani. Ma cerchiamo di guardarli un po' più da vicino (gli standard. I musicisti saranno a portata d'occhio per tutta la durata del post-convegno, e comunque osservarli troppo da vicino potrebbe metterli in imbarazzo). **"All of Me"** è un evergreen tra i più famosi nella tradizione jazzistica, cantato inizialmente da Belle Beker e inciso successivamente dai più celebri interpreti internazionali (il solo Frank Sinatra, per dirne una, lo riprese quattro volte). Soprattutto, è uno di quei brani che, visibilmente, non ce l'hanno fatta a restare entro i confini del mondo jazzistico. Dalla versione country di Willie Nelson a quella, onestamente becera e simile ad un coro da stadio, che furoreggiava recentemente nelle discoteche. I motivi sono tanti, e vanno dalla cantabilità del tema alla liricità dei versi e alla relativa semplicità strutturale. Con **"Body and Soul"** si cambia rotta, pur restando decisamente nei territori del jazz. Anche questo brano ha ricevuto l'attenzione dei più illustri interpreti (da Dexter Gordon a John Coltrane, Coleman Hawkins e tantissimi altri), ma il suo carattere struggente e sobrio allo stesso tempo, la sua architettura accordale tutt'altro che facile, con una melodia finemente cesellata, non ne fanno una preda appetibile per i dj vari (però, si sa, non è mai detta l'ultima parola...). C'è poi un brano che, utilizzando l'espedito metalinguistico, regala perle di saggezza: **"One Note samba"** (il titolo originale è "Samba de uma nota so"). Questo piccolo capolavoro della bossa nova, firmato da Antonio Carlos Jobim, si basa su una struttura tematica che poggia su di una sola nota – o quasi - , un Fa (che verrà verosimilmente trasposto nella tonalità della cantante). Il testo comincia così: "Questa è solo una piccola samba, costruita su una singola nota. Ci sono davvero tante persone capaci di parlare, parlare e ancora parlare, riuscendo a dire praticamente niente, o quasi niente". Che dire, *chapeau*, per l'autore di Rio de Janeiro che ci lasciò nel '94. **"Autumn Leaves"** (altrimenti conosciuto col titolo originale, "Les feuilles mortes") è forse l'unico pezzo che non necessita di presentazioni – ma noi le facciamo lo stesso, non si sa mai. Johnny Mercer lo rese famoso nella sua versione americana, tanto che qualcuno ne riconduce erroneamente la paternità allo stesso cantante. La versione originale del testo, è ad opera di Jacques Prevert, il celeberrimo poeta francese che fu vicino a Breton e al gruppo dei surrealisti. Mercer non fece altro che tradurlo (piuttosto arbitrariamente, invero) le strofe nella propria lingua. **"This Masquerade"**, di Leon Russell, nella versione di George Benson fu il primo brano nella storia della musica ad occupare contemporaneamente il primo posto nelle classifiche di jazz, pop, e rhythm & blues. Cosa dire di più? Dopo il convegno, appuntamento al terzo piano, per gustare la musica e pure il buffet!

Stefano Piedimonte

REPERTORIO ENSEMBLE ORCHESTRA JAZZ FEDERICO II

ALL OF ME	<i>Simons and Marks</i>
BODY AND SOUL	<i>Green, Heyman, Sour, Eyton</i>
ONE NOTE SAMBA	<i>A.C. Jobim</i>
WAVE	<i>A.C. Jobim</i>
GIRL FROM IPANEMA	<i>A.C. Jobim</i>
TENDERLY	<i>Gross, Lawrence</i>
AUTUMN LEAVES	<i>Cosma, Mercer</i>
THIS MASQUERADE	<i>L. Russell</i>
SOPHISTICATED LADY	<i>D. Ellington</i>
ALL THE THINGS YOU ARE	<i>J. Kern</i>
SUMMERTIME	<i>G. & I. Gerswin</i>
IT HAD TO BE YOU	<i>I. Jones</i>

FLAVIO GUIDOTTI PIANO
CARMEN VITIELLO VOCE

Prof. Bruno Coppi



Nato a Gonzaga, si è laureato al Politecnico di Milano in Ingegneria Nucleare nel 1959. Recatosi negli Stati Uniti nel 1961, ha svolto la sua attività inizialmente a Princeton (New Jersey), a San Diego (California) e quindi al Massachusetts Institute of Technology. Dal 1968 è professore ordinario presso tale Istituto. Ha ricevuto molti premi e riconoscimenti sia negli Stati Uniti che in Europa, tra i quali i premi Excellence in Plasma Physics (1983) e James Clerk Maxwell per la Fisica dei Plasmi (1987) dell'American Physical Society. In Italia ha ricevuto il premio Italgas per la Ricerca e l'innovazione (1993), il premio per la Cultura del Presidente del Consiglio (1993), è stato nominato Grand'Ufficiale della Repubblica nel 2000. Ha ricoperto molti incarichi di responsabilità e coordinamento in progetti di ricerca americani ed internazionali. Nel 2003 ha ricevuto la *Laura Honoris Causa* in Fisica dall'Università di Milano.

La sua attività è documentata da circa 300 lavori, con cui ha contribuito in maniera sostanziale alla fisica dei plasmi di alta temperatura. Egli è riconosciuto essere ai vertici della comunità scientifica internazionale per i risultati straordinari ottenuti non solo nel caso dei plasmi di laboratorio, ma anche per quelli di interesse astrofisico. Per i plasmi di laboratorio, si è occupato del problema della fusione termonucleare controllata, proponendo e portando avanti una linea di sviluppo originale e concreta, incentrata su macchine toroidali a confinamento magnetico del plasma ad alto campo. Il primo esperimento ispirato da Coppi è stato Alcator al MIT, che ha avuto un ruolo guida a livello mondiale per regimi di plasma mai realizzati in precedenza e per la comprensione delle proprietà dei plasmi riscaldati per via ohmica. Coppi ha anche ispirato l'esperimento ad alto campo effettuato presso i laboratori di Frascati. A partire dalla fine degli anni settanta ha portato avanti il progetto Ignitor, teso a studiare le proprietà dei plasmi in condizioni fisiche tuttora inesplorate ed a dimostrare la fattibilità della fusione termonucleare controllata.

I suoi studi teorici hanno riguardato i fenomeni collettivi che regolano la stabilità ed il trasporto di energia e particelle nei plasmi di laboratorio. Particolarmente importanti sono i suoi studi sulle principali leggi di scala delle instabilità resistive, la scoperta della cosiddetta seconda regione di stabilità rispetto ai modi "ballooning", e la determinazione del ruolo delle particelle di alta energia sulla stabilità dei modi magnetoidrodinamici. Per quanto riguarda i plasmi di interesse astrofisico vanno ricordati l'interpretazione della "coda geomagnetica" della magnetosfera terrestre, la relazione tra riconnessione magnetica e le esplosioni solari, i fenomeni collettivi nella dinamica delle magnetosfere che circondano le pulsars, i risultati sul trasporto di momento angolare nei dischi di accrescimento attorno ad oggetti compatti, l'accelerazione ionica da parte di onde lower hybrid; quest'ultimo studio di fatto ha segnato l'inizio di un filone di ricerca per studiosi della ionosfera.

Bruno Coppi è da decenni una figura di riferimento nella fisica dei plasmi e in settori adiacenti dell'astrofisica, sia in campo teorico che sperimentale. In Italia egli è stato promotore di importanti iniziative e collaborazioni che hanno creato nuovi gruppi di ricerca a Bologna, Frascati, Pisa e Torino. La sua relazione con Milano è stata particolarmente stretta e fruttuosa, a partire dal legame con P. Caldirola (che ha portato tra l'altro a una serie di famosi convegni e scuole internazionali in Fisica del Plasma e in Astrofisica a Varenna).

Gli articoli degli incontri si trovano all'indirizzo:
www.comeallacorte.unina.it



COME ALLA CORTE DI FEDERICO II

CLIMA E SORGENTI DI ENERGIA: DRAMMA DELLE SCELTE E DEI TEMPI

CLIMA, FONTI DI ENERGIA E RICERCA: DILEMMI A TEMPI LUNGI E SCADENZE A TEMPI BREVI

Bruno Coppi

Professor of Physics
Massachusetts Institute of Technology,
Cambridge, MA, USA

Scale di tempi

Sulla base delle conoscenze attuali non esiste una scarsità di fonti accessibili di energia al di là di quelle più sfruttate in questi decenni. Esistono invece gravi preoccupazioni per il continuo impiego su vasta scala dei combustibili fossili, date le conseguenze che queste hanno sulla dinamica del clima. Nel corso di questo ultimo anno sono stati pubblicati studi da parte di ricercatori ben noti per la loro affidabilità che lasciano ben pochi dubbi sulla connessione fra le forme di energia utilizzate dall'uomo e cambiamenti climatici (vedi per esempio l'opinione espressa da J.E. Hansen al New York Times, 1/2/05).

Il rapido sviluppo economico già in atto di grandi paesi quali la Cina e l'India porta a prevedere che gli effetti dell'aumento dei consumi di energia e, in particolare, l'immissione di anidride carbonica nell'atmosfera continueranno ad aggravare l'andamento attuale. È opinione largamente condivisa che questo

andamento non sia sostenibile e che occorra cominciare a muoversi con azioni decisive per risolvere il problema dell'energia. D'altra parte vi sono, affinché questo possa avverarsi, tre scale di tempo da considerare:

a) il tempo per la diagnostica, cioè per capire quali sono i fattori che influenzano il clima, che è un'entità complessa con molti gradi di libertà. La diagnostica coinvolge sia misure dirette sia la messa in funzione di complessi codici numerici per raccogliere i dati sperimentali ed interpretarli. I molti gradi di libertà sono un importante aspetto positivo per evitare l'insorgere di instabilità a tempi brevi;

b) il tempo necessario ad individuare i rimedi fra le alternative possibili;

c) il tempo per mettere in opera i rimedi;

Tutti questi tempi che coinvolgono la comunità internazionale e richiedono di raggiungere il necessario consenso, sono evidentemente lunghi. A questi si aggiunge il tempo necessario perché i rimedi comincino ad avere un'influenza decisiva. Di qui nasce il dramma legato al fatto che l'evoluzione del clima e l'accesso alle risorse di energia più desiderabili hanno scadenze con tempi relativamente corti.





COME ALLA CORTE DI FEDERICO II

CLIMA E SORGENTI DI ENERGIA: DRAMMA DELLE SCELTE E DEI TEMPI

Tempo perduto e nucleare da fissione

Si è perso molto tempo nell'illusione che non vi fosse un problema dell'energia. Ricordo un incontro sulle tematiche dell'energia, organizzato anni fa (nel 1992) alla Scuola Normale di Pisa dal Professor Edoardo Vesentini, un ben noto matematico che a quel tempo era impegnato come senatore.

A questo incontro vennero presentate delle proiezioni certamente non allarmanti, da parte dell'Agenzia Internazionale per l'Energia di Parigi, sui consumi e le fonti di energia a livello mondiale. In queste previsioni, che arrivavano fino all'anno 2065, si stimava che non sarebbero diventate disponibili nuove tecnologie per la produzione di energia. Certamente previsioni di questo tipo non hanno incoraggiato a dar vita ad iniziative per lo sviluppo di nuove fonti di energia, né ad intraprendere azioni che potessero migliorare drasticamente i modi e i rendimenti con cui l'energia viene consumata. Questo (risparmio energetico) richiede una rivoluzione di comportamento e soluzioni tecnologiche da cui siamo tuttora ben lontani.

È ben noto che tutti i metodi di produzione di energia su larga scala in grado di sostenere un'equa distribuzione dei consumi a livello mondiale, hanno forti controindicazioni. Nonostante i fattori

negativi, l'energia nucleare da fissione è rimasta l'unica strada aperta per frenare l'immissione di anidride carbonica nell'atmosfera in modo che questa non cresca, per esempio entro l'anno 2050, oltre un livello considerato di pericolo. A questo proposito esistono stime sul numero di reattori di grande taglia (circa 1 Gigawatt elettrico) che occorrerebbe costruire a livello mondiale nei prossimi 15 anni al fine di contenere l'immissione di anidride carbonica entro limiti accettabili. Questo numero è molto elevato, e al momento non si vede come sia possibile ottenere il consenso politico per raggiungere il traguardo proposto. Infatti, il problema dell'immagazzinamento e trattamento delle scorie su larga scala rimane da risolvere, ed Europa e Stati Uniti hanno punti di vista diversi a riguardo. Quello degli Stati Uniti è influenzato da una maggiore preoccupazione per il pericolo di proliferazione delle armi nucleari.

Possibile contributo italiano

Quale può essere il contributo dell'Italia in questo campo? Anzitutto va tenuto conto del fatto che il referendum sul nucleare non aveva mai richiesto lo smantellamento delle ricerche relative, anche se di fatto ciò è avvenuto. La comunità universitaria può aiutare a





COME ALLA CORTE DI FEDERICO II

CLIMA E SORGENTI DI ENERGIA: DRAMMA DELLE SCELTE E DEI TEMPI

rimediare a questa situazione incoraggiando gli insegnamenti di base quali la fisica del reattore e gli aspetti di ingegneria più specifici. Un altro contributo è quello di considerare il problema del funzionamento dei reattori nei paesi più vicini (Francia, Svizzera e Germania) come un problema comune. Le questioni di vigilanza sulla sicurezza, sull'immagazzinamento delle barre di combustibile impoverito, ecc., dovrebbero diventare oggetto di studio anche in Italia, per ovvie ragioni quali la vicinanza e il fatto che importiamo una notevole percentuale del fabbisogno di energia dalla Francia, dove il nucleare contribuisce per l'80% di tutta l'energia elettrica prodotta.

Ricordo anche che l'Agenzia Internazionale per l'Energia Atomica ha già cominciato a proporre che "più di un paese abbia la supervisione degli impianti nucleari al fine di assicurare che nessun paese abbia il controllo dell'arricchimento dell'uranio... Il mondo deve trovare il modo di provvedere ad assicurare i fabbisogni di energia di tutti i paesi... Occorre anche un approccio multinazionale al riprocessamento e controllo del combustibile esaurito, includendo in questo anche dei depositi multinazionali per le scorie" (M. El Baradei, discorso al MIT, Novembre '05).

Un altro importante contributo che può venire dalla comunità accademica

italiana è quello dello studio di reattori di nuovo tipo che dovranno aggiungersi o sostituire quelli attualmente in funzione. Occorre poi difendersi dagli estremisti tifosi del nucleare in Italia che pretendono di poter ricostruire rapidamente centrali nucleari irrimediabilmente smantellate quale quella di Caorso, che per di più, anche senza il referendum, avrebbe avuto bisogno di radicali modifiche per continuare a funzionare.

Il paradosso è che Caorso è un sito con strutture e dotazioni, quali un robusto allacciamento alla rete elettrica nazionale, che lo rendono ideale per ospitare, con costi minimi, esperimenti avanzati volti a provare la fattibilità scientifica dei reattori a fusione. Questi infatti si basano su reazioni che fondono gli isotopi pesanti dell'idrogeno ed hanno caratteristiche profondamente diverse dai reattori a fissione, i cui combustibili sono elementi pesanti quali l'uranio e il plutonio. Infatti il passo fondamentale da intraprendere in questo caso è la possibilità di raggiungere le condizioni di accensione con temperature superiori ai 120 milioni di gradi in una miscela di deuterio e trizio.

La possibilità di prevedere se i reattori a fusione potranno o meno diventare una realtà dipende dal poter condurre con successo un esperimento di accensione. Il primo, e finora, l'unico proposto e





COME ALLA CORTE DI FEDERICO II

CLIMA E SORGENTI DI ENERGIA: DRAMMA DELLE SCELTE E DEI TEMPI

completamente progettato è l'esperimento Ignitor per il quale la tradizione in ingegneria elettromeccanica esistente in Italia è importante, dati i problemi di tecnologia avanzata che esso pone. L'altro sito considerato per il funzionamento della macchina è Rondissone, un nodo molto potente della rete elettrica europea. La linea di esperimenti sul quale Ignitor si basa è stata sviluppata al MIT e, in parallelo, presso i laboratori ENEA di Frascati. La progettazione di Ignitor è stata svolta in gran parte in Italia.

Va ricordato infine che il ricorso all'energia nucleare (da fissione o da fusione se possibile) permetterebbe di produrre idrogeno da utilizzare come combustibile senza aumentare l'emissione di anidride carbonica.

Quale tipo di ricerca

È difficile intravedere il modo con il quale sarà possibile accorciare la sequenza dei tempi necessari per intervenire sulle sorgenti e l'uso di energia. Una ricetta sicura è quella di impegnarsi in ricerche relative a questo problema, considerando la Terra come un grande ammalato. In particolare, occorre procedere con uno spirito simile a quello adottato per la lotta contro i tumori, seguendo un piano di lavoro con approcci diversificati su scala

mondiale e con traguardi scientifici realistici e ben definiti.

Spesso invece, nella storia delle ricerche su nuove fonti di energia sono prevalsi metodi ispirati dalla costruzione delle armi nucleari, e da altri programmi quali lo sviluppo dei reattori a fissione diventati poi i prototipi dei reattori di potenza attualmente più diffusi. A questi metodi sono particolarmente affezionate le grandi burocrazie europee che fanno capo a Bruxelles, Parigi, ecc., e trovano sostenitori anche negli Stati Uniti. Nelle ricerche sull'energia, dato l'ampio spettro di discipline da coltivare, è invece necessario coinvolgere in particolare l'Europa delle Università e degli Istituti di ricerca senza costringerli in una maglia di programmi centralizzati che tolgono libertà di iniziativa e premiano il conformismo. Uno degli aspetti da considerare al riguardo è che ricerche ispirate al problema dell'energia hanno spesso una relazione diretta con altri campi. Un caso in cui questo è particolarmente evidente è quello delle ricerche sulla fusione nucleare controllata già citate.

Queste ricerche hanno portato allo sviluppo di un nuovo ramo della fisica, la fisica del plasma, che è essenziale per l'astrofisica moderna. Infatti, la possibilità di poter inviare nuovi tipi di rivelatori e telescopi nello spazio ha permesso di aprire





COME ALLA CORTE DI FEDERICO II

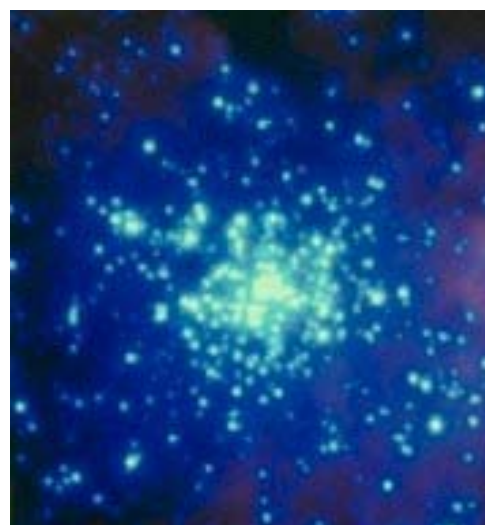
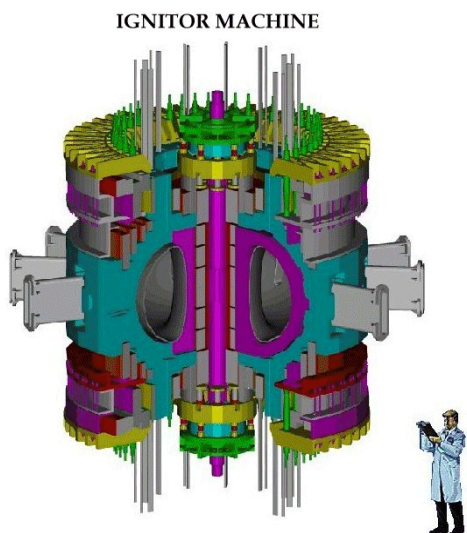
CLIMA E SORGENTI DI ENERGIA: DRAMMA DELLE SCELTE E DEI TEMPI

una nuova finestra sull'universo, quella dell'astrofisica delle alte energie, riguardanti sorgenti di raggi X e raggi Gamma. Questa nuova disciplina ha già permesso di cambiare radicalmente le idee che ci eravamo formati, per esempio sulla natura degli Ammassi di Galassie, sulla base della secolare astronomia ottica. A questo punto gli esperimenti più importanti e le teorie più accurate riguardanti i plasmi di alta energia che possono essere di rilevanza per l'astrofisica delle alte energie sono quelli svolti per ricerche sulla fusione.

Anche in condizioni di emergenza e difficoltà economiche, come quelle in cui ci troviamo a vivere, è necessario che

quelli di noi che si dedicano alla ricerca abbiano lo spazio per respirare e pensare a nuovi orizzonti.

A questo proposito, ho trovato un brano, scritto credo da Jacques Maritain molto tempo fa, indirizzato all'Unesco: "...Cosa posso dire? Noi li vediamo (gli uomini di scienza) minacciati di essere trattati dagli Stati come un semplice minerale industriale che il suo rendimento in scoperte rende particolarmente prezioso (...Que dis-je? Nous les voyons menacés d'être traités par les Etats comme un simple minéral industriel que son rendement en découvertes rends particulièrement précieux)".



Linea di esperimenti Ignitor sviluppata al MIT e presso i laboratori ENEA





MA NON È SOLO COLPA DELLE FARFALLE

Luciano De Menna

Professore di Elettrotecnica
Università degli Studi di Napoli Federico II



Nel 1963 un meteorologo americano, Edward Lorenz, in un suo intervento alla American Association for the Advancement of Science di Washington, si pose la domanda, diventata poi famosa, "Può il battito delle ali di una farfalla in Brasile provocare un tornado in Texas?".

La frase voleva sottolineare in modo incisivo, ma anche poetico, la scoperta che Lorenz aveva fatto e che cioè anche sistemi relativamente semplici, come quello da lui studiato - un sistema di appena tre equazioni differenziali - possono avere comportamenti non esplicitamente prevedibili, anche se perfettamente determinati. Era la nascita di un nuovo campo di ricerca estremamente affascinante, con una matematica tutta sua particolare: il Caos Deterministico. In effetti la scoperta non era proprio del tutto nuova: tutti i presupposti, e non solo, erano già contenuti nei lavori di Henri Poincaré e di altri ancora. Ma l'articolo di Lorenz era speciale anche perché corredato di numerosi diagrammi, immagini e mappe

molto suggestive, che esprimevano con grande chiarezza i risultati ottenuti. Erano gli effetti dell'ingresso prepotente nella ricerca di un "nuovo" strumento: il calcolatore.

Per risolvere l'apparente bisticcio tra Caos e Determinismo, e spiegare in parole semplici l'impatto dei risultati di Lorenz, e del lavoro di molti altri fino ad oggi, bisogna ricordare che l'interesse della Scienza non è soltanto quello di "conoscere" la realtà che ci circonda, ma anche quello di prevedere risultati di fenomeni nuovi e di dinamiche non conosciute; se ora accade che per conoscere lo stato delle cose ad un certo istante occorre, non solo conoscere le condizioni di partenza con infinita precisione - perché il risultato dipende in modo molto significativo da esse - ma bisogna anche effettivamente simulare la dinamica in questione fino a giungere all'istante richiesto, perché non esiste una "formulina" che mi dia direttamente il risultato, è evidente allora che ogni pretesa di



COME ALLA CORTE DI FEDERICO II

CLIMA E SORGENTI DI ENERGIA: DRAMMA DELLE SCELTE E DEI TEMPI

“previsione” è messa seriamente in discussione.

Le conseguenze nella meteorologia sono evidenti, e purtroppo molto attuali: noi pensiamo di poter trascurare gli effetti che un piccolo aumento del consumo energetico può provocare sul clima e le sue manifestazioni, ma potremmo essere arrivati al punto per cui anche quel piccolo incremento faccia sì che un uragano - che normalmente passerebbe al largo delle coste della Luisiana - cambi invece rotta e si diriga direttamente su New Orleans, per esempio, provocando migliaia di vittime.

Siamo già a questo punto oggi? Non è facile dirlo; certo è però che da troppo tempo ormai l'umanità sta sfruttando quasi esclusivamente le fonti energetiche più inquinanti: carbone, petrolio e gas naturali. Vero è che non esiste una trasformazione energetica “pulita”, che non abbia cioè conseguenze negative sull'ambiente, ed è, quindi, profondamente giusto chiedere ai governi di attuare politiche di risparmio energetico. Ma questa ricetta può andare bene solo per i paesi industrialmente sviluppati, dove si fa uno spreco di energia veramente ingiustificato: se si guarda una foto notturna della terra da satellite si vedono macchie di luce in corrispondenza dell'America del Nord e dell'Europa, mentre l'Africa, per esempio, è tutta scura, è appunto “un continente nero”.

Pretendere dai paesi in via di sviluppo una politica di risparmio energetico non è plausibile, ci farebbe ridere dietro: loro hanno il problema della fame e l'esigenza di proteggere l'ambiente viene un po' dopo nelle loro priorità.

Il problema dell'energia resta dunque un problema aperto e urgente che i paesi sviluppati dovrebbero porsi in modo razionale e non emotivo, come è accaduto in Italia per il nucleare, e favorire lo sviluppo di ricerche sia nel campo delle energie alternative e del risparmio energetico, che in quello della stessa energia nucleare; da fusione, questa volta.





IL REATTORE A FUSIONE: CERTEZZE DELLA FISICA E INCERTEZZE DELLA TECNOLOGIA

Vincenzo Coccoresè

Professore di Elettrotecnica
Università degli Studi di Napoli Federico II

La fattibilità scientifica di un reattore a fusione è già stata sostanzialmente dimostrata con gli esperimenti condotti negli scorsi anni. Non si può dire lo stesso per la fattibilità tecnologica, che costituisce lo scopo principale del progetto ITER (www.iter.org). Nelle macchine sperimentali che hanno dato i migliori risultati, dette *tokamak*, il plasma viene creato e riscaldato in una camera a vuoto di forma toroidale; il sistema è corredato da magneti che generano i fortissimi campi magnetici necessari per il confinamento stabile del plasma. Nella realizzazione dei *tokamak* di maggiori dimensioni (ad es. il JET, www.jet.efda.org), per loro natura più vicini alla configurazione di reattore, sono state sviluppate in modo sufficiente molte delle tecnologie necessarie per il reattore, tra cui possiamo citare quelle del vuoto, della configurazione dei magneti, del riscaldamento del plasma (mediante radiofrequenza e iniezione di neutri), del controllo del plasma durante la scarica, della sensoristica, della robotica. In questi

campi sono prevedibili solo normali ancorché onerosi processi di Ricerca e Sviluppo. Le maggiori incertezze riguardano invece lo sviluppo di grossi magneti superconduttori e ancor più, il sistema per il recupero e trasformazione dell'energia neutronica (detto *blanket*). La dimensione dei magneti superconduttori (raffreddati ad elio liquido) eccede di un fattore circa 3 l'attuale esperienza di realizzazione, il che conferisce al problema un carattere di vera e propria sfida tecnologica nel settore. Molto più grande è l'incertezza sul versante neutronico, per il quale l'esperienza maturata nei reattori a fissione è solo molto parzialmente utilizzabile, per la profonda diversità dello spettro energetico e della configurazione geometrica. Il JET nei prossimi anni verrà spesso utilizzato con il trizio, con conseguente produzione di flussi neutronici a 14 MeV, la cui intensità sarà comunque molto inferiore a quella necessaria per un reattore. Per questo motivo la prima fase del progetto ITER sarà a basso flusso neutronico, mentre nella seconda fase verranno provati vari concetti di *blanket*.

Oltre agli obiettivi fusionistici, ITER darà certamente luogo a rilevanti innovazioni tecnologiche, che già di per sé giustificano gli elevatissimi costi dell'impresa, pari a circa un pacchetto di sigarette (da fumare in venti anni) per ogni



COME ALLA CORTE DI FEDERICO II

CLIMA E SORGENTI DI ENERGIA: DRAMMA DELLE SCELTE E DEI TEMPI

cittadino delle nazioni partecipanti, oppure
a qualche giorno di guerra in Iraq.

Forse possiamo fare questo regalo alle
prossime generazioni.



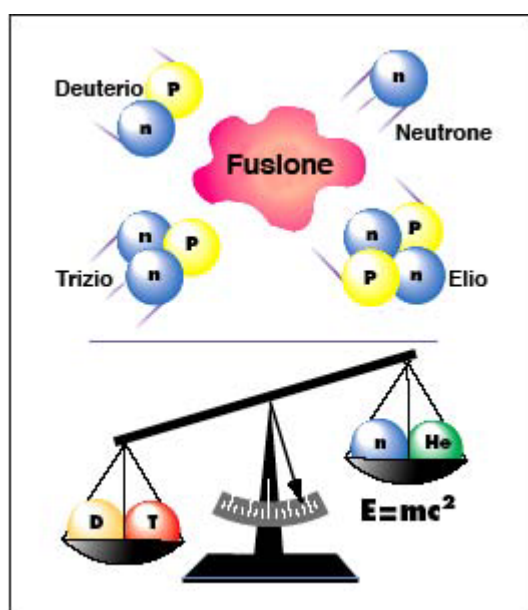
La macchina JET

LA FUSIONE TERMONUCLEARE CONTROLLATA

Giovanni Miano

Professore di Elettrotecnica
Università degli Studi di Napoli Federico II

L'energia che consumiamo è prodotta principalmente bruciando combustibile fossile (petrolio, carbone, gas naturale). La combustione è una reazione chimica; ad esempio, quando il metano brucia ogni molecola di metano reagisce con due molecole di ossigeno e dà una molecola di anidride carbonica e due di acqua. La somma dell'energia interna dei prodotti della reazione è inferiore alla somma delle energie interne dei reagenti: la differenza la ritroviamo sotto forma di calore.



E' possibile produrre energia anche attraverso reazioni più complesse di quelle chimiche, le reazioni nucleari. In una reazione chimica cambia la configurazione degli elettroni della parte esterna dell'atomo, nelle reazioni nucleari, invece, cambia la struttura della parte più interna, il nucleo. L'energia prodotta in una reazione nucleare può essere milioni di volte più grande di quella prodotta in una reazione chimica.

Nella reazione nucleare di *fusione* due nuclei leggeri, ad esempio, uno di deuterio (idrogeno con due neutroni) e uno di trizio (idrogeno con tre neutroni), collidono e si fondono dando luogo a un nucleo di elio e un neutrone. La somma delle masse dell'elio e del neutrone è più piccola della somma delle masse del deuterio e del trizio. In accordo con l'equazione di Einstein $E = mc^2$ la massa mancante è trasformata in energia. L'energia del sole e delle stelle è generata attraverso reazioni di questo tipo. Nella reazione nucleare di *fissione*, invece, un nucleo pesante viene frantumato colpendolo con neutroni. Anche in questo caso la massa dei prodotti della reazione è più piccola della massa dei reagenti.

Il combustibile per le reazioni di fusione è facilmente reperibile. Ad esempio, 10 grammi di deuterio, che possono essere estratti da 500 litri d'acqua, e 15 grammi di trizio, che possono essere prodotti da 30



COME ALLA CORTE DI FEDERICO II

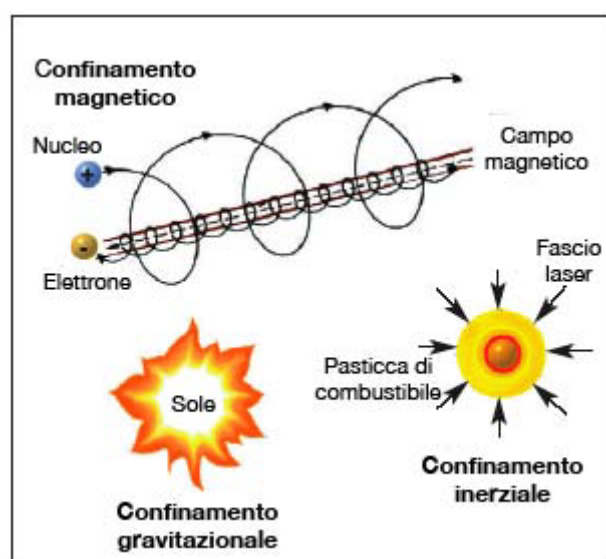
CLIMA E SORGENTI DI ENERGIA: DRAMMA DELLE SCELTE E DEI TEMPI

grammi di litio (un metallo che abbonda in natura), bastano a produrre l'energia media di cui ha bisogno una persona di una nazione industrializzata nella sua vita.

Per far fondere i nuclei bisogna riscaldare l'idrogeno a temperature elevatissime (centinaia di milioni di gradi). In queste condizioni l'idrogeno è completamente ionizzato e forma un *plasma*. Affinché l'energia prodotta dalle reazioni di fusione sia molto più grande di quella spesa per riscaldare l'idrogeno, bisogna confinare una certa massa di plasma in una data regione di spazio per un tempo sufficientemente lungo. Il *confinamento* del plasma è il problema principale della fusione.

Nel sole e nelle stelle il plasma è confinato naturalmente dalla *forza di gravità*. Negli esperimenti di fusione realizzati in laboratorio il plasma è confinato o *magneticamente*, dove intensi campi magnetici tengono insieme le particelle, o *inerzialmente*, dove una sferetta di idrogeno viene compressa attraverso un fascio di luce laser molto intensa.

La fusione termonucleare controllata è una sorgente di energia praticamente inesauribile, intrinsecamente sicura, ha un minimo impatto ambientale e può essere, quindi, la soluzione al problema dell'energia nel prossimo futuro.





COME ALLA CORTE DI FEDERICO II

CLIMA E SORGENTI DI ENERGIA: DRAMMA DELLE SCELTE E DEI TEMPI

LA FUSIONE TERMONUCLEARE CONTROLLATA: IL PICCOLO SOLE SULLA TERRA CHE TARDA AD ARRIVARE

Guglielmo Rubinacci

Professore di Elettrotecnica
Università degli Studi di Napoli Federico II

Nel 1958, a Ginevra, in una storica conferenza sull'uso pacifico dell'energia nucleare, i risultati delle ricerche sul confinamento magnetico di plasmi termonucleari furono "declassificati". Iniziò allora una intensa collaborazione scientifica internazionale, con l'obiettivo di ottenere energia con un processo analogo a quello in atto nel sole e nelle stelle. Negli anni successivi, con la macchina *tokamak*, gli scienziati russi per primi ottennero risultati di grande rilievo nel confinare magneticamente il plasma. In piena guerra fredda, la diffusione di tali risultati, segno di una reale volontà di cooperazione, fu alla base di tutte le più importanti decisioni che ancora oggi caratterizzano la ricerca in questo settore. Gli anni settanta videro un notevole progresso sia nella teoria che nei risultati sperimentali. Di enorme rilievo fu il successo ottenuto dal *tokamak Alcator*, ideato e realizzato da Bruno Coppi al MIT. In tempi brevi e con spese assai contenute, in un laboratorio universitario, l'*Alcator*

confermò definitivamente l'effetto positivo che un aumento del campo magnetico toroidale induce sul confinamento di particelle ed energia del plasma. La linea delle macchine ad alto campo, che ha ottenuto ulteriori brillanti risultati anche in Italia, nei laboratori dell'ENEA, con il Frascati *tokamak*, vede oggi nel progetto Ignitor, che Coppi propone di realizzare in Italia, il suo naturale sviluppo per lo studio dei plasmi all'ignizione.

L'utilizzo di alti campi magnetici non è la sola via percorribile. E' possibile infatti incrementare, in modo complementare, le dimensioni del dispositivo. Lungo questa seconda via furono pianificati e realizzati, agli inizi degli anni 80, tre grandi esperimenti, il JET in Europa, il TFTR negli Usa e il JT60 in Giappone. I risultati più significativi in assoluto furono ottenuti dal JET negli anni 90, producendo 16 MW di energia da fusione, con una potenza iniettata di poco superiore. E' di questi mesi l'annuncio dell'accordo raggiunto sul progetto ITER (*International tokamak Experimental Reactor*), basato su una estesa collaborazione internazionale, che ne consentirà la realizzazione in Francia. E' doveroso sottolineare che i risultati dei grandi esperimenti appena citati difficilmente sarebbero stati raggiunti senza il determinante supporto di una intensa





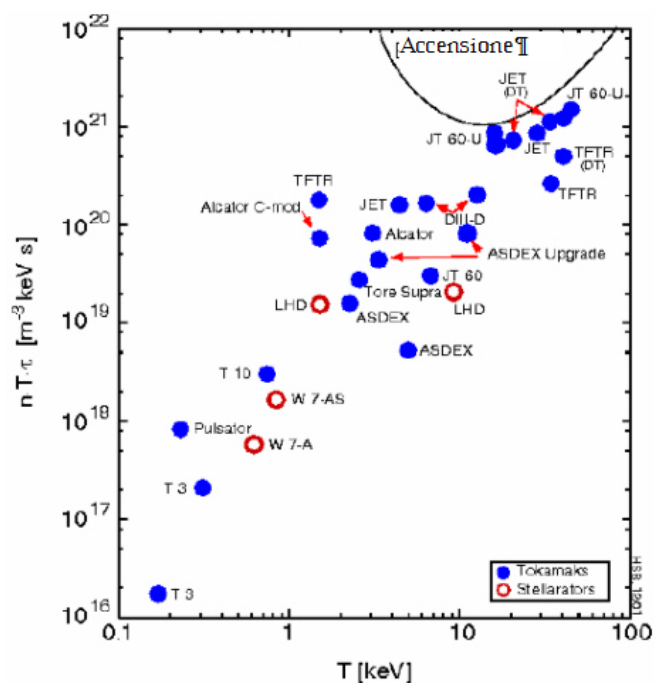
COME ALLA CORTE DI FEDERICO II

CLIMA E SORGENTI DI ENERGIA: DRAMMA DELLE SCELTE E DEI TEMPI

attività sperimentale e teorica svolta in molti altri laboratori di ricerca e università.

Concludendo, non deve sorprendere il numero di anni ancora necessari e la dimensione degli investimenti richiesti, se si pensi che l'obiettivo di realizzare un piccolo

sole sulla terra, in un volume di poche migliaia di metri cubi con temperature dieci volte superiori a quelle del sole, è una delle più ambiziose ed affascinanti imprese scientifiche e tecnologiche mai tentate.



In figura, lo sviluppo negli ultimi 30 anni del triplo prodotto della densità del plasma, della sua temperatura e del tempo di confinamento dell'energia, (La temperatura di 1keV è equivalente a 11 milioni di gradi)





IL PUNTO SULLA FISSIONE NUCLEARE COME FONTE DI ENERGIA

Mario Sandoli

Professore di Istituzioni di Fisica nucleare
Università degli Studi di Napoli Federico II

Alcuni nuclei come l'Uranio-233, l'Uranio-235 ed il Plutonio-239 sono fissili cioè possono scindersi in seguito alla cattura di un neutrone di bassa energia rilasciando circa 200 MeV (mega elettronvolt) di energia più alcuni neutroni. I neutroni prodotti nella fissione, dopo essere stati rallentati da un moderatore (solitamente acqua o grafite), possono bilanciare quelli catturati dai nuclei fissili dando origine ad una reazione a catena autosostenuta. L'Uranio-235 è stato il primo combustibile usato nei reattori nucleari per produrre energia per usi civili. Poichè è solo lo 0,72% dell'Uranio naturale, il resto è Uranio-238, per raggiungere le condizioni di criticità per la reazione a catena è necessario che il minerale di Uranio sia arricchito in Uranio-235 fino al 3%, per l'uso in reattori moderati ad acqua leggera. La presenza di Uranio-238 nel combustibile ha anche delle conseguenze positive. Infatti mediante il processo detto di fertilizzazione, l'Uranio-238, in seguito alla cattura di un neutrone, viene convertito in Plutonio-239 che è fissile e può essere utilizzato come

combustibile con efficienza maggiore dell'Uranio-235. Un reattore con combustibile arricchito al 20% di Plutonio-239 produce più Plutonio-239 di quanto ne consuma, per questo viene detto autofertilizzante. Un reattore autofertilizzante è in grado di produrre il combustibile per un altro reattore in circa dieci anni di funzionamento. L'aspetto negativo di tutto ciò è che il Plutonio-239 è l'elemento base per la costruzione di bombe nucleari. La differenza è nel grado di arricchimento che per le bombe deve raggiungere almeno il 90%. Per questo la diffusione della tecnologia nucleare in aree giudicate "infide" è stata ostacolata dai Paesi che la posseggono. Un altro aspetto negativo dei reattori a fissione è la produzione di scorie radioattive, alcune a lunga vita media. La produzione di scorie radioattive ed il pericolo di rilascio accidentale nell'ambiente è stato l'altro grande ostacolo alla diffusione della produzione di energia per fissione, nonostante il suo alto grado di efficienza. Attualmente le scorie vengono incapsulate in contenitori opportuni e depositate in siti ritenuti geologicamente stabili ed abbastanza profondi da schermare le radiazioni. Per superare questi problemi sono allo studio reattori a combustibile disperso in sali di Fluoro liquefatti ad alta temperatura, 500-800°C. Il fluido che



COME ALLA CORTE DI FEDERICO II

CLIMA E SORGENTI DI ENERGIA: DRAMMA DELLE SCELTE E DEI TEMPI

trasporta il combustibile viene fatto circolare all'interno del moderatore (grafite) dove i neutroni veloci provocano sia la fissione del combustibile che dei prodotti della sua fissione. In questo modo la produzione di scorie radioattive è quasi eliminata, addirittura è possibile caricare il fluido con le scorie dei reattori a fissione tradizionali per degradarle ad elementi più leggeri scarsamente radioattivi. E' possibile prevedere uno scenario in cui un ciclo integrato per la produzione di energia nucleare comprenda l'uso di minerale arricchito in reattori termici, la fertilizzazione in reattori veloci e la

degradazione delle scorie a lunga vita media in reattori a sali liquefatti. Questo consentirà anche di eliminare le scorie accumulate nel passato. Studi in tal senso sono in corso in Francia, Russia e Stati Uniti. In Italia alcuni anni fa il Prof. Carlo Rubbia ha proposto un reattore a combustibile disperso in sali liquefatti in cui la reazione di fissione è sostenuta da neutroni prodotti da reazioni di spallazione indotte da protoni accelerati ad alta energia. Il reattore avrebbe un elevato grado di sicurezza essendo sottocritico senza i neutroni da spallazione e potrebbe degradare le scorie.





COME ALLA CORTE DI FEDERICO II

CLIMA E SORGENTI DI ENERGIA: DRAMMA DELLE SCELTE E DEI TEMPI

ENERGIA: FUTURO PROSSIMO

Luciano R.M. Vicari

Professore di Fisica Sperimentale
Università degli Studi di Napoli Federico II

Per l'Europa, l'Italia deve arrivare a quota 76 TWh. Ma il Belpaese, nel 2004, ne ha prodotto solo 55,7, ossia il 16% dei consumi totali. L'energia elettrica da fonti rinnovabili è la sfida del futuro non solo italiana, perché è attraverso di essa che passa anche la salute del pianeta. Nel nostro paese la maggior parte di questa energia è di origine idroelettrica (42,7 TWh), ma buone percentuali arrivano anche dalle biomasse (5,6TWh), dal geotermico (5,4TWh) e dall'eolico (1,8TWh), mentre il fotovoltaico è ancora poco presente. I sistemi idroelettrici e geotermici sono ormai ampiamente sfruttati e, seppure ulteriormente sviluppati, non potranno fornire vistosi incrementi di produzione.

L'auspicata progressiva sostituzione dei più inquinanti combustibili fossili (cioè petrolio e carbone) con il rinnovabile deve quindi puntare su altre soluzioni e sulla ricerca scientifica. Uno stimolo importante a proseguire questo percorso viene dagli incentivi introdotti per l'utilizzo industriale e abitativo del rinnovabile che fanno sì che ci sia una certa convenienza economica ad

avere ad esempio pannelli solari per alimentare un edificio vendendo l'energia in eccesso. Ulteriori progressi verrebbero dall'uso di celle solari ottenute da materiali organici, un campo in cui la ricerca italiana è molto vitale. Già oggi, infatti, è possibile realizzarle a costi molto bassi, e si tenta di aumentare la loro efficienza. Una frontiera da esplorare è quella architettonica. Infatti, se l'impianto fotovoltaico non è armonicamente inserito in una struttura edilizia, l'occupazione di spazio che richiede ha un valore superiore a quello delle celle stesse, e l'effetto estetico può risultare molto sgradevole. Particolari materiali e dispositivi possono essere utilizzati, se non creati, per rendere le celle parte integrante di finestre, coperture di terrazzi, facciate, in modo soprattutto da non provocare la deturpazione del sito per totale annerimento. Considerazioni simili pesano sull'utilizzo dell'energia eolica. Se in regioni desertiche con forti venti costanti i moderni mulini a vento si ripagano molto bene con modesti danni all'ambiente, così non è nelle nostre splendide valli che spesso puntano sul turismo, e quindi anche sulla bellezza del territorio, per il loro sviluppo economico.

La foresta di giganti girandole dalle pale monche e metalliche sulle cime di colline, inoltre, quando ci sono venti sufficienti a metterle in moto, può produrre





COME ALLA CORTE DI FEDERICO II

CLIMA E SORGENTI DI ENERGIA: DRAMMA DELLE SCELTE E DEI TEMPI

anche inquinamento acustico e qualche influenza sull'ecosistema. Con la conseguente e sempre più frequente reazione delle popolazioni locali. Molto più produttivo e ripagante è lo sviluppo delle fonti di energia rinnovabile da biomassa. I biocombustibili sono di tre tipi: quelli forestali (legna anche in pellet, segatura, gas e liquida da pirolisi), quelli provenienti da rifiuti solidi urbani e quelli di origine agricola. Questi ultimi sono probabilmente la fonte più promettente per l'immediato futuro. Olii utilizzabili nei normali impianti di riscaldamento e nelle comuni autovetture in sostituzione del gasolio in percentuale di

oltre l'80%, con un abbassamento del potere calorifico solo del 5%, vengono estratti dai semi di colza e di girasole. Mais e cereali, ma soprattutto barbabietole da zucchero di abbondante produzione in Italia, possono produrre etanolo e metanolo adatti non solo alla produzione di energia elettrica e di idrogeno ma anche all'autotrazione con piccole modifiche nella meccanica delle autovetture. Questi combustibili danno anche vantaggi per l'ambiente, soprattutto perché assorbono dalla stessa atmosfera l'anidride carbonica che le cederanno poi, senza contribuire all'effetto serra.





L'ORIGINE DEL PETROLIO

Paolo Gasparini

Professore di Geofisica
Università degli Studi di Napoli Federico II

Il petrolio ha condizionato gran parte della storia dell'umanità. I popoli dell'antichità conoscevano giacimenti di petrolio superficiali che utilizzavano per produrre medicinali e bitume o per illuminare le lampade. Omero narra di un "fuoco perenne" lanciato contro le navi greche durante la guerra di Troia. La conoscenza del petrolio è stata portata dal Medio Oriente in occidente dagli arabi, che lo utilizzavano soprattutto come medicinale.

Dagli inizi del secolo scorso il petrolio è diventata la principale fonte energetica per tutto il pianeta, capace di condizionare l'intera economia mondiale. Esso è costituito da una miscela di circa 350 idrocarburi e la sua formazione richiede tempi lunghissimi, dell'ordine almeno delle centinaia di migliaia di anni. Secondo la teoria più accreditata il petrolio deriva dalla decomposizione, in ambiente privo di ossigeno (anaerobico), di resti di organismi animali e vegetali che si sono depositati sul fondo di bacini poco profondi, come lagune, estuari, paludi costiere. Con il passare del tempo questi depositi vengono ricoperti da

una pila di sedimenti. Il conseguente aumento di temperatura e pressione produce la trasformazione degli organismi sepolti in una sostanza resinosa e di colore scuro, chiamata kerosene. Le molecole di kerosene sono instabili e tendono a rompersi in molecole più leggere formate essenzialmente da atomi di carbonio ed idrogeno. La miscela risultante contiene una fase liquida (petrolio) ed una fase gassosa (gas naturale). Le reazioni chimiche responsabili della formazione del petrolio producono una diminuzione di densità della miscela che tende a risalire verso l'alto attraverso le fessure ed i pori delle rocce sovrastanti. La migrazione verso l'alto continua fino a quando il petrolio non incontra uno strato impermeabile, ad esempio di argilla o di sale. Il petrolio si accumula al di sotto dello strato formando un serbatoio stratificato, contenente acqua nella parte inferiore, poi petrolio e gas naturale in alto.

Circa il 60% del petrolio scoperto si è formato nel periodo Cretaceo da 90 a 150 milioni di anni fa, quando sulla superficie terrestre si sono riversate enormi quantità di magma basaltico, espandendosi per migliaia di chilometri. Residui di queste colate si possono ritrovare nel Pacifico, nell'Oceano Indiano, nell'Atlantico meridionale, nel Mar delle Antille, in India, in Brasile. Questo fenomeno produsse un



COME ALLA CORTE DI FEDERICO II

CLIMA E SORGENTI DI ENERGIA: DRAMMA DELLE SCELTE E DEI TEMPI

sollevamento dei fondi oceanici di circa 250 m ed un aumento della temperatura atmosferica di circa 10°C a causa dell'immissione di anidride carbonica da parte del magma. Questo "effetto serra naturale" diede luogo ad un grande sviluppo di plancton e di vita organica nelle acque poco profonde che ricoprivano i continenti, e da essa hanno avuto origine vastissimi giacimenti di petrolio. Una teoria alternativa, che prevede un'origine abiotica del petrolio, è stata proposta da geochimici russi circa cinquanta anni fa ed è stata poi ripresa alla fine degli anni ottanta e, di nuovo, pochi anni orsono. Secondo tale teoria esiste una ingente quantità di petrolio nel mantello superiore e nella crosta terrestre, formatosi durante la formazione della Terra.

Tale teoria viene ritenuta poco attendibile perché sostenuta da evidenze scientifiche scarse o nulle, ma se si dimostrasse vera non dovremmo più temere l'esaurimento delle riserve petrolifere, almeno a breve scadenza. In Italia sono stati scoperti numerosi giacimenti di petrolio soprattutto ad oriente degli Appennini, in Val Padana, in Sicilia ed in Basilicata. Le sorgenti di tali giacimenti sono in gran parte rocce formatesi tra 160 e 80 milioni di anni fa. Alcuni giacimenti hanno delle dimensioni importanti, come quello di Villafortuna, nel novarese, e della Val D'Agri, in Basilicata. La produzione nazionale all'inizio di questo secolo rappresentava il 7% del fabbisogno nazionale.





IL NUCLEARE ALLA RICERCA DI UNA STRATEGIA POLITICA

Tullio D'Aponte

Professore di Geopolitica e Geostrategia
Università degli Studi di Napoli Federico II

Sono molte le ragioni che circa trent'anni addietro condussero al successo del referendum per l'abolizione del nucleare in Italia. La più plausibile è quella che nasce dalla grande paura prodotta in tutto il mondo, in Europa più che altrove, dal disastro di Chernobyl. Indubbiamente, l'impatto emotivo, la percezione immediata di un rischio tutt'altro che teorico, ebbero facile sopravvento su ogni altra valutazione razionale, ancor prima che scientifica.

Nel frattempo la classe politica del nostro paese, sempre poco attenta alle prospettive di lungo periodo, non ha mai incluso nell'agenda dei grandi temi dello sviluppo la questione energetica nazionale preferendo il solito metodo del "rattoppo" ottenuto con il ricorso (a basso costo) all'importazione di parte del surplus produttivo di paesi "nucleari" confinanti. Nessuna questione "etica" né, tanto meno, "riflessiva", ha mai sfiorato un'opinione pubblica dichiaratamente (1987) "antinucleare". Del resto, anche se da più parti non si è mai trascurato di sottolineare come il deficit strutturale della produzione

nazionale presupponeva sempre più rilevanti quote di energia da acquistare sul mercato, sia l'autorità di settore, sia il dicastero delle attività produttive, finivano per convergere sulla scorciatoia a basso costo consentita dalla fornitura estera.

Il fatto è che, comunque la si veda, la produzione di energia elettrica è una di quelle attività che richiede enormi investimenti per la costruzione delle centrali, indipendentemente dalla fonte combustibile, con lunghi tempi di realizzazione e benefici ripartiti su periodi lunghi. Esattamente il contrario di quanto la prassi politica, fondata sull'immediatezza dei risultati da "rappresentare" all'elettorato, ha necessità di praticare.

La realizzazione di una centrale elettrica colpisce l'immaginario collettivo molto meno di un'autostrada, di una linea ferroviaria veloce, di un ponte di eccezionale campata, ancor più se lungamente atteso. Sempre che non intervenga un black-out di ampia durata – ma bastano anche poche ore – oppure si verifichi un incidente catastrofico, anche lontano dai confini nazionali.....!

Insisto sull'aspetto politico della questione perché, in fondo, tutta la vicenda energetica ha a che fare con questioni di natura geostrategica, ancor prima che con determinanti tecniche e scientifiche.



COME ALLA CORTE DI FEDERICO II

CLIMA E SORGENTI DI ENERGIA: DRAMMA DELLE SCELTE E DEI TEMPI

Così è per il petrolio, l'oro nero, i cui fiumi segnano i limes della geografia del potere contemporaneo; così è per il gas naturale, su cui galleggia l'isola speculativa complementare al petrolio; così è stato, alle origini della rivoluzione industriale, per l'impalcatura carbonifera erciniana e la placca caledoniana.

Ma, se il petrolio e, ancor più, il gas dispongono di riserve che, a seconda del criterio di valutazione, sono sufficienti per non più di un centinaio d'anni e, quindi, sono fonti il cui prezzo sarà sempre più elevato, se il carbone, anch'esso oneroso per il costo d'estrazione, ancorché decisamente abbondante, presenta gravi problemi di natura ambientale, se le fonti rinnovabili, come solare ed eolico, soffrono di non pochi condizionamenti sul piano tecnologico, oltre che in termini di rendimento degli impianti e di vincolo geografico nell'applicazione domestica, si dovrebbe concludere che "ripensare" il nucleare sia quanto meno opportuno, se non addirittura inevitabile.

Sul piano della sicurezza, ormai, le centrali di nuova generazione hanno standard estremamente elevati sicché i rischi del passato appaiono del tutto irripetibili. Anche il problema, in vero assai grave, dello smaltimento delle scorie radioattive (che richiedono stoccaggi di centinaia di migliaia di anni) può ritenersi

ampiamente ridimensionato da applicazioni tecnologiche concepite secondo un criterio di utilizzo seriale e consecutivo dei prodotti di scarto, tale da ridurre la carica residua entro limiti estremamente contenuti. Il nucleare "pulito", in altri termini, è tecnicamente una realtà concreta, tale da consentire la progettazione di impianti innovativi assolutamente compatibili sul piano ambientale e sanitario che, tuttavia, come già si diceva, hanno costi enormi e tempi di messa in esercizio di alcune decine di anni.

L'altra strada che resta, secondo diversi tecnici pur sempre perseguibile, sarebbe la riattivazione delle centrali nucleari di Trino Vercellese e di Caorso riconvertite per un nucleare basato su di una metodica che consente elevata sicurezza e soddisfacenti rendimenti economici.

A questo punto, ciò che, nel caso italiano, ci si dovrebbe chiedere è quanto sia "trasferibile" sul territorio regionale una produzione incentrata sul nucleare; con quali criteri di individuazione di siti strategici appropriati; con quali prospettive di copertura del fabbisogno energetico regionale e, infine, ... con quali tecnici e con quali costi.

Si, perché il prezzo che il paese paga per l'"assopimento" della politica energetica è anche questo: carenza di professionalità





COME ALLA CORTE DI FEDERICO II

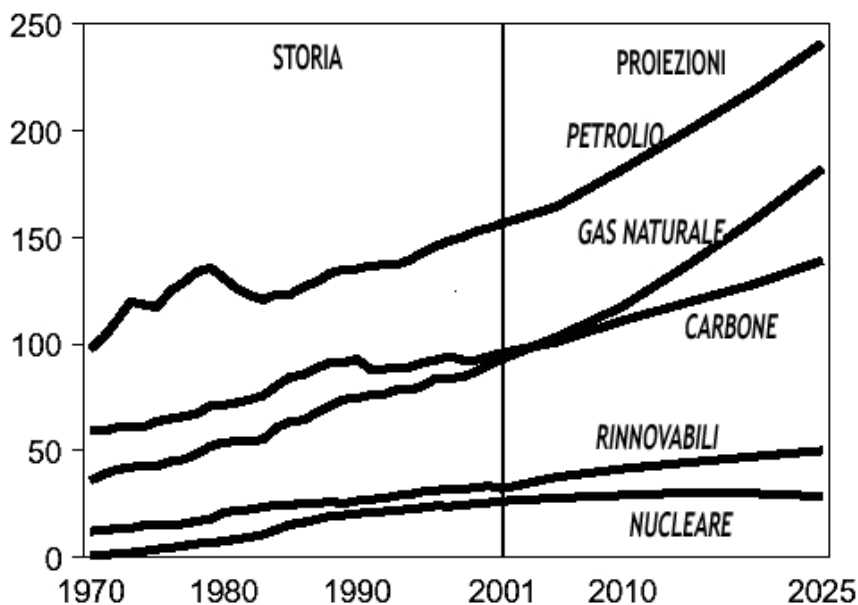
CLIMA E SORGENTI DI ENERGIA: DRAMMA DELLE SCELTE E DEI TEMPI

nello specifico comparto nucleare, inesperienza gestionale, scarsa propensione alla prevenzione dei rischi, crisi finanziaria.

Ma, poi, se recuperando capacità di pianificazione strategica, rivitalizzando vecchie e nuove professionalità, dando giusto peso al ruolo di primaria importanza per lo sviluppo nazionale che compete alla disponibilità di risorse energetiche autonome, si riuscissero a trovare i soldi e far quadrare il cerchio, quanta energia si potrebbe ricavare dall'opzione nucleare, almeno nel medio-breve periodo? Non oltre un cinque per cento dell'attuale fabbisogno

– stimato in non meno di 50.000MW – progressivamente espandibile tra un sette e un dieci per cento; sempre che nuovi siti e nuovi impianti dovessero sorgere in diverse regioni del paese, in particolare laddove maggiore è il deficit di fabbisogno.

Poco? Troppo poco? Forse. Ma pur sempre abbastanza per indurci a riflettere sul problema, a ricondurlo entro binari di razionalità, a valutarne le implicazioni alla luce di un possibilismo non disgiunto da rigore scientifico.



Proiezioni del consumo mondiale d'energia diviso per fonti, 1970-2025 (quadrilioni di Btu)
Fonte: EIA Annual Energy





FUSIONE FREDDA : MITO O REALTA'?

Francesco Nicodemi

Professore di Fisica Teorica
Università degli Studi di Napoli Federico II

Sono trascorsi sedici anni da quando nel 1989 M. Fleischmann e S. Pons annunciarono di aver prodotto un fenomeno di fusione nucleare, con relativo sviluppo di energia, attraverso un processo di elettrolisi.

Questi autori riportarono la produzione di energia con elettrodi di palladio immersi in acqua "pesante", dove l'idrogeno (H), col nucleo costituito da un singolo protone, è sostituito dal deuterio (D), in cui è presente un protone e un neutrone. I due atomi hanno proprietà chimiche quasi identiche ma quelle nucleari sono molto diverse.

La scelta del palladio era dettata dalla sua proprietà di poter "assorbire" elevate quantità di idrogeno (o di deuterio).

Secondo Fleischmann e Pons negli elettrodi di palladio, "caricati" di deuterio, i due nuclei di deuterio si fondono in un nucleo di elio producendo energia, come avviene nelle stelle.

A riprova della loro tesi notarono che in esperimenti fatti in acqua normale non si era mai prodotto alcun eccesso di energia.

Perchè, allora, l'annuncio venne accolto con tanto interesse e tanta incredulità?

L'interesse è ovvio: si poteva riprodurre in un comune laboratorio uno dei processi fondamentali nella produzione di energia nell'Universo, con prospettive impensabili data l'illimitata disponibilità d'idrogeno.

Non è detto che ciò faccia piacere ai produttori di energia di oggi, ma a parte questi aspetti, l'interpretazione di Fleischmann e Pons è in contrasto col punto di vista "scientifico" usuale.

Anzitutto, i due nuclei di deuterio si attraggono, per effetto dell'interazione nucleare, solo quando la loro distanza è pari alle dimensioni dei nuclei, circa un millesimo di miliardesimo di millimetro. A distanze maggiori essi si respingono avendo cariche elettriche uguali.

All'interno delle stelle i due D riescono ad avvicinarsi fino a innescare la fusione nucleare per la loro enorme energia cinetica dovuta alla temperatura di milioni di gradi. Nella cella elettrolitica la reazione avverrebbe a temperatura ordinaria, da cui il nome "fusione fredda". Com'è possibile convincere i nuclei D a superare la repulsione elettrica?

Inoltre, nella reazione di fusione viene emesso un raggio gamma di energia elevatissima che nelle stelle viene poi



COME ALLA CORTE DI FEDERICO II

CLIMA E SORGENTI DI ENERGIA: DRAMMA DELLE SCELTE E DEI TEMPI

riassorbita e ridistribuita. In una cella elettrolitica i raggi gamma dovrebbero uscire all'esterno. Invece non se ne osserva traccia. Non vi era neppure traccia dell'elio che si sarebbe dovuto produrre.

Questi elementi alimentarono l'incredulità, ma l'importanza "strategica" del processo fece iniziare numerosi esperimenti: sembrava facile, in termini di tempi e di costi, riprodurre il fenomeno. Molte ricerche si conclusero con esito negativo, ma fenomeni inaspettati e produzione di energia sono stati riportati in svariati esperimenti.

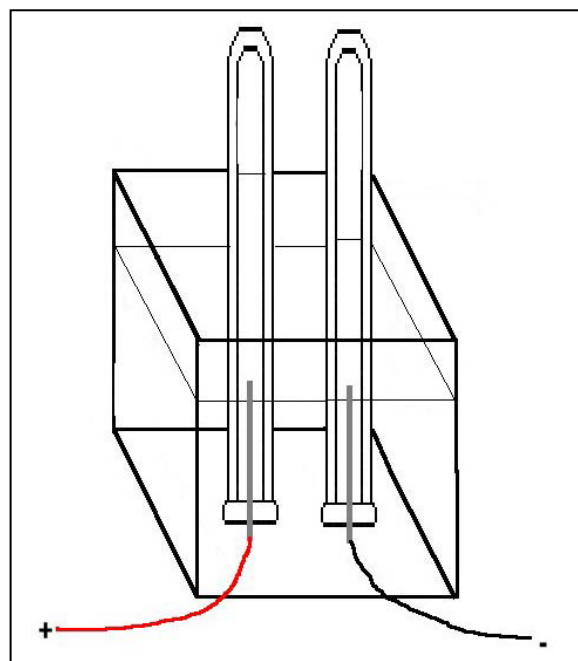
Si tratta sempre solo di abbagli? Sul piano teorico E. Del Giudice (INFN Milano) e G. Preparata (scomparso nel 2000) spiegano perché esperimenti in apparenza identici portassero a risultati tanto diversi: la fusione, e quindi la produzione di energia, si verificherebbe solo quando il rapporto nuclei di deuterio/atomi di palladio è prossimo ad 1. Portare il caricamento a questi valori è cosa non semplice e non facilmente riproducibile. I differenti effetti osservati sarebbero dovuti ai diversi caricamenti raggiunti.

Sarebbe inoltre fondamentale il comportamento "collettivo" (coerente) degli atomi che formano il reticolo cristallino. In primo luogo tale "coerenza" provocherebbe la schermatura dei nuclei di deuterio da parte degli elettroni del palladio, rendendo

loro possibile avvicinarsi a distanze dove domina l'attrazione nucleare. Ecco chiarito il primo mistero della fusione fredda. In secondo luogo all'interno del palladio l'energia della reazione di fusione verrebbe ceduta al complesso del reticolo cristallino, spiegando così anche il mistero dei "gamma mancanti".

In un recente esperimento condotto all'ENEA di Frascati è stata rivelata anche la produzione di elio.

Vi sarebbero quindi tutti gli elementi per affermare che la "fusione fredda" è un fenomeno reale, anche se esso sembra contraddire un gran numero dei "paradigmi" correntemente accettati.





COME ALLA CORTE DI FEDERICO II

OVVERO

PARLANDO E RIPARLANDO
DI SCIENZA

13 OTTOBRE 2005

**LA TORRE DI PISA:
RITORNO AL FUTURO**

CARLO VIGGIANI
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II

9 MARZO 2006

**LE CELLULE STAMINALI:
MINIERE DI SALUTE**

FRANCESCO SALVATORE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II

17 NOVEMBRE 2005

**ALIMENTI, SALUTE
ED EVOLUZIONE DELL'UOMO**

SALVATORE AURICCHIO
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II

23 MARZO 2006

**DAGLI ANGELI AI NEURONI:
L'ARTE E LA SCIENZA DEI SOGNI**

ALLAN J. HOBSON
HARVARD MEDICAL SCHOOL, BOSTON

1 DICEMBRE 2005

**CLIMA E SORGENTI DI ENERGIA:
DRAMMA DELLE SCELTE
E DEI TEMPI**

BRUNO COPPI
MIT, BOSTON

6 APRILE 2006

**QUANDO LE VECCHIE TECNOLOGIE
ERANO NUOVE: LA NASCITA
DELLE TELECOMUNICAZIONI**

OVIDIO MARIO BUCCI
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II

15 DICEMBRE 2005

**IL CAMMINO DELL'UOMO:
LINGUE, GENI E POPOLAZIONI**

LUIGI CAVALLI SFORZA
STANFORD UNIVERSITY, USA

11 MAGGIO 2006

**PLATONE MONDATO
DA OGNI IMPERFEZIONE**

GIORGIO PARISI
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI ROMA 1 - LA SAPIENZA

19 GENNAIO 2006

**MESSAGGERIE ORIENTALI
CONFUCIO, L'OCCIDENTE ED IL MERCATO**

FRANCO MAZZEI
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI "L'ORIENTALE"

9 FEBBRAIO 2006

**DALL'ARTE AL RESPIRO
DELLE MOLECOLE**

VINCENZO PAVONE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II

8 GIUGNO 2006

**LA FINANZA PUÒ AIUTARE
LA CRESCITA**

MARCO PAGANO
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II

Apertura edizione 2005-06: The Terrorist	03/11/05
Rassegna cinema comico: Hollywood Party	10/11/05
Rassegna Wim Wenders: Lo stato delle cose	24/11/05
Rassegna cinema del Mediterraneo: Intervento Divino	08/12/05
Rassegna cinema comico: Invito a Cena con Delitto	22/12/05
Rassegna Joseph Losey: Il Servo	12/01/06
Rassegna cinema del Mediterraneo: Kadosh di Amos Gitai	26/01/06
Rassegna cinema comico: Questo pazzo, pazzo mondo	02/02/06
Mahabharata I	16/02/06
Mahabharata II	23/02/06
Rassegna Wim Wenders: Buena Vista Social Club	02/03/06
Rassegna Joseph Losey: Messaggero d'amore	16/03/06
Rassegna cinema del Mediterraneo: Arsenico e Vecchi Merletti	30/03/06
Rassegna cinema del Mediterraneo: Private	13/04/06
Rassegna Joseph Losey: Don Giovanni	20/04/06
Rassegna Wim Wenders: Paris, Texas	27/04/06
Rassegna cinema comico: La Strana Coppia	04/05/06
Rassegna Wim Wenders: La Terra dell'Abbondanza	18/05/06
Rassegna Joseph Losey: Per il Re e per la Patria L'incidente	25/05/06
Rassegna cinema del Mediterraneo: Film Parlato di Emanuel De Olivera	01/06/06
Rassegna cinema comico: Mon Oncle	08/06/06
Rassegna cinema del Mediterraneo: Yol di Seif Goren	15/06/06
Rassegna cinema del Mediterraneo: Le Grand Voyage di Ismael Ferrukhi	22/06/06