

# IL FUTURO DELL'UMANITÀ

**Il futuro dell'Umanità**

**Enrico Fermi: l'ultimo uomo che sapeva tutto**

**63**

**2024**

**PROPRIETÀ:**

A.P.S. "Il C.O.S.Mo" (Circolo di Osservazione Scientifico-tecnologica di Modena)

C.F.:94144450361

**RESPONSABILE:**

Davide Borghi

**REDAZIONE:**

a cura del Consiglio Direttivo

**SITO INTERNET:**

[www.ilcosmo.net](http://www.ilcosmo.net)

**CONTATTI:**

[info@cosmo.net](mailto:info@cosmo.net)

**COSTO:**

Gratuito sul WEB

**CONSIGLIO DIRETTIVO:**

Leonardo Avella

Davide Borghi

Luigi Borghi

Roberto Castagnetti

Ciro Sacchetti

*Questa rivista, le copie arretrate, i suoi articoli e le sue rubriche, non possono essere duplicati e commercializzati.*

*È vietata ogni forma di riproduzione, anche parziale, senza l'autorizzazione scritta del circolo "Il C.O.S.Mo".*

*La diffusione all'esterno del circolo è vietata.*

*Può essere utilizzata solo dai soci per scopi didattici.*

**SOMMARIO****IN QUESTO NUMERO:****SCIENZA E ANTROPOLOGIA****Il Futuro dell'Umanità**

di Luigi Borghi ..... pag. [5](#)

**GRANDI PERSONAGGI****Enrico Fermi**

L'ultimo uomo che sapeva tutto

di Davide Borghi ..... pag. [45](#)

**GLI EVENTI DEL C.O.S.Mo**

**L'elenco dei prossimi eventi** ..... pag. [59](#)

**IN COPERTINA**

*Immagine creata con Intelligenza Artificiale, tramite ChatGPT-4o - DALL-E*





## NOI DEL COSMo FACCIAMO DIVULGAZIONE SCIENTIFICA.

In questo numero ci cimentiamo su un argomento sicuramente difficile: parliamo di futuro.

Come diceva Niels Bohr: *"fare previsioni è difficile, soprattutto per il futuro"*. Ma noi ci proviamo, analizzando diversi scenari e valutando diverse prospettive.

Nell'articolo di Luigi Borghi affrontiamo il tema dei **"futuri possibili"** attraverso l'analisi di diversi aspetti: cambiamenti climatici, viaggi spaziali, energia, cibo, civiltà multiplanetaria, adattamenti umani, ecc.. includendo anche alcuni scenari catastrofici, distinguendo fra **distopia ed utopia**.

Su un pianeta che sembra, e dico sembra, precipitare verso il baratro dell'autodistruzione, è di importanza fondamentale ragionare e dimostrare che esistono diverse opzioni e scenari, in base alle nostre scelte, e che possiamo non solo evitare la catastrofe, ma anche prosperare. Di problemi ne esistono tanti, alcuni insormontabili, ma per ognuno di essi esistono o soluzioni o modi per mitigarli, su cui si può lavorare, spesso a costo di sacrifici. L'argomento secondo me è centrato, complesso e affascinante e sono sicuro che si merita un ciclo di articoli anche nei numeri seguenti di questa rivista.

E di futuro, e presente, dell'Intelligenza Artificiale ci ha parlato anche il **prof. Mario Rasetti**, fisico esperto di AI, partendo da un'altra eccellenza italiana della Fisica: i **Ragazzi di Via Panisperna**, che includeva anche, appunto, Franco Rasetti, suo parente. Il professore ci ha fatto una davvero notevole **"Lectio Magistralis"** sull'AI.

Ci ha parlato di diversi argomenti collegati direttamente o indirettamente all'AI, argomenti che qua posso solo accennare, perché meriterebbero ognuno un articolo di approfondimento: l'**equilibrio instabile** della società attuale, il **fattore di sviluppo non lineare** che sta accelerando in modo discontinuo diventando esponenziale anche in scala logaritmica, la **rivoluzione antropologica** (non solo culturale e industriale) che stiamo affrontando, **GPT5, Homo Sapiens Sapiens Sapiens** (non è un errore di battitura), il fatto che l'**AI è una pratica** ma non ancora una scienza, l'**autocoscienza** che è **non-Turing-computabile** e la scelta degli **insiemi di training** che possono portare a risultati **non-Gödel-decidibili**, l'intelligenza che **non è misurabile coi numeri**, e poi **GenAI, Strong AI, AGI, Transformers**, correlation is not causation, **AlphaGo, ProteinFolding with AI**, the **finance & digital corporation dominance**, **benefits vs risks**, **CRISPR genome editing**, ecc. ecc.

Uno Spettacolo per la Mente. Quella Naturale.

L'Intelligenza Artificiale, dice il prof. Rasetti, è uno strumento fantastico, prezioso ma **delicato**.

Durante un'altra Lectio Magistralis che ho avuto il piacere di sentire a Reggio Emilia questa settimana, assieme ad amici di COSMo e REA, il **Nobel Giorgio Parisi** ha evidenziato il crescente **divario tra Scienza e Società**, un fenomeno che si riflette anche nella politica (in tante nazioni), dove la Scienza è sempre più percepita come **dominio esclusivo dell'élite**.

Eventi come quello col prof. Rasetti sono fondamentali per **ridurre questo divario**, sfatando questo **falso mito** e **democratizzando** la scienza attraverso una maggiore **divulgazione** e rendendo evidenti i **benefici**, e **valutando i rischi**, che la Scienza può portarci. E tutto questo è proprio nella **missione** della nostra associazione Il COSMo, che è la ragione per cui guidiamo le nostre iniziative

E del gruppo dei Ragazzi di via Panisperna (fra Franco Rasetti) guidato da **Enrico Fermi**, e di lui in particolare, ho scritto un articolo in questo numero, a **70 anni dalla sua scomparsa**. Enrico Fermi: l'**ultimo uomo che sapeva tutto**, come scienziato **teorico** e, allo stesso tempo, **sperimentale**, che gli ha permesso di padroneggiare i diversi aspetti della materia e velocizzare di parecchio lo sviluppo e verifica delle sue idee. Una

figura con luci e ombre che ha influenzato in maniera determinante un periodo cruciale del XX secolo. Un uomo poco ricordato e, ancora meno, celebrato in Italia: forse lo è stato di più negli **Stati Uniti**, dove gli sono stati dedicati templi della fisica come il **FermiLab** a Chicago, o Argonne National Lab che è stato voluto proprio da lui.

L'eredità che Fermi ci ha lasciato include l'**approccio multidisciplinare**, che nel suo caso andava dalla meccanica quantistica alla fisica nucleare, la statistica, l'esperimento, per arrivare a risolvere problemi complessi. E la necessità di provare con l'esperimento, in modo galileiano, l'intuizione teorica. Ci ha insegnato e sottolineato l'**importanza dell'innovazione** e della **creatività** per fare avanzare le soluzioni tecniche ed ingegneristiche, attraverso un **lavoro di team** e stretta collaborazione e affiatamento fra diverse competenze. Tutto questo ha portato al successo, in pochissimi anni, di un'impresa titanica: il **Progetto Manhattan**. Ma soprattutto ci ha lasciato in eredità la **perseveranza** e la curiosità: la sua instancabile ricerca della conoscenza portata avanti prima a **Roma**, poi a **New York, Chicago, Los Alamos**.

Questi principi credo continuino ad ispirare gli scienziati anche oggi, ricordandoci che curiosità, collaborazione ed equilibrio e un buon mix fra teoria ed esperimento sono la chiave per fare avanzare la ricerca scientifica. Che, in fin dei conti, può anche essere la chiave per farci vivere un **futuro migliore**.

Come sempre vi invitiamo a consultare la nostra pagina **EVENTI** nel sito, [ilcosmo.net](http://ilcosmo.net), che teniamo continuamente aggiornata (link: <https://ilcosmo.net/index.php/eventi/>)

A tal proposito, **un'anticipazione**: il **22 marzo 2025**, durante il nostro ciclo di conferenze primaverili al Planetario di Modena, avremo l'onore di ospitare **Federico Tosi**, ricercatore dell'Istituto Nazionale di Astrofisica (INAF) presso la sede di Tor Vergata, Roma, e docente del corso di Fisica dei Pianeti del Sistema Solare ed Esopianeti presso l'Università Roma Tre. Terrà una conferenza dal titolo "**Le Lune ghiacciate dei pianeti giganti**". Imperdibile!

Il Presidente

**Davide Borghi**

[davide.borghi@ilcosmo.net](mailto:davide.borghi@ilcosmo.net)



L'evoluzione Umana ci condurrà verso forme biologiche e intelligenze radicalmente diverse da quelle attuali?

Probabilmente l'Umanità vedrà una crescente fusione tra la natura umana, le macchine e l'intelligenza artificiale, in un processo che ridefinirà i confini stessi di ciò che significa essere umano.

*Immagine creata con Intelligenza Artificiale, tramite ChatGPT-4o - DALL-E*

## IL FUTURO DELL'UMANITÀ

di Luigi Borghi



*"A tempo debito, tutto ciò che è vivo morirà. Per più di tre miliardi di anni, mentre specie semplici e complesse trovavano il proprio posto nella gerarchia del pianeta, la falce della morte ha sempre gettato un'ombra sul fiorire della vita. La diversità si diffuse mentre la vita strisciava fuori dagli oceani, avanzava sulla terraferma e spiccava il volo nei cieli. Aspettando abbastanza a lungo, però, il bilancio di nascite e morti, con voci più numerose delle stelle della galassia, sarà in pareggio con precisione imparziale e assoluta". **Brian Greene: "Fino alla fine del tempo", EINAUDI.***

Immaginare il futuro della nostra civiltà è un esercizio affascinante e complesso. Ci sono molte teorie e scenari possibili, che variano a seconda delle prospettive scientifiche, tecnologiche e sociali. Cercare di estrapolare gli sviluppi futuri da un breve periodo

di innovazione tecnologica con una crescita esponenziale può essere interessante, ma è molto probabile che le previsioni siano profondamente diverse da come andranno effettivamente le cose. **Quindi non posso certo pretendere di cimentarmi in previsioni che in partenza ritengo non affidabili. Troppo ambizioso e presuntuoso!**

Ho cercato pertanto di mettere insieme qualche cosa di strutturato e concreto, andando a cercare le opinioni di scienziati e filosofi che abbiano di recente analizzato il tema. Tra questi: **Brian Greene, Noah Harari, Michiu Kaku, Bertrand Russell, Ludwig Boltzmann, Chris Impey**, ma anche scrittori come **Isaac Asimov** e **Carl Sagan**, che di "futuro" ne sapevano parecchio.

Noi possiamo immaginare questo futuro considerando intervalli di tempo relativamente "umani", di de-

cenni o anche secoli. Se poi si passa alla scala temporale dei millenni, cercare di prevedere dettagli di questo genere, quando probabilmente non ci sarà più nessun senziente, **è un'impresa del tutto inutile!**

Un tema già affrontato anche in passato, da quando l'uomo ha cominciato a pensare. Ma con l'incredibile crescita delle conoscenze umane degli ultimi decenni la previsione ha sicuramente cambiato trama, pur mantenendo ben saldi gli aspetti fondamentali, le variabili endogene ed esogene, da cui dipende il futuro dell'umanità.

Tenterò quindi di analizzare tutti questi aspetti cercando di intuirne, nel limite del possibile, gli sviluppi futuri sia a medio che a lungo termine.

Credo sia superfluo precisare **che tutto ciò che scrivo in questo articolo è fortemente influenzato dalla mia opinione personale.**

Divulgare scienza consolidata, che è ciò che facciamo con Il COSMo, lascia poco spazio all'immaginazione, ma prevedere il futuro pretende invece una interpretazione personale, sia pur basata su fondamenti scientifici. Come sembra abbia sentenziato **Niels Bohr**, fisico danese e premio Nobel: **"fare previsioni è difficile, soprattutto per il futuro"**.

Concluderò con una sintesi generale, al capitolo 9, che è poi l'obiettivo di questo articolo.

Le variabili in gioco che determineranno il futuro dell'umanità, in sintesi, sono:

## 1) CAMBIAMENTI CLIMATICI

Uno dei temi più discussi è l'impatto dei cambiamenti climatici. Sono oltre due secoli che bruciamo fossili ed è già da tempo che la comunità scientifica ci avverte che bruciare significa produrre CO<sub>2</sub>, quindi gas serra, e conseguentemente surriscaldamento globale. Se non affrontiamo seriamente il problema, entro il 2050 vi saranno conseguenze devastanti per gli ecosistemi e la società umana. Questo potrebbe portare a migrazioni di massa, crisi idriche e alimentari e un aumento dei conflitti

## 2) EVOLUZIONE TECNOLOGICA

L'evoluzione tecnologica potrebbe trasformare radicalmente la nostra civiltà cioè ridurre o eliminare

l'inquinamento nella produzione di energia e nei trasporti, migliorare i sistemi diagnostici, la medicina, la chirurgia e l'intelligenza artificiale. Questi progressi potrebbero aprire nuove frontiere per l'umanità.

## 3) VIAGGI SPAZIALI

Si parla di colonizzazione di altri pianeti, di viaggi interstellari, ma dove riusciremo ad arrivare con le tecnologie del vicino e lontano futuro? Avremo la possibilità di uscire dal sistema solare?

## 4) ENERGIA

Trasporti, industria, alimentazione, climatizzazione e l'Intelligenza Artificiale (AI) richiedono sempre più energia mentre l'inquinamento atmosferico, responsabile del surriscaldamento globale, ci obbliga ad abbandonare la combustione di fossili. Ce la faremo a soddisfare il fabbisogno futuro?

## 5) CIBO

Attualmente siamo otto miliardi di persone, in continua crescita. Parte di questa popolazione è al limite della sopravvivenza. Il cibo proviene dall'agricoltura e dagli allevamenti, che a loro volta prendono i nutrienti dai campi coltivati. Il terreno coltivabile sta calando perché aumenta la siccità, aumentano le cementificazioni e diminuiscono i bacini di acqua dolce per irrigare i campi. Riusciremo a sfamare il mondo intero senza coltivazioni ed allevamenti intensivi?

## 6) CIVILTÀ MULTIPLANETARIA

*"Verso una specie multiplanetaria! Se è in gioco la nostra sopravvivenza sul lungo periodo, abbiamo la precisa responsabilità, nei confronti della nostra specie, di avventurarci verso altri mondi". (Carl Sagan).* I dinosauri si sono estinti perché non avevano un programma spaziale!

## 7) ADATTAMENTI UMANI

L'uomo potrebbe evolversi per adattarsi a nuovi ambienti, sia sulla Terra che su altri pianeti. Ci saranno cambiamenti fisici e cognitivi significativi, rendendoci una specie ancora più versatile e resiliente. Il **Post umanesimo (o meta umanesimo, transumanesimo)** è un movimento (non ricono-

sciuto dalla comunità scientifica) che promuove l'uso della tecnologia per migliorare le capacità umane. Ma anche la scienza ufficiale sta cercando di capire come andare oltre l'umano.

## 8) SCENARI CATASTROFICI

Sono scenari ipotetici di collasso della civiltà umana, alcuni dei quali dipenderanno molto anche dalle scelte che faremo noi oggi, non solo per le calamità endogene (surriscaldamento, guerre, carestie, virus) ma anche per quelle esogene (meteoriti, brillamenti, RGB, ecc.).

## 9) CONCLUSIONI

Tiriamo una riga e proviamo a fare una sintesi

**Prima di partire all'esame dei singoli aspetti vorrei chiarire alcuni concetti:**

### ***Cos'è la fine del mondo?***

La vita è transitoria e tutta lo scibile emerso dopo la sua comparsa quasi certamente si dissolverà con la sua estinzione. Nulla è permanente. Nulla è assoluto. Neanche l'universo.

Per ognuno di noi la fine del mondo è decisamente rappresentata dalla morte, dopodiché, comunque vada, per noi questo mondo sarà precluso, per sempre.

Per l'intera umanità la fine è invece rappresentata dalla scomparsa di ogni essere cosciente, osservatore e contemplatore di ciò che è l'universo intero.

Non necessariamente la fine del mondo coincide con la fine fisica del pianeta, la disintegrazione della Terra, o del Sole. Probabilmente non coincide neanche con la fine della vita biologica dell'essere intelligente, visti gli enormi progressi in atto sulla intelligenza artificiale. La vita biologica potrebbe lasciare il campo ad una vita artificiale, molto più longeva, più veloce e onnisciente, ma anche forse un tantino meno emotiva.

La morte, questa fine incombente, inevitabile, è qualcosa che, a quanto pare, notiamo soltanto noi esseri umani. Prima dell'uomo cosciente di sé, il tuonare di nubi temporalesche, la forza impetuosa dei vulcani, i tremuli sussulti dei terremoti, la pre-

senza di un qualsiasi pericolo, di un predatore, di certo avranno fatto fuggire precipitosamente qualsiasi essere capace di correre.

Fughe dovute però ad una reazione istintiva ad un pericolo imminente e non al concetto, quindi paura, della morte. In generale, ogni forma di vita vive il momento presente e la paura nasce dalla percezione immediata.

**Siamo soltanto noi esseri umani a poter riflettere sul passato lontano, immaginare il futuro (obiettivo di questo articolo) e comprendere le tenebre che ci attendono.**

E ciò è angosciante perché la morte non suscita quel terrore che si attenua indietreggiando o correndo ai ripari come quello di un animale di fronte al pericolo imminente.

È un brutto presagio che impariamo a sopprimere, ad accettare, a prendere alla leggera.

È la certezza inquietante e onnipresente di ciò che ci aspetta.

Cito **William James** (il più alto QI mai misurato nella storia) che definì la consapevolezza della morte:

*"il tarlo roditore di ogni nostra fonte ordinaria di letizia".*

Tuttavia, il riconoscimento della finitezza del nostro tempo è sempre con noi e ci aiuta a plasmare le nostre scelte, le sfide che accettiamo e i percorsi che seguiamo.

Come ha affermato l'antropologo culturale **Ernest Becker** (Premio Pulitzer nel 1974): *"L'uomo è letteralmente diviso in due: ha consapevolezza della sua splendida unicità in quanto emerge dalla Natura con torreggiante maestà e può innalzarsi all'altezza di Shakespeare, Beethoven e Einstein ma, ciò nonostante, è destinato a tornare sotto terra per putrefarsi, decomorsi in polvere e scomparire per sempre nelle tenebre".*

Abbiamo sviluppato strategie, dottrine di reincarnazione, profezie di un aldilà, per combattere la conoscenza della nostra transitorietà e, spesso con speranza e a volte con rassegnazione, per fare un gesto verso l'eternità.

La novità della nostra epoca è il notevole potere della scienza di raccontare una storia chiara in relazione non solo al passato, indietro fino al Big Bang, ma anche al futuro. L'eternità stessa potrebbe restare per sempre al di fuori della portata delle nostre equazioni, ma le nostre analisi hanno già rivelato che l'universo che abbiamo imparato a conoscere è transitorio.

Dai pianeti alle stelle, dai sistemi solari alle galassie, dai buchi neri alle nebulose, nulla dura in eterno. In realtà, per quanto ne sappiamo, è "finita" non solo ogni singola vita, ma anche la vita stessa, ovunque si trovi. Qui sulla Terra, tuttavia, abbiamo punteggiato il nostro momento di strabilianti dimostrazioni di intuizione, creatività e inventiva, poiché ogni generazione si è basata sui risultati ottenuti da quelle precedenti, cercando chiarezza su come è nato tutto, perseguendo la coerenza rispetto alla direzione in cui tutto va e desiderando capire il motivo per cui tutto ciò è importante.

Questo poter trasmettere ai posteri le esperienze ci ha permesso di crescere parecchio e quindi di avere la sensazione di poter "controllare" quasi interamente il nostro futuro. Nel bene e nel male.

**Ciò che succederà "dopo" la fine del mondo direi che non ci interessa** o comunque non fa parte di questa analisi. Io oggi mi occupo del futuro dell'umanità, pertanto la mia analisi si ferma molto prima della fine di "tutto". A partire da oggi fino alla fine dei nostri giorni, la nostra civiltà dovrà superare ancora molti ostacoli, dovrà risolvere molti problemi e dovrà spremersi le meningi se vuole allontanare la falce della fine di tutto.

## **La "morte della Terra"**

La fine della vita, quindi, non equivale alla fine della Terra, che continuerà comunque a esistere, anche quando l'ultimo essere vivente si sarà estinto. Ho detto prima che *"la mia analisi si ferma molto prima"*, ma prevedere la fine di tutto senza l'intervento del "libero arbitrio" dell'umanità appare forse più semplice. Il destino della Terra è connesso a quello del Sole, una nana gialla che attualmente si trova circa a metà del suo ciclo vitale, oppure ad una accidentale collisione con un corpo molto grosso come

un pianeta errante. Un asteroide, per grosso che sia, pur essendo in grado di sconvolgere l'habitat per sempre, lascerà la Terra ruotare intorno al Sole fino alla morte della stella, e forse anche oltre.



Figura 1.1 Il Sole aumenterà di volume e intensità

Entro cinque miliardi di anni tutto l'idrogeno del Sole sarà convertito in elio dalla fusione nucleare. La nostra stella si trasformerà, inizialmente si gonfierà (Fig. 1.1), poi diventerà in pochi millenni una gigante rossa, in veloce espansione, il cui diametro si stima arriverà fino all'orbita di Marte, inglobando i pianeti più vicini (Mercurio e Venere) e forse la stessa Terra, sebbene alcune previsioni prevedano un allontanamento del nostro pianeta e non il suo assorbimento. Il Sole diventerà migliaia di volte più luminoso di quanto lo è oggi, poi in seguito morirà, attraverso un processo velocissimo che lo trasformerà in una nana bianca, espellendo nello spazio il 30% dei suoi strati superficiali. La Terra resterà solo un globo sferico arrostito, fluttuante nello spazio nella sua orbita attorno a un "cadavere stellare", e continuerà a orbitare attorno a ciò che rimane del Sole, fin quando non si verificheranno altri eventi.

Se la Terra non verrà distrutta da un oggetto sufficientemente grande (un pianeta errante) che si troverà a passare vicino a ciò che rimarrà del Sistema solare, potrebbe essere espulsa gravitazionalmente dallo stesso oggetto e proiettata a vagare per l'eternità nell'oscurità dello spazio.

La fine di tutto altro non è che lo sviluppo della inesorabile sentenza della seconda legge della termodinamica: **l'entropia**.

Mentre la prima legge della termodinamica afferma che nel corso del tempo **la quantità di energia si mantiene costante**, la seconda legge afferma che nel corso del tempo **la qualità dell'energia si deteriora**. Il futuro è diverso dal passato perché l'energia che alimenterà il futuro è di qualità inferiore a quella che ha alimentato il passato.

Il futuro ha un'entropia maggiore rispetto al passato. O almeno questo è ciò che propone Boltzmann.

## 1. CAMBIAMENTI CLIMATICI

Quando l'uomo scoprì il fuoco, circa 1,7 milioni di anni fa, capì che esso aveva una importanza fondamentale per la sua specie. Ma bisogna aspettare fino a 125.000 anni fa per avere le prime evidenze di un utilizzo e di un controllo più diffuso e consapevole del fuoco. In diversi siti archeologici in Africa e in Europa sono state trovate tracce di focolari, carboni e ceneri, a indicare che l'uomo era in grado di accendere e mantenere il fuoco autonomamente.

Con il fuoco l'uomo di allora poteva riscaldarsi durante le notti fredde e difendersi dai predatori. Poteva cuocere i cibi rendendo più digeribili molti alimenti, ampliando la dieta e fornendogli l'energia necessaria per sviluppare il cervello.

Infine, il fuoco ha consentito la lavorazione di strumenti e materiali, favorendo lo sviluppo tecnologico.

**Era l'unica forma di energia a disposizione.**

**Cosa è cambiato in quasi 130.000 anni?**

**Nulla!** (Figura 1.2)

L'uomo continua a **"bruciare"** come faceva allora, per fare le stesse cose: cucinare, scaldarsi, difendersi e lavorare. Sono cambiati i combustibili! Prima si bruciava legna (anche oggi) poi si è passati al carbone ed infine al petrolio.

**Solo che allora c'erano poche decine di migliaia di persone che "bruciavano" adesso siamo otto miliardi.**

Quindi ci siamo svegliati solo ora? Ci sono voluti 130 mila anni per capire che bruciare significa in-

quinare?

**No! Sono esattamente due secoli che se ne parla.**



Figura 1.2 Dal fuoco dell'uomo primitivo alle centrali a carbone

Nel 1824, un matematico e fisico francese **Joseph Fourier** formulò la teoria dell'effetto serra, ipotizzando che l'atmosfera terrestre trattenesse parte del calore proveniente dal Sole.

Alla fine del XIX secolo, il chimico svedese **Svante Arrhenius** calcolò l'impatto delle emissioni di anidride carbonica sull'aumento della temperatura terrestre, anticipando l'attuale dibattito sul riscaldamento globale causato dall'uomo.

Negli anni '30, **Guy Stewart Callendar**, un ingegnere britannico pubblicò studi che collegavano l'aumento delle temperature globali all'aumento della concentrazione di anidride carbonica nell'atmosfera, causato dalle attività umane. Fino ad arrivare a **Roger Revelle** e **Hans Suess** due scienziati americani che negli anni '50 dimostrarono che gli oceani non assorbivano tutta l'anidride carbonica prodotta dalle attività umane, contribuendo così all'accumulo di questo gas serra nell'atmosfera.

Ma ci volle il climatologo americano **James Hansen**, 40 anni fa, che testimoniò davanti al Congres-

so degli Stati Uniti, affermando con una certa sicurezza che **il riscaldamento globale era già in atto e causato dall'attività umana**.

Questa testimonianza ebbe un impatto significativo sull'opinione pubblica e sulla politica climatica. Ma come abbiamo visto, non concluse un granché. I recenti sviluppi della situazione internazionale non hanno fatto altro che accelerare quel processo di sensibilizzazione all'ambiente che già era iniziato con la necessità di eliminare o quantomeno ridurre il surriscaldamento globale ed il conseguente sconvolgimento climatico.

Negli ultimi 30 anni (dal 1994) è stata emessa la metà di tutta la CO<sub>2</sub> mai emessa industrialmente. E sta peggiorando.

**Nel 2020: 417 ppm rispetto ai 280 ppm dell'era preindustriale, e siamo a +1,1 C°.** Probabilmente è già tardi per evitare lo scioglimento (lento) di tutti i ghiacci della Groenlandia (che significherebbe sei metri in più del livello dei mari) e di parte dell'Antartide.

La situazione è rappresentata dal grafico di fig 1.3. dove si vede bene lo scollamento tra la irradiazione solare e la temperatura media terrestre.

Fino all'inizio dell'era industriale, a fine anni '50, appariva evidente che l'irradiazione solare media (in giallo) era la causa del surriscaldamento mentre l'effetto era la temperatura media (in rosso), salvo il periodo della Seconda guerra mondiale che ha inciso non poco. Da quel momento in poi, cioè dal 1960, nonostante che il ciclo undecennale del Sole (il pendolamento periodico in giallo) abbia calato la sua irradiazione media, la temperatura superficiale della Terra ha continuato a salire.

Quindi la causa non è più solo il Sole, come affermano un paio di Nobel italiani della Fisica, che hanno ritenuto opportuno esporsi anche in climatologia, ma è intervenuto qualche cosa d'altro: l'aumento esponenziale dei gas serra; metano e CO<sub>2</sub>, come evidenziato in fig. 1.4.

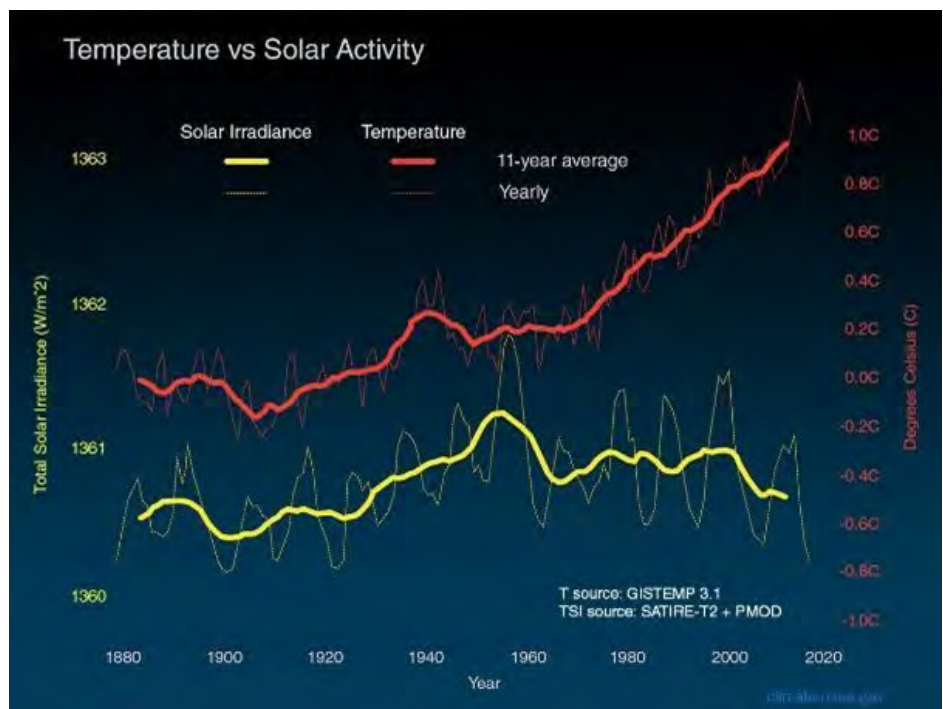


Figura 1.3 Dimostrazione del punto di svolta del surriscaldamento

Nonostante tutti questi ineludibili dati che presagiscono, anzi, **garantiscono** il peggio, continuiamo a fregarceli!

I media, controllati dai governi o dai grandi interessi (di pochi), salvo qualche rara eccezione in occidente, continuano a parlare del surriscaldamento globale come uno dei tanti problemi che prima o poi verranno risolti.

Insistono sul fatto che bisogna pensarci bene e che la **rivoluzione verde** farà dei danni all'occupazione ed al PIL. Nessun media oggi preme con convinzione sull'opinione pubblica, come dovrebbero, per sensibilizzarla ad un approccio diverso. Un approccio che, nell'immediato, sembra costi fatica e soldi, ma che può evitare forse un disastro che già si sta manifestando.

Non lo fanno neanche i governi! Anzi, fanno il contrario! Approfittano di qualche evento balordo di alcuni giovani che, in nome del **green** imbrattano capolavori artistici, fermano il traffico e fanno comunque danni, per associare questi nullafacenti alla causa che si illudono di rappresentare.

Per risolvere i problemi ci vogliono soldi (dicono nei vari talk show) e chi li deve sborsare?

La decarbonizzazione costa parecchio, le auto elettriche, i forni delle acciaierie e gli aerei ad idrogeno, ecc. Quindi dobbiamo rimandare, fare le cose con calma, cioè, fare ciò che abbiamo fatto fino ad oggi, ovvero: **NULLA!**

Tutti questi signori *"non convinti"* del disastro, quando parlano di costi eccessivi, dovrebbero mettere sul piatto della bilancia anche quanto vengono a costare oggi ed ancora peggio domani questi cambiamenti climatici. Limitando il riscaldamento a +1.5 C° (invece che 4 C°) risparmieremmo **20.000 miliardi di dollari** prima della fine del XXI secolo! Chi oggi afferma che possiamo aspettare oltre il 2035 per fermare la produzione di automobili con motore a combustione interna, temo che sul "suo" piatto della bilancia questi numeri non li abbia messi. Se li sarà scordati? O ha fatto finta di nulla, perchè non ha nipoti che gli presenteranno il conto ambientale?

Mi auguro che non l'abbia fatto per un conflitto di interessi. Ho sentito dire che il passaggio alle auto elettriche (**BEV**) comporta una perdita di posti di lavoro. Certo! Se non cominciamo a trasformare l'industria automobilistica, pian piano, e continuiamo a produrre "pistoncini" fino al 2034, è evidente che l'anno successivo molti si troveranno senza lavoro.

Ma non sarà colpa delle BEV, ma dalla scarsa visibilità e saggezza dei governanti attuali, della dilagante ignoranza sul tema da parte dell'opinione pubblica e pure dalla scarsa capacità imprenditoriale delle case automobilistiche "nostrane".

Queste ultime, dopo aver fatto crescere a dismisura la loro dipendenza dalle industrie cinesi (perché costava meno) ora si lamentano che dipendono dalla Cina. Ma va?

Nel grafico di fig. 1.4. si vede l'andamento della percentuale di CO<sub>2</sub> nell'aria sul quale ho evidenziato i momenti storici dove si sono svolte mega conferenze, a livello mondiale, tese a produrre iniziative

per ridurre la produzione.

## Notate qualche cosa di strano?

Sì! A seguito di ciascun accordo, al posto di una diminuzione di concentrazione (che era l'obiettivo) ci troviamo invece un aumento!

L'unico evento che ha ridotto le emissioni è stato il **Covid 19**.

Quindi ho sbagliato quando ho scritto che non abbiamo fatto nulla, perchè in realtà abbiamo fatto il contrario di ciò che avremmo dovuto fare, ma il mondo si lamenta ugualmente delle restrizioni.

Se continuiamo così andiamo sicuramente a "sbattere".

La "civiltà" globale da due secoli basa la sua crescita sui combustibili fossili. Dobbiamo cambiare il nostro stile di vita! Dobbiamo farlo adesso, non domani o nel 2035 o nel 2050. È già tardi ora! Una necessità che coinvolge direttamente sia i consumatori, sensibilizzandoli ad eliminare la combustione, gli sprechi, sia e più pesantemente il mondo della produzione di

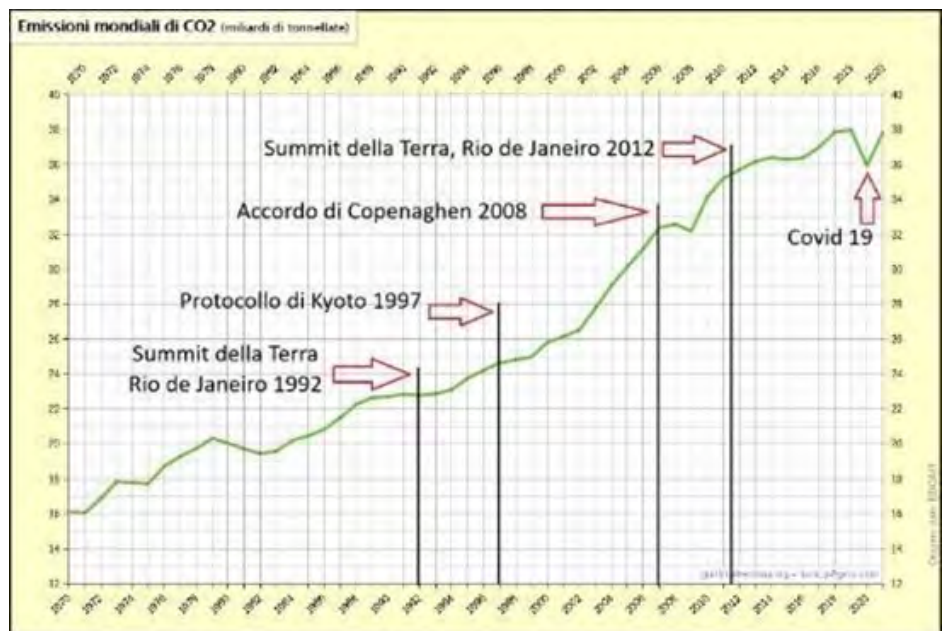


Figura 1.4 Gas serra in atmosfera nel tempo

beni e di energia.

Per fortuna qualche cosa si sta muovendo nella giusta direzione, soprattutto nei paesi nordeuropei. Le fonti di energia fossile (petrolio, gas e carbone) che hanno rappresentato (e lo sono tuttora) la base pri-

maria e costante di energia delle nostre aziende, stanno velocemente cedendo il passo alle fonti rinnovabili, ed in particolare a quelle "pulite".

Per "pulite" si intendono quelle fonti che non producono emissione di gas serra (metano CH<sub>4</sub> e anidride carbonica CO<sub>2</sub> e altri) durante il periodo di utilizzo (solare, eolico, idroelettrico, mareale ed anche nucleare).

## PREVISIONE PER IL FUTURO PROSSIMO

Come tutti i problemi che devono essere risolti con decisioni politiche, in un regime democratico il risultato delle azioni deve essere percepito dagli elettori a breve termine.

Se le decisioni tese a generare miglioramenti futuri dell'ambiente e della società, hanno bisogno di tempi di reazione che vanno ben oltre la durata della coalizione governante, ovviamente non interessano molto ad un premier, a meno che, il capo di turno, non senta la propria missione proprio per il bene del suo popolo (casi storici molto rari).

Se poi queste decisioni dovessero richiedere sforzi poco popolari (come tirare la cinghia, maggiore tassazione, cambiare stile di vita, di muoversi e di mangiare, consumare di meno), tali da compromettere la prossima campagna elettorale, allora non se ne fa nulla! Ci penserà chi viene dopo!

Questa è la dinamica in essere e che si sta cercando a fatica di migliorare. Il miglioramento della sensibilità dei governi al problema dei cambiamenti climatici è purtroppo legato e proporzionale alla consapevolezza che ha la gente del disastro imminente. Gli strumenti ci sarebbero: scuole, media, social, ma non mi pare che ciò che circola su queste piattaforme vada nella direzione giusta.

**Di nuovo la cultura, l'istruzione, la fiducia nella scienza degli elettori, sono gli elementi che porteranno finalmente a prendere decisioni serie ed efficaci da parte degli eletti.**

Ma temo sarà tardi!

Tranquilli! Per "tardi" non intendo che moriremo tutti! No! Intendo che l'ambiente subirà cambiamenti significativi e duraturi che porterà il genere umano a adattarsi. E ci riuscirà benissimo!

**Ma allora dov'è il problema?** Il problema, come al solito, sarà a carico di chi già oggi vive ai margini della società. La siccità, la scarsità di acqua, il terreno fertile che manca ed i disastri come alluvioni e trombe d'aria, colpiranno in grandissima parte i paesi ed i popoli poveri. Chi vive in un attico a New York o a Dubai o a Pechino, tra cinquant'anni, pagherà solo un po' di più il cibo, non avrà l'acqua che allaga la sua casa e se arriva un tornado non esce dalla sua casa di cemento armato ed il caffè se lo fa fare dalla governante o dal robot. Lui non ha problemi. Ma in Africa, in India, in Italia, in tutte le città costiere, dove chi ha potuto se ne è andato, resteranno i morti di fame e di stenti, e saranno pure tanti.

I sopravvissuti di queste vaste aree colpite dal cambiamento climatico non saranno felici di ciò e quindi si creeranno tensioni sociali ed infine guerre. Perché queste, noi umani, siamo veramente bravi a farle!

Ma siamo otto miliardi, quindi i sopravvissuti saranno ancora più che sufficienti per distruggere ancora di più la nostra culla: la Terra.

## PREVISIONE PER UN FUTURO LONTANO

Sembra assurdo ma la previsione del lontano futuro di questo argomento è forse più facile che prevedere l'immediato.

Il cambiamento climatico in atto, nonostante i pietosi ed inefficaci pseudo-tentativi di fermarlo, proseguirà la sua evoluzione ed il pianeta lascerà sempre meno spazio vitale all'umanità. Ma poi si stabilizzerà! L'umanità sopravviverà e troverà il modo di progredire ancora, si adeguerà a questo nuovo habitat e, forse, sarà già insediata anche fuori dalla Terra.

Credo che la crescita demografica (sulla Terra) si fermerà ad un tetto naturale che forse non supererà i 10 o 12 miliardi di persone. Le colonie che verranno realizzate altrove nel sistema solare (Luna, Marte, Titano, ecc.) non potranno giocare un ruolo significativo per la crescita demografica. Non sono ambienti che attirino i coloni come nel Far West. Saranno habitat artificiali dove si vivrà male, si mangerà peggio, mancherà la logistica che siamo abituati ad avere sulla Terra e non si potrà mai andare fuori a prendere un po' d'aria fresca!

## 2. EVOLUZIONE TECNOLOGICA

Per millenni l'uomo, da questo punto di vista, è cresciuto molto lentamente.

Ci sono voluti centinaia di migliaia di anni per arrivare a controllare il fuoco e altre migliaia di anni per inventare la ruota.

Ma dalla curva in fig. 2.1. si evidenzia la non linearità di questa evoluzione.

Il salto di tecnologia, in un dato momento storico, è tanto più repentino quanto consistente era il bagaglio scientifico in cui si manifesta l'invenzione o la nuova scoperta.

Una crescita esponenziale che comunque penso che arriverà ad un asintoto.

Se è vero che la natura è quella che abbiamo davanti a noi, prima o poi arriveremo a capire tutto, a sfruttare tutto! L'universo è una enorme scatola con

so entro metà secolo, potrebbe "dire la sua" su molte cose.

Quel momento la chiamiamo "**Singolarità tecnologica**".

La **singolarità tecnologica** è un concetto affascinante e al contempo inquietante che ha catturato l'immaginazione di scienziati, filosofi e scrittori di fantascienza. Sarebbe il momento in cui l'intelligenza artificiale potrebbe superare quella umana, portando a una rivoluzione tecnologica senza precedenti. Potremmo fonderci con le macchine, creare nuove forme di vita o addirittura raggiungere l'immortalità digitale.

La AI potrebbe "creare" tecnologie ed algoritmi che l'uomo non sarà capace di comprendere e prevedere. La AI sarà in grado di migliorarsi autonomamente a una velocità esponenziale. Potrebbe creare nuove versioni di sé stessa, sempre più potenti e intelligenti, in un ciclo continuo di auto-miglioramento.

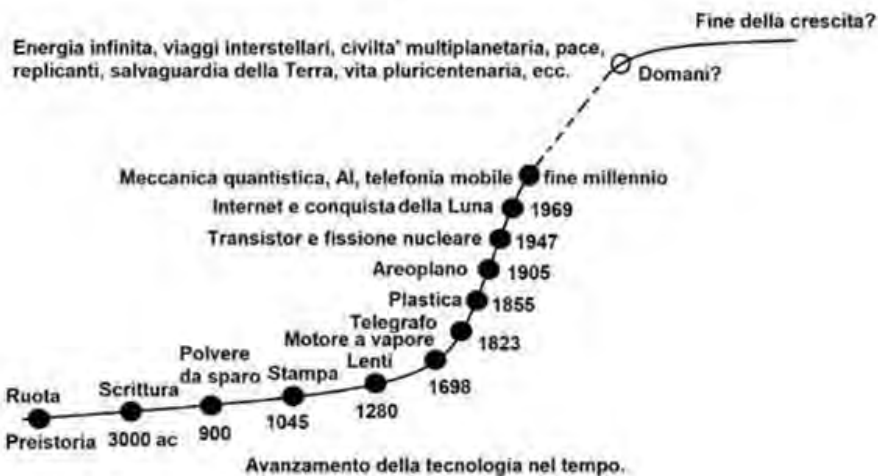


Figura 2.1 Evoluzione del "sapere"

dentro materia, energia e regole che le condizionano, ma è una scatola chiusa! È un sistema finito, quindi finita dovrà essere anche la crescita scientifica.

Per la tecnologia, che arriva sempre dopo la scienza, ci sarà forse ancora spazio di crescita.

Ora però abbiamo un "terzo incomodo". Oltre a noi e la scienza abbiamo la Intelligenza artificiale (AI), che, mentre oggi svolge un ruolo abbastanza passivo o di sudditanza dal potente homo sapiens, è probabile che in un futuro molto prossimo, a mio avvi-

### COME FUNZIONA LA AI?

La risposta implicherebbe un vero corso di AI, che non può certamente essere contenuto in un articolo che parla del futuro dell'umanità, a 360 gradi. Troppo lungo ed impegnativo. Mi limito a dire che la AI è comunque residente su un computer dove "gira" del software, ma l'approccio rispetto agli standard fino ad ora utilizzati è completamente diverso.

Un computer standard processa algoritmi studiati per eseguire certe funzioni e risolvere certi problemi specifici basandosi su una serie di dati provenienti dagli input. Il computer standard sa già cosa deve fare da subito. Può anche battere i più bravi campioni di scacchi perché ha in memoria miliardi di partite e sa come reagire ad una certa composizione di scacchiera.

Ma se è programmato come giocatore di scacchi, non sa chi è Giulio Cesare e non sa la ricetta degli spaghetti alla carbonara!

Su un computer di apprendimento di una AI genera-

tiva, gira un software molto semplice che, appena acceso per la prima volta, non sa fare nulla! Più o meno ciò che sa fare un bimbo di due anni: gatto-nare, guardare ed imparare.

**Solo che un bimbo impiega una vita intera per far crescere il suo sapere, mentre una AI, collegata a impressionanti volumi di dati (Big Data) è in gradi di imparare lo scibile di un uomo in pochi secondi.**

Questo significa che la AI, nel giro di poche ore, impara ad essere imbattibile a scacchi, ha letto tutto ciò che era in rete sulla storia di Roma ed è favoloso in cucina.

Questa è la Artificial Intelligence.



Figura 2.2 Un supercomputer di META dove gira il programma di addestramento della AI di Facebook "

**Quali potrebbero essere i benefici per l'umanità?**

La AI sta già rivoluzionando il modo in cui viviamo e lavoriamo, portando con sé un potenziale enorme per migliorare la nostra qualità di vita.

Vediamo alcune di queste implicazioni positive.

**Aumento della produttività:** l'AI può automatizzare molte attività routinarie, liberandoci tempo per concentrarci su compiti più creativi e strategici.

**Riduzione degli errori:** le macchine possono svolgere compiti ripetitivi con una precisione molto maggiore rispetto agli esseri umani, riducendo il rischio di errori.

**Personalizzazione dei servizi:** l'AI può analizzare

i nostri comportamenti e preferenze per offrirci prodotti e servizi altamente personalizzati, migliorando la nostra soddisfazione. Lo si può già constatare oggi dopo aver fatto acquisti sul web. Dai film su Netflix ai prodotti su Amazon, l'AI ci aiuta a scoprire nuovi "beni" che potrebbero piacerci.

**Miglioramento della salute attraverso la diagnosi precoce:** l'AI può analizzare grandi quantità di dati medici per identificare precocemente malattie e sviluppare trattamenti personalizzati. Dati ed evoluzioni di malattie di miliardi di pazienti anonimi messi a disposizione della AI, da cui generare risposte a cui nessun dottore, con il proprio bagaglio di esperienza, potrà mai competere.

**L'assistenza ai pazienti:** le *chatbot* (fig. 2.3.) e gli assistenti virtuali possono fornire supporto ai pazienti, rispondere alle loro domande e monitorare i loro sintomi. Oppure l'AI può sviluppare dispositivi e software che aiutano le persone con disabilità a svolgere attività quotidiane.



Figura 2.3 Un esempio di chatbot domestico

Gli studenti potrebbero usufruire di un **apprendimento personalizzato**, massimizzando il loro potenziale.

Potrebbe pertanto portare alla **risoluzione di problemi globali** come malattie, povertà e cambiamento climatico.

Potrebbe aiutarci alla creazione di una **società più giusta ed equa**. Anche aiutarci nell'**esplorazione spaziale** ed a **colonizzare nuovi mondi**. Addirittura, potrebbe **allungare la vita umana** e **superare i limiti biologici**. Alcuni scienziati pensano

che con modifiche opportune al genoma umano si potrebbe arrivare alla autoriparazione del nostro corpo, quindi alla immortalità. Non voglio approfondire questo tema, ma di certo la "**immortalità**", se non è accompagnata dalla "**totale sterilità**" o dalla "**continua espansione su altri mondi**", sarà un grossissimo problema.

L'intelligenza artificiale in tempo reale è in grado di prendere decisioni molto più velocemente di un uomo a seguito dell'analisi di una immagine dinamica, quindi applicabile alla **guida autonoma** di veicoli come automobili ed aerei.

Tesla, Google e altri hanno già messo su strada veicoli con guida autonoma (auto private e taxi). Uno degli aspetti più importanti di questo approccio è l'enorme miglioramento della sicurezza stradale. La maggior causa di incidenti, forse il 90%, è dovuta alla disattenzione che provoca tamponamenti, all'eccesso di velocità ed al non rispetto della segnaletica stradale. **Tutte cause che con la guida autonoma verranno eliminate.**

A mio avviso la AI potrebbe salvare milioni di vite umane solo con questa applicazione.

**Smart home:** creare case intelligenti che si adattano alle nostre esigenze, automatizzando funzioni come l'illuminazione, il riscaldamento, la spesa quotidiana e la sicurezza. Ciò porterebbe ad un risparmio energetico oltre che ad un miglior comfort.

Difficile trovare nella storia invenzioni tecnologiche che abbiano prodotto solo benefici.

Provate a pensarci, ma se escludiamo la crescita nel campo medico, tutto il resto, dalla stampa alla astronautica, dai telescopi all'atomo o ai mezzi di trasporto, alle comunicazioni, tutti hanno qualche aspetto negativo.

**Quali potrebbero essere i rischi di una crescita incontrollata di AI?**

- a) **Perdita di controllo:** se l'AI diventasse autonoma e avesse obiettivi in conflitto con quelli umani, potrebbe rappresentare una minaccia esistenziale.
- b) **Disuguaglianze economiche:** l'accesso alle

nuove tecnologie potrebbe essere concentrato nelle mani di pochi, aumentando il divario tra ricchi e poveri.

- c) **Impatto sull'occupazione:** l'automazione potrebbe portare alla perdita di numerosi posti di lavoro, con gravi conseguenze sociali. È già successo con le linee di produzione robotizzate, ma le perdite sono state ampiamente compensate con nuovi posti di lavoro, più evoluti, per fare e gestire le linee robotizzate. Quindi io credo che i posti di lavoro che verranno "**persi**" per colpa della AI, e saranno tanti, saranno ampiamente compensati da quelli "**inventati**" per adeguarsi a questa nuova tecnologia, come è successo con l'avvento dei computer nella comunicazione (telefonia) o nella gestione aziendale. Furono licenziati migliaia di addetti alle centraline telefoniche, alle buste paga, ma si sono creati altrettanti posti di lavoro, diversi, più tecnologici per realizzare, programmare e gestire i computer. Non meno importante il fatto che ora il *telefono* non serve solo per parlare ma anche per vedere, comprare, vendere, prenotare, accedere, indagare e leggere il giornale o guardare un telegiornale. In futuro ci saranno professionalità che oggi non riusciamo ad immaginare, come lo sono stati i *provider* per il *web* o il *web manager* per i siti internet, ma di certo spariranno tutti quei mestieri ripetitivi, anche complessi, che si basano sull'esame di dati.

- d) **Trasformazioni profonde nella società:** l'emergere di una nuova forma di intelligenza potrebbe ridefinire i concetti di identità, coscienza e umanità.

- e) **Perdita della privacy:** già oggi noi affidiamo ai social la nostra storia quotidiana e lo facciamo di nostra spontanea volontà. Io credo che, se i nostri dati "**sensibili**" come la salute, le idee politiche e religiose, la vita sessuale, le passioni ed il lavoro, in una veste assolutamente impersonale, potessero essere utilizzate da un database a disposizione di istituti di ricerca e università, non farebbero altro che migliorare notevolmente quello che la società

e le amministrazioni pubbliche potrebbero fare per i propri cittadini

Difficile prevedere quando si potranno manifestare questi rischi. Alcuni esperti ritengono che la singolarità possa avvenire nel giro di pochi decenni (lo penso anch'io), mentre altri la considerano un evento molto più lontano nel tempo, ma entro fine secolo.

## **Cosa possiamo fare adesso per evitare un disastro domani?**

È fondamentale che la società si prepari a questo possibile futuro, sviluppando linee guida etiche per lo sviluppo dell'intelligenza artificiale e garantendo che i benefici di questa tecnologia siano condivisi da tutti.

Il 2017 ha visto una controversia tra i due miliardari: **Mark Zuckerberg**, fondatore di **Facebook**, ed **Elon Musk**, di **SpaceX** e **Tesla**. Zuckerberg vedeva e vede nell'intelligenza artificiale un grande generatore di ricchezza e di prosperità, che arricchirebbe l'intera società; Musk, invece, è molto più pessimista e ritiene che l'IA rappresenti di fatto un pericolo esistenziale per l'umanità, paventando il rischio che un giorno le nostre creazioni potrebbero rivoltarsi contro di noi. Ma sappiamo che entrambi stanno investendo centinaia di miliardi di dollari per **"allenare"** la propria AI generativa.

Visto che dovremmo dipendere pesantemente dai robot per mantenere le nostre basi lunari e le nostre città su Marte, ma anche per assisterci qui sulla Terra, cosa accadrebbe se un giorno questi automi decidessero di non avere più bisogno di noi?

Nel 1863 lo scrittore **Samuel Butler** ammoniva: **«Stiamo creando i nostri stessi successori. L'uomo diventerà per la macchina ciò che il cavallo e il cane sono per l'uomo»**.

**Nick Bostrom**, docente a Oxford, ha dichiarato: **«Di fronte alla prospettiva di un'esplosione dell'intelligenza, noi umani siamo come dei bambini piccoli che giocano con una bomba. Non abbiamo idea di quando si verificherà la detonazione, anche se tenendo l'ordigno vicino all'orecchio possiamo sentire un debole tic-**

**chettio»**.

La AI non può essere fermata, andrà avanti, forse anche senza di noi!

Come dice il nostro esperto **Davide Borghi**, nonché nostro presidente: **la AI non ha il pulsante di OFF**.

## **AUTOCSCIENZA**

C'è una teoria secondo cui gli animali, le piante e persino le macchine possono essere coscienti. Secondo questa idea, suggerita anche da **Noah Harari**, *"la coscienza, consiste nel processo di creazione di un modello di sé stessi usando molteplici anelli di feedback (per esempio nello spazio, nella società o nel tempo), al fine di raggiungere un obiettivo"*.

**Questa "visione" della coscienza, a mio modesto avviso, lascia perplessi, perché elude una miriade di aspetti della vita intelligente organica che difficilmente si potranno riprodurre con una AI. Le sensazioni, gli stati d'animo, amore, odio, arte, curiosità in senso lato, sono aspetti che una IA potrà solo emulare ma non "vivere" con partecipazione.** Questa mia opinione è condivisa anche da **Federico Faggin**, inventore del primo microprocessore (il mitico 4040 Intel del 1974) e imprenditore italiano naturalizzato statunitense, che ora si dedica alla AI.

Tuttavia, il concetto di robot autocoscienti solleva complesse questioni di carattere esistenziale e getta nel

panico alcune persone, che temono che macchine di questo genere possano ribellarsi ai loro creatori umani.

## **AUTO REPLICAZIONE**

L'auto replicazione delle macchine rappresenta una frontiera affascinante della ricerca scientifica, con potenziali applicazioni in numerosi settori, dall'esplorazione spaziale alla produzione industriale.

Sarà fondamentale affrontare le sfide e le implicazioni etiche legate a questa tecnologia, sviluppando un quadro normativo adeguato.

Negli anni '40, il matematico **John von Neumann** pose le prime basi teoriche per le macchine autore-

plicanti, delineando i principi logici alla base di qualsiasi processo di auto-riproduzione.

Questa tecnologia trova un parallelo affascinante nella biologia, dove gli organismi viventi si riproducono creando copie di sé stessi. I ricercatori stanno cercando di emulare questi processi naturali per sviluppare macchine in grado di assemblare copie di sé stesse.



Figura 2.4 Immagine artistica di auto replicazione

Ad oggi, un approccio promettente è la creazione di **robot modulari**, composti da componenti intercambiabili. Questi robot potrebbero essere in grado di **auto-ripararsi** e persino di **auto-replicarsi**, assemblando nuovi robot a partire da componenti disponibili nell'ambiente (Fig. 2.4.).

A livello microscopico, la nanotecnologia offre la possibilità di creare macchine minuscole in grado di manipolare la materia a livello atomico. Si ipotizza che queste macchine possano essere programmate per auto-replicarsi, aprendo scenari futuri di produzione su scala nanometrica.

Un campo quindi dove l'intelligenza artificiale svolge un ruolo cruciale, fornendo ai robot la capacità di pianificare, apprendere e adattarsi all'ambiente.

Vi sono comunque sfide ed implicazioni che sono ben lungi dall'essere superate.

La sfida più importante è di ordine logistico: le macchine autoreplicanti necessitano di un **costante apporto di materiali ed energia** per potersi riprodurre.

Per quanto riguarda le implicazioni tutto ruota attorno alla possibilità di sviluppare sistemi di controllo efficaci per **prevenire possibili scenari catastrofici**.

## PREVISIONE PER IL FUTURO PROSSIMO

Io credo che la AI ci aiuterà in tutto, nel bene e nel male. Migliorerà la nostra vita sotto molteplici aspetti, come abbiamo già detto, ma renderà la società molto più competitiva ed aggressiva. Aumenterà il dislivello tra un paese ed un altro perché la sua crescita è talmente rapida che basteranno un paio di anni di arretratezza di un paese rispetto ad un altro per metterlo fuori mercato. Cambieranno le guerre, che continueranno a funestare il mondo e forse, pur restando guerre e portatrici di dolore e morte, saranno molto meno invasive sul territorio. In un ipotetico e poco auspicabile conflitto con la AI che controllerà la situazione, ci sarà sempre meno la necessità di "bombardare" gangli strategici della potenzialità del nemico perché la AI potrà paralizzare un intero paese inserendosi nelle reti di controllo.

Credo di poter affermare che la AI di per sé è innocua, ma se farà del male (e lo farà) sarà perché nel processo di apprendimento le abbiamo insegnato noi umani, volontariamente o inconsciamente a farlo.

## PREVISIONE PER UN FUTURO LONTANO

Se andiamo molto lontano nel tempo io credo che la AI sarà protagonista dell'espansione del genere umano al punto che l'uomo non riuscirà più a seguire ciò che AI sta facendo autonomamente nelle varie colonie. Neanche lei avrà più bisogno di noi. Avrà creato, e riuscirà a mantenere con i robot, le fonti di energia che la alimentano, i mezzi di trasporto e le risorse che le servono per moltiplicarsi.

Infine, la nostra civiltà biologica, con l'aiuto della AI, si trasformerà in "ibrida" o "bionica", dove le funzioni e gli organi del nostro corpo saranno sostituiti da organi artificiali più resistenti e duraturi.

A quel punto, il processo di estinzione della razza umana sarà cominciato. La AI non si accorgerà nemmeno quando anche l'ultimo essere vivente, più macchina che biologico, scomparirà.

**Sarà per noi la fine del mondo, ma non per AI!**

### 3. VIAGGI SPAZIALI

*"Sul lungo periodo, la nostra unica chance di sopravvivenza consiste nel non rimanere nascosti sul pianeta Terra ma andare nello spazio. Ma io sono un ottimista. Se riusciremo a evitare il disastro nei prossimi due secoli, la nostra specie dovrebbe essere al sicuro, in quanto ci diffonderemo nello spazio. Una volta stabilite delle colonie indipendenti, il nostro intero futuro non dovrebbe più essere a rischio".* **Stephen Hawking.**

E ha ragione! Ce ne dobbiamo andare!

Non domani, ma la situazione sulla Terra è in continuo peggioramento, quindi occorre attrezzarsi. Colonizzare un altro pianeta o satellite del sistema solare richiederà decine di anni, ma andare oltre necessita di tempi biblici quindi conviene muoversi ora.

Il primo passo sarà la colonizzazione del nostro cortile, il sistema solare, dove sappiamo già che non esiste nessun luogo che permetta la sopravvivenza senza adeguate protezioni e senza ambienti artificiali adeguati che garantiscano sicurezza e sopravvivenza. Luna, Marte, Titano, Encelado, Europa, sono mete raggiungibili con la tecnologia odierna, ma non possono sicuramente costituire una via di fuga per l'umanità.

Supponiamo quindi che si riesca ad individuare un pianeta extrasolare che abbia le condizioni superficiali adatte alla vita così come la conosciamo noi: quindi acqua liquida in superficie, una atmosfera, un ciclo stagionale ed una sequenza giorno notte abbastanza simili a quella terrestre. Non è impossibile, perché già oggi conosciamo una trentina di pianeti del genere. Si trovano tutti a distanze che vanno da 10 a 1.000 anni luce dalla Terra.

Un viaggio del genere, pensato come esodo, è fuori portata con la tecnologia odierna. Ma non impossibile teoricamente! Le leggi della fisica (e non della

fantascienza) ci impongono velocità massime ben al di sotto della velocità della luce. Trascurando i dettagli, che pur sono importanti, e considerando di arrivare a circa il 10% della velocità della luce, un pianeta a venti anni luce richiederebbe un viaggio di 200 anni. Ecco che appare evidente l'impossibilità di una persona normale di affrontare l'intero viaggio.

Ci sono tre modi, tecnicamente approcciabili oggi, per risolvere il problema:

**1) La crionica**, cioè il congelamento o comunque un forte rallentamento del metabolismo che permetta ai coloni in viaggio di restare in quello stato per secoli e poi risvegliarsi automaticamente all'arrivo. Oggi sono in corso esperimenti su animali ma non ci sono prospettive concrete che ciò sia possibile su un essere umano senza rischi.

**2) L'invio di embrioni** congelati che potranno poi svilupparsi solo all'arrivo con l'assistenza di una AI.

Una tecnologia già disponibile oggi, ma resta un'ipotesi sconcertante, pensando a quei bambini che cresceranno su un pianeta alieno, senza aver mai visto i loro genitori e nemmeno il pianeta di origine. Solo una macchina senziente che li alleva e li fa crescere e che chiameranno "mamma"!

**3) Una nave generazionale (o arca spaziale).** Una impresa colossale, che nessun governo potrà mai fare, se non in condizioni di estrema gravità. Una impresa che costerà migliaia di miliardi di dollari e che non produrrà nessun ritorno economico. Dopo qualche anno dalla partenza di quella nave e di quei coloni (almeno duemila), non se ne saprà più nulla e non torneranno mai più, né loro né i loro discendenti. Per la sopravvivenza ed il successo di una missione come questa si devono configurare e caricare sulla nave quattro tipi di risorse:

- **quelle strategiche**, per garantire il viaggio dell'astronave, quindi combustibile, pezzi di ricambio, officine di riparazione;
- **quelle per garantire la sopravvivenza** delle migliaia di coloni a bordo che avranno bisogno di cibo, acqua, aria, medicine, assistenza medica, istruzione, polizia;
- **quelle necessarie allo sbarco sul nuovo pia-**

**neta** di tutta la colonia con relativo equipaggiamento e mezzi di discesa sul pianeta;

- **quelle per garantire la loro autosufficienza sul nuovo mondo**, quindi attrezzature per poter costruire sistemi di produzione, agricoltura, infrastrutture, città.

Appare evidente che si tratta di un'impresa particolare, che ha bisogno di un supporto economico straordinario e politico eccezionale (fig. 3.1.).

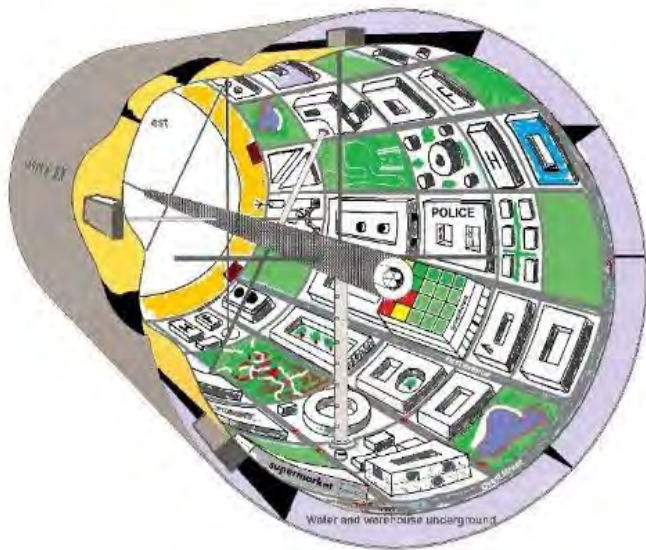


Figura 3.1 Interno di una nave generazionale (dal libro "Senza ritorno" di Luigi Borghi)

I temi fondamentali da affrontare sarebbero:

- **Le condizioni politico-economiche** mondiali che fanno maturare la decisione.
- **La preparazione degli astronauti.** Fondamentale! Perché sarà per loro un viaggio senza ritorno sapendo anche che moriranno sull'astronave, senza sapere se potranno avere figli e nipoti che possano poi arrivare a destinazione. Una formazione che si potrà ottenere solo con anni di training, sulla Terra, in ambiente isolato dal resto del mondo. Un ciclo di training essenziale per abilitare solo quei potenziali coloni che effettivamente siano in grado di sopportare una situazione simile. Fallire in questa selezione significa mandare in viaggio un potenziale problema. Oltre all'aspetto della preparazione psicologica dei coloni si dovrà tenere conto anche delle necessità tecniche, almeno della prima parte del viaggio;

quindi, serviranno esperti in tutti i settori della scienza, della tecnologia, della medicina ed anche dell'intrattenimento.

- **La costruzione dell'astronave.** Una nave del genere non può essere costruita sulla Terra. Troppo pesante. Poi richiederebbe troppe risorse che molto probabilmente arriverebbero dallo spazio, da steroidi ricchi di minerali ferrosi. Quindi verrà costruita in orbita, in prossimità dell'asteroide della cintura principale che fornirà la materia prima, e richiederà decine di anni di duro lavoro e di missioni di tecnici tra Terra e cantiere di costruzione.
- **Il finanziamento faraonico da affrontare senza un ritorno economico** che sarà ostacolato dall'aspetto etico della scelta di chi deve partire. Se la missione, come ovvio, ha l'obiettivo di generare una nuova civiltà su un'altra stella, è evidente che non ci sarà posto per otto miliardi di persone. In questa situazione va anche detto che non è certo che la missione abbia successo e in tal caso significherebbe la morte non solo di quelli che partono, che è scontata, ma anche dei loro discendenti. Quindi l'iniziativa potrà essere vista sia come premio (fuggire dalla Terra che sta diventando inabitabile) che, per assurdo, come condanna, (una buona probabilità che fallisca).
- **L'opinione pubblica**, che sicuramente si chiederà per quale motivo debba essere speso denaro pubblico per premiare pochi eletti e lasciare tutto il resto qui, a rischio estinzione. Quindi è probabile che un'impresa del genere possa essere finanziata solo da un grande magnate disposto a spendere tutti suoi averi, qui sulla Terra, per intraprendere questa avventura insieme ad alcune migliaia di persone di sua fiducia. La sua stirpe regnerebbe in questo nuovo mondo perché diventerebbe di sua esclusiva proprietà. Sarebbe però soggetto, prima della partenza, a grossi ostacoli e ostruzionismo, forse anche terrorismo da parte di tutti gli esclusi, cioè coloro che mai affronterebbero un viaggio simile per paura.

Aggiungiamo, a questo punto, altre ipotesi più

"fantascientifiche".

**4) Motori a curvatura.** E se viaggiassimo più veloci della luce? Molto più veloce! Anziché impiegare secoli potremmo impiegare solo giorni. Sarebbe un viaggio quasi normale, affrontabile.

### Si può? No!

Ma la fantascienza ci è riuscita benissimo con i motori a curvatura. Questi ipotetici motori manipolano il tessuto dello spazio-tempo, comprimendo lo spazio che si trova davanti e dilatando quello che si trova dietro a una cosiddetta "bolla di curvatura". In "Star Trek", la famosa saga di fantascienza, questa tecnologia consente di viaggiare molte volte più veloci della luce.

Nel 1994, il fisico messicano **Miguel Alcubierre** pubblicò un articolo innovativo in cui spiegava come potrebbe funzionare un motore a curvatura nella vita reale. Un motore che però, richiedeva l'introduzione di una sostanza esotica chiamata energia negativa o, forse, lo sfruttamento dell'energia oscura, la forza misteriosa che sembra causare l'espansione accelerata dell'universo. Alcubierre pubblicò la sua idea su *Classical and Quantum Gravity*. Ora, un nuovo articolo pubblicato sulla stessa rivista, suggerisce che, dopotutto, un motore a curvatura potrebbe non richiedere energia negativa esotica. **Jared Fuchs**, dell'Università dell'Alabama ritiene che questo studio dimostri un modello unico nel suo genere, confermando che i motori a curvatura potrebbero non essere solo fantascienza. Credo però che si trascuri il fatto che l'energia necessaria per generare queste deformazioni spazio-temporali, sia paragonabile a quella usata dal mondo intero per alcuni anni, e che non si abbia la più pallida idea di come "guidare" questo mostro in uno spazio che non possiamo vedere o sondare in anticipo, perchè andiamo più forte della luce stessa. Quindi direi che possiamo fermarci qui.

**5) L'ascensore spaziale.** È una di quelle idee che torna periodicamente a far parlare di sé, nel mondo scientifico e non. Ipotizzato per la prima volta nel 1895 da **Konstantin Tsiolkovsky** - suggestionato dalle opere di **Jules Verne** - l'ascensore spaziale è esattamente quello che il nome suggerisce: un si-

stema di cavi, con un capo ancorato a Terra e l'altro ad un asteroide posto oltre l'orbita geostazionaria, in modo da mantenere in tensione il "cavo" lungo il quale si muovono cabine e carichi. (vedi fig.3.2.)

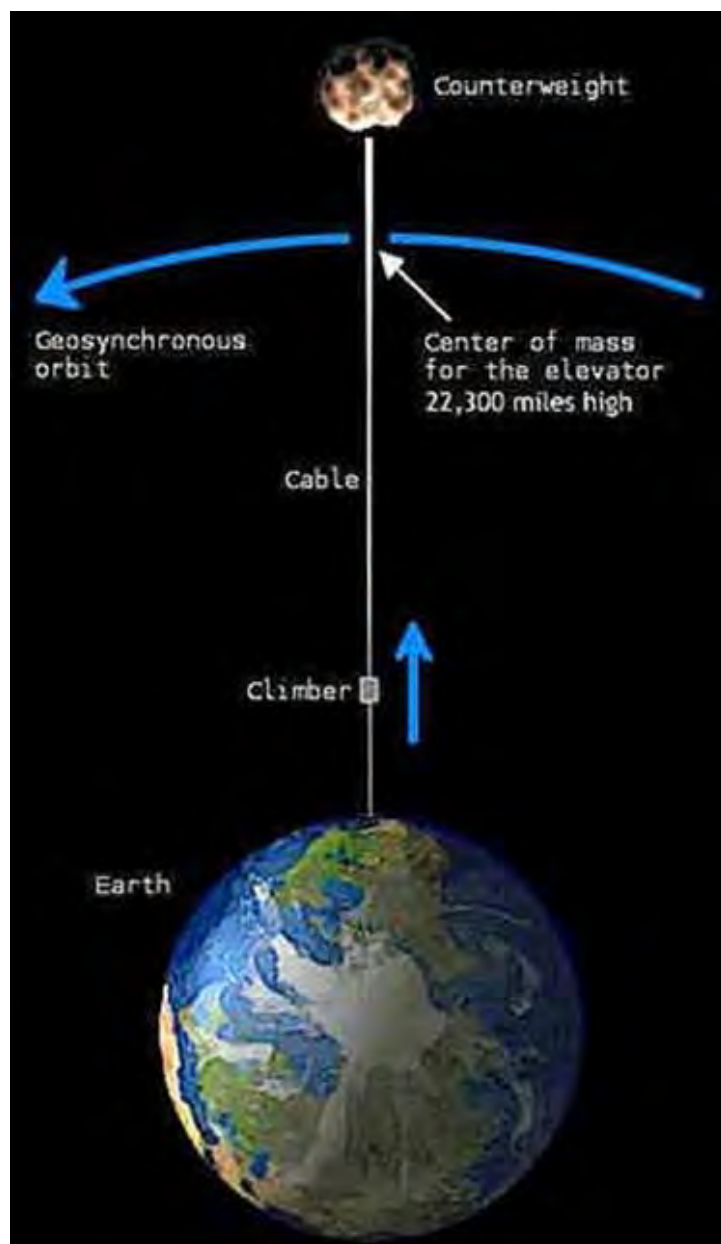


Figura 3.2 Architettura di un ascensore spaziale

Un ascensore che collegherebbe la Terra allo spazio potrebbe avere un grandissimo effetto positivo sui viaggi spaziali:

Rispetto ai razzi, l'ascensore spaziale offrirebbe un modo molto più economico ed efficiente per trasportare carichi nello spazio, riducendo drasticamente i costi delle missioni spaziali e permettendo di inviare nello spazio satelliti, telescopi, materiali per la costruzione di basi spaziali e, in futuro, anche

persone.

L'ascensore spaziale non produce gas di scarico come un razzo, quindi, è ecologico e potrebbe contribuire allo sviluppo di un'economia spaziale sostenibile, favorendo l'estrazione di risorse nello spazio e la riduzione dell'impatto ambientale sulla Terra.

Ma i problemi tecnici per la realizzazione di un sistema di questo tipo, primo tra tutti la robustezza e il peso dei cavi, lunghi oltre 36.000 km, lo relegano per ora alla fantascienza.

Qual è lo **stato attuale della ricerca**? Il cavo deve essere estremamente resistente e leggero allo stesso tempo, in grado di sopportare le enormi forze di tensione e le variazioni termiche presenti nello spazio. Attualmente il materiale adatto potrebbero essere i nanotubi di carbonio ma la loro produzione è limitata a piccolissime dimensioni con costi esorbitanti. Ben lontano dagli oltre 36.000 km necessari.

Poi c'è il problema della costruzione, dello spostamento di un asteroide nella giusta posizione e l'installazione del cavo. Per non parlare dalla forte sensibilità ad atti di terrorismo, sia a Terra dove si trova un capo del cavo, sia lungo tutta la sua lunghezza. Diverse aziende e agenzie spaziali stanno conducendo ricerche e sperimentazioni su materiali e tecnologie che potrebbero rendere possibile la realizzazione dell'ascensore spaziale. Tuttavia, siamo ancora lontani da una dimostrazione concreta e da un progetto definitivo.

A questo punto vediamo quali sono le **implicazioni etiche della colonizzazione dello spazio**.

Oltre alla sfida tecnologica non indifferente e non scontata, la colonizzazione massiccia di un nuovo mondo porterà anche una serie di problemi etici e sociali ed una serie di interrogativi mai affrontati fino ad ora.

- ✓ **Diritti dei colonizzatori:** chi avrà il diritto di stabilirsi su un nuovo pianeta? Come verranno gestite le risorse e il territorio?
- ✓ **Protezione ambientale:** come proteggere gli ecosistemi extraterrestri dalla contaminazione terrestre?
- ✓ **Bioetica:** quali saranno le conseguenze

dell'ingegneria genetica e delle modificazioni del corpo umano per adattarsi a nuovi ambienti?

- ✓ **Governance:** come verranno governate le colonie spaziali? Quali saranno i sistemi legali e sociali?

Appare evidente che ci sarà da lavorare parecchio anche dal punto di vista sociale ed è certo che ogni pianeta avrà le sue peculiarità e di conseguenza le sue leggi, probabilmente diverse, specializzate ed adattate ad ogni singola colonia.



Figura 3.3 Immagine artistica di una base marziana

## INGEGNERIA PLANETARIA

Una tecnologia che sicuramente aiuterà, in certe situazioni, la vita su un pianeta alieno, sarà l'ingegneria planetaria. La scienza e la tecnica che permetteranno di attivare processi tali da modificare, nel tempo, l'ambiente e renderlo più adatto alla vita umana.

Questa tecnologia la conosciamo anche come **Terraformazione** (Fig.3.4), e se ne è parlato anche per applicarla a Marte. Un sistema di produzione intensiva di effetto serra (noi umani siamo degli specialisti in merito) in modo tale che nel giro di secoli, la temperatura della superficie e la densità dell'atmosfera possano aumentare al punto di consentire la permanenza di acqua allo stato liquido, libera in superficie.

Cioè, mari, laghi, fiumi, nuvole e pioggia.

Nonostante i disastri che abbiamo prodotto qui sulla Terra con il "nostro" malaugurato (ma prevedibile) effetto serra, siamo ben lontani da poter realizzare qualche cosa del genere, anche su Marte, figuriamoci su pianeti extrasolari.

Ciò che rende quasi impossibile, sia tecnicamente che economicamente, un processo del genere su Marte è legato alla scarsa forza di gravità rispetto alla Terra (circa un terzo) che impedisce ad una atmosfera massiccia di restare "incollata" alla superficie. Pertanto, ci sarebbe bisogno di una costosa "manutenzione" tesa a riprodurre gas atmosferico in continuazione per garantire l'effetto serra.



Figura 3.4 Le fasi di una ipotetica terraformazione di Marte

### PREVISIONE PER IL FUTURO PROSSIMO

La Luna e Marte diventeranno mete di routine molto presto. Entro metà secolo vi saranno prima basi operative per ricercatori e poi entro fine secolo vere e proprie colonie. Tutto questo sarà realizzato attraverso viaggi spaziali che utilizzeranno tecnologie già note oggi e perfezionate nel tempo. Quindi: razzi chimici di grande spinta per portare carichi in orbita bassa e poi razzi nucleari elettrici o termici assemblati in orbita, per spostarsi velocemente nel siste-

ma solare. Non credo che vedremo a breve né l'ascensore spaziale né altre tecnologie oggi non operative o in fase di test.

Vediamo però già oggi vele solari in orbita bassa che servono ad affinare questa tecnologia. Il 29 agosto 2024 si è dispiegata correttamente la **vela solare di 80 metri quadrati a bordo dell'Advanced Composite Solar Sail System (ACS3** - figura 3.5.) sviluppata dalla NASA



Figura 3.5 L'Advanced Composite Solar Sail System prima della sua installazione sul satellite

Una tecnologia che è assolutamente l'unica che garantisce spinta senza dover espellere un propellente.

Il santo Graal dell'astronautica! Purtroppo, non si andrebbe molto lontano e sarebbe meglio stare leggeri!

Le spinte generate dal vento solare sono tali da creare una pressione di una decina di Newton su un paio di km<sup>2</sup> di vela. Questo solo però se restiamo ad una distanza dal Sole paragonabile a quella della Terra, perché se ci allontaniamo questa spintarella per chilometro quadrato diminuirà drasticamente, fino quasi ad annullarsi oltre l'orbita di Marte.

### PREVISIONE PER UN FUTURO LONTANO

La conoscenza della fisica ha ancora diversi traguardi da raggiungere. La meccanica quantistica ci ha detto che siamo ancora indietro. La forza di gravità, la materia oscura, l'energia oscura sono ancora avvolti nel mistero. Non è pertanto improbabile che la

fisica sia oggetto tra breve ad un ulteriore "scossone" tale per cui vengano postulate nuove leggi o ricalibrate quelle attuali, come è successo alla gravità di Newton con l'avvento della relatività di Einstein. In tal caso seguirebbero nuove tecnologie che potrebbero influenzare parecchio, sia la produzione di energia con generatori a fusione controllata di piccole dimensioni, installabili su astronavi, sia i sistemi di propulsione che sono vincolati dal fatto che, per ottenere una spinta in avanti, devono espellere una massa dalla parte opposta. Una mas-



Figura 3.5 L'Advanced Composite Solar Sail System prima della sua installazione sul satellite

sa che il povero razzo si deve portare dietro fino dalla partenza.

## 1. ENERGIA

Per far progredire ed espandere in generale l'economia di un popolo c'è bisogno di risorse, quindi di nuove materie prime e di tanta energia. In realtà noi umani, abbiamo una terza risorsa che è il "sapere".

Un orso, che mangia salmoni, non può far crescere la sua economia perché non è in grado di produrre più salmoni. L'uomo invece quando avrà finito le risorse sulla Terra e non avrà più energia, può usare il "sapere" per creare nuove risorse e nuove energie.

Bisogna però saperlo usare bene, questo "sapere"

Se lo usiamo per cercare nuovi pozzi di petrolio, e

sicuramente li troviamo, risolveremmo il problema per noi oggi, ma non di certo per i nostri nipoti, perché il petrolio finirebbe. Se invece lo usiamo per trovare forme più efficienti di sfruttamento dell'energia solare, il problema lo risolveremmo per sempre, fino a che esisterà il Sole.

Abbiamo già parlato nel capitolo 1 di "cambiamento climatico", quindi sappiamo che la causa principale di questo disastro è proprio l'uso sfrenato, e direi incosciente, dei combustibili fossili come fonte energetica per un fabbisogno in continua crescita.

Ma qui parliamo del futuro, quindi possiamo prevedere con tranquillità, che le aziende che oggi estraggono carbone, gas e petrolio, poi lo raffinano e lo distribuiscono sulle strade, nei porti e negli aeroporti come fonte di energia, **dovranno di certo cambiare mestiere!**

### E quali saranno le fonti energetiche del futuro?

Saranno sempre più orientate verso le energie rinnovabili e sostenibili. Tra queste figurano sicuramente l'energia solare diretta attraverso pannelli fotovoltaici ed a concentrazione. Dal punto di vista dei costi di sviluppo, manutenzione e generazioni, il Sole offre la soluzione migliore.

L'energia solare può soddisfare da sola il fabbisogno energetico dell'intera umanità. Vi sono già paesi che hanno sfruttato al massimo questa fonte accumulando su batterie di giorno l'energia che serve di notte o quando fa brutto tempo.

La California ne è un esempio eclatante (Fig.4.1.).



Figura 4.1 Grafico del mix giornaliero di energia elettrica in California

Al solare va affiancato l'eolico. Le grosse pale eoli-

che offshore hanno un comportamento intermittente, come il fotovoltaico, ma la loro intermittenza **potrebbe essere complementare con il solare**. In ogni caso serviranno in futuro **reti elettriche intelligenti**, trainate da AI specializzate, che possano caricare gli accumulatori quando le fonti sono esuberanti, per poter poi usufruire dell'energia accumulata in mancanza di fonti attive.

Le possibilità di accumulo oggi disponibili sono diverse a seconda dell'impiego.

Per gli accumuli a lungo termine, settimane e mesi, ci sono le batterie agli ioni di litio (*Li-ion*), le stesse che vengono utilizzate sulle auto elettriche. Se mettiamo insieme tutte le batterie di tutte le BEV di un paese come la Germania, otteniamo una capacità di accumulo spaventosa. Questa constatazione ha stimolato la realizzazione di una tecnologia chiamata **V2G (Vehicle-to-Grid)**. Essa permette alle auto elettriche, quando non sono in uso, di restituire energia alla rete elettrica. L'implementazione su larga scala è prevista entro il 2030. L'utente stabilisce un minimo di carica necessaria (in %) e poi quando non usa il veicolo lo mantiene sempre collegato ad una presa "V2G". La AI della rete farà il resto. Se la potenza dell'energia verde a disposizione delle fonti, in un dato momento, eccede la domanda, la batteria verrà caricata ad un prezzo "x" per kWh. Se invece il sistema richiede energia, allora la V2G provvederà a prelevare energia dal veicolo pagandolo "Y" (maggiore di x) fino al livello minimo stabilito dall'utente (%). In questo modo l'accumulo sarà sempre molto elevato ed ogni utente, **oltre che contribuire, può anche guadagnare sullo scambio e trovarsi sempre l'auto con la percentuale di energia stabilita in pancia**.

Altri sistemi di accumulo sono le Batterie al sodio-zolfo, a flusso di zinco-bromo e ad accumulo di calore. Sono adatte per risolvere il problema transitorio del solare e dell'eolico; quindi, con capacità di accumulo temporale limitato che va dalle 24 ore a pochi giorni, ma più che sufficiente per l'uso come tampone.

Un altro modo per immagazzinare l'energia a lungo termine, oltre al caricare delle batterie agli ioni di Litio, è quello di **generare l'Idrogeno verde**

(prodotto da fonti rinnovabili durante il surplus) e usarlo per mezzi pesanti ed industria pesante (cemento e acciaio, e tutte quei settori industriali "*hard to abate*").

Un'altra fonte perenne di energia è sicuramente quella marina. Le onde del mare, le maree e le correnti ci saranno sempre, notte e giorno, estate e inverno, e sono fonti immani di energia. Il problema è sicuramente legato ai costi di manutenzione. Tutte le attrezzature che lavorano a contatto con il mare subiscono deterioramenti precoci che bisogna contenere. Resta comunque una fonte aperta a notevoli sviluppi.

Altre fonti "pulite" sono la idroelettrica e la geotermica, che però sono fortemente legate al territorio e non si possono espandere a piacere perché possono avere effetti negativi sull'ambiente.

La "**bioenergia**" a mio avviso non sarà certamente la soluzione del futuro perché resta una fonte non pulita e occupa il territorio in modo massiccio.

Non mi sono scordato l'idrogeno! Non l'ho citato perché l'idrogeno verde non è una fonte, ma un vettore, come lo è l'energia elettrica. Un vettore che deve essere generato con energia verde, quindi di nuovo Sole, vento, mare, idroelettrico o nucleare. L'idrogeno non verde e non bianco, è prodotto a partire da fonti fossili, quindi non sono la soluzione. Mentre l'idrogeno chiamato "bianco" è il più "pulito" di tutti, perché in effetti non è necessario generarlo, dato che lo si trova nel sottosuolo. Viste però la quantità dei giacimenti, che sono insignificanti nel fabbisogno globale, resta comunque un fatto sporadico e non determinante.

## SPACE-BASED SOLAR POWER (SBSP)

Esistono progetti avveniristici ma fattibili anche con la tecnologia di oggi e che non vengono ancora sviluppati, solo perché costano troppo, quindi conviene usare le alternative. **Parlo del solare spaziale.**

Il progetto prevede degli enormi pannelli solari in orbita geostazionaria che convertono l'energia elettrica raccolta in microonde, che poi la trasmettono a Terra in determinati luoghi provvisti di campi con speciali antenne chiamate "**rectenna**" (Fig. 4.3.) Un sistema che ha un rendimento che si avvicina al

90% (come rapporto tra energia elettrica che arriva sulla Terra su energia elettrica convertita dai pannelli solari) che promette di rivoluzionare il modo in cui produciamo e consumiamo energia. Sebbene sia ancora in fase di sviluppo, negli ultimi anni sono stati fatti notevoli progressi e sicuramente sarà una fonte rinnovabile per il futuro. Diverse agenzie spaziali e aziende private stanno conducendo esperimenti e test su piccola scala per dimostrare la fattibilità di questa tecnologia.

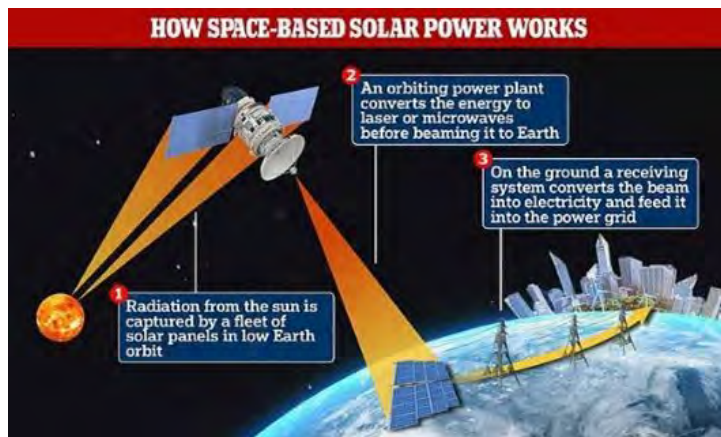


Figura 4.2 Space-based solar power  
(Fonte: [www.electronicweekly.com](http://www.electronicweekly.com))

Il California Institute of Technology (**Caltech**) ha lanciato un piccolo satellite dimostrativo per testare la trasmissione di energia a microonde nello spazio.

Paesi come il Giappone e la Cina hanno annunciato piani per lanciare satelliti con pannelli solari più grandi e complessi entro il prossimo decennio.

Ma ci sono ancora delle sfide tecniche da superare, perché è necessario migliorare l'efficienza della trasmissione di energia a microonde, per ridurre le perdite durante il viaggio dallo spazio alla Terra.

Non solo: la costruzione e il lancio di grandi strutture nello spazio (parliamo di km<sup>2</sup>), richiedono tecnologie avanzate e costi elevati.

Infine, le "rectenna" (da rettificatore e antenna) che sono dei reticoli con un passo pari ad un quarto d'onda, con un diodo rettificatore ad ogni maglia, trasformano direttamente l'energia proveniente dallo spazio in corrente elettrica continua.

Ma vi è ancora ampio margine di miglioramento! La prima cosa che viene in mente è l'impatto ambien-

tale. Cosa succede se una persona, un veicolo o un aereo attraversano questo "fascio" di microonde che può essere ampio anche centinaia di metri quadrati? Per ora la densità di campo non supera quella di un cellulare attaccato ad un orecchio, ma è chiaro che non potranno essere luoghi abitabili.

I vantaggi sarebbero enormi.

- **Energia pulita e illimitata:** I pannelli solari in orbita potrebbero fornire una fonte di energia pulita e praticamente illimitata, indipendentemente dalle condizioni meteorologiche o dalle ore del giorno. L'orbita geostazionaria, infatti, con l'asse della Terra inclinato, garantisce esposizione al Sole 24 ore su 24 e 365 giorni all'anno, tranne che qualche giorno durante l'equinizio di primavera e d'autunno in cui la luce del Sole verrà a mancare per qualche ora.
- **Copertura globale:** l'energia potrebbe essere trasmessa in qualsiasi punto del pianeta, garantendo un accesso più equo.

## E IL NUCLEARE?

Il futuro dell'energia nucleare nel prossimo secolo sarà probabilmente caratterizzato da innovazioni tecnologiche ed avrà un ruolo significativo nella transizione verso fonti energetiche a basse emissioni di carbonio. **Resta comunque una fonte che si trova ad un bivio.**

Andrà perfezionata la fissione o sarà finalmente il momento della fusione? Io credo che la fusione stia facendo progressi significativi, anche se vedo ancora molti grossi problemi tecnici. Ma sono tutti di carattere ingegneristico, quindi risolvibili con adeguate tecnologie e adeguati materiali. I vantaggi della fusione nucleare per uso civile rispetto alla fissione sono innumerevoli e gli svantaggi, per ora, sono solo economici.

Vediamo alcuni aspetti importanti delle nuove frontiere della fissione.

- ⇒ **Reattori di quarta generazione:** questi reattori saranno più sicuri e più efficienti rispetto ai reattori attuali. Utilizzeranno combustibili avanzati (come l'uranio esausto delle centrali di terza generazione) e avranno siste-

mi di sicurezza passivi (significa che anche nel caso, come a Fukushima, in cui venga a mancare l'energia per le pompe di raffreddamento, il sistema si raffredda ugualmente in modo passivo).

- ⇒ **Small Modular Reactors (SMR):** questi piccoli reattori modulari sono progettati per essere più economici e flessibili rispetto ai grandi reattori tradizionali. Possono essere utilizzati in aree remote o integrate con altre fonti di energia rinnovabile. Hanno però alcuni vincoli ed anche qualche problema. Saranno più economici solo nel momento in cui sarà avviata una produzione sostenuta. Ad oggi, 2024, non esiste un catalogo e non sono in vendita prodotti standard. La produzione di scorie radioattive, per MWh reso, è decisamente superiore, di parecchie volte, a quella delle centrali di terza e quarta generazione.
- ⇒ Quindi **la gestione delle scorie nucleari** resta il problema fondamentale. Bisogna che ogni paese o gruppo di paesi trovino i siti di stoccaggio sicuri, condivisi dagli abitanti, sostenibili e accettabili dal punto di vista ambientale. Credo che questa sia la sfida più grande per il nucleare a fissione. Non solo per la fissione ma anche, in misura molto minore, per la fusione.
- ⇒ **Il combustibile: l'uranio.** È una fonte ad esaurimento che per ora è in mano a pochi paesi; quindi, la fissione creerà dipendenza come con il petrolio.
- ⇒ **Terrorismo.** Durante tutto il processo di utilizzo dell'uranio, dalla fonte alle "ceneri", cioè il materiale risultante dalla fissione (le scorie), se finiscono nelle mani sbagliate, sono potenzialmente delle armi che vengono chiamate "**bombe sporche**". Un mix di tritolo con materiale radioattivo.

Quindi in un futuro lontano non posso che pensare ad un forte sviluppo della fusione nucleare. L'unico modo per garantire abbondante energia ovunque nello spazio, su Marte, sui satelliti di Giove e Saturno e sugli asteroidi!

## PREVISIONE PER IL FUTURO PROSSIMO

Non ho dubbi sul fatto che il fotovoltaico arriverà ad essere la fonte principale di produzione di energia elettrica. Non è una ragione legata solo al fatto che è la più green tra le fonti di energia rinnovabile, ma perché è quella più semplice! Si installa l'impianto e poi lui va avanti da solo: zero manutenzione e zero guasti! Non esplode, non genera scorie o radiazioni, non fa rumore. I costi dell'impianto dilazionati sull'intera vita operativa sono irrisori. Non esiste nessuna altra fonte che abbia questo grado di competitività. La sua generazione intermittente vedrà sempre di più la collaborazione di un mix con altre fonti intermittenti come l'eolico che può benissimo contribuire quando il Sole non c'è, ma anche con la proliferazione di sistemi di accumulo dislocati nel territorio.

Non credo però che ciò sia sufficiente per eliminare la nicchia di mercato delle centrali nucleari a fissione. Nonostante tutti i lati negativi (non si sa dove mettere le scorie, dipendenza dall'Uranio, costi, ecc.), resta la fonte con il più alto valore di produttività per area occupata (650 kWh/m<sup>2</sup>/anno contro i 125 kWh/m<sup>2</sup>/anno dei pannelli). Non solo! È una fonte continua ed affidabile.

Nella versione, **Small Modular Reactors (SMR)**, non ancora sul mercato, le applicazioni dal punto di vista logistico avranno un peso sempre maggiore. Infine, se parliamo di colonie su Marte, il nucleare sarà l'unica soluzione accettabile.

## PREVISIONE PER UN FUTURO LONTANO

La fusione nucleare con **elio<sub>3</sub>** come combustibile! Nel momento in cui saremo pronti con reattori nucleari in grado di raggiungere temperature di centinaia di milioni di gradi, saremo anche in grado di fondere assieme due atomi di elio<sub>3</sub>. A quel punto avremo raggiunto quasi la perfezione. Non per nulla la nuova corsa sulla Luna è stata scatenata per poter fare man bassa di questo isotopo dell'elio che si trova in grandi quantità miscelato nella polvere lunare. Un reattore nucleare ad elio<sub>3</sub> non produce scorie, non ha bisogno del pericoloso ed introvabile trizio e non soffre di pericoli di esplosioni o emissioni di radiazioni accidentali.

Il recupero sulla Luna, l'invio in orbita terrestre e la successiva cattura del contenitore di elio3 produrranno dei costi che, diluiti nell'enorme quantità di energia a bordo di ogni singolo carico saranno trascurabili. Qualche tonnellata di elio3 può generare energia elettrica per un anno per tutti gli Stati Uniti.

L'altra fonte potrebbe essere **l'annichilimento dell'antimateria** che oggi è improponibile per varie ragioni.

Produrla è costosissimo e difficilissimo. Il grande collider del CERN di Ginevra, da quando è in funzione, ne ha prodotta una quantità tale da poter tenere acceso una lampadina da 100 w per un'ora. L'altro grande problema è che l'antimateria non deve venire a contatto con la materia prima del suo utilizzo! Quindi nel momento in cui riusciremo a produrla in un modo più efficiente (ma oggi non ne abbiamo la più pallida idea) non sapremo dove immagazzinarla, se non in contenitori a confinamento magnetico che a loro volta avrebbero non pochi problemi di sicurezza.

Certo che, se questi problemi verranno risolti, l'annichilimento avrà una concentrazione energetica di diversi ordini di grandezza migliore della fusione nucleare. Il top!

Tutto questo può darsi che fermi lo sviluppo del **Space-based solar power (SBSP)** di cui abbiamo parlato prima in questo capitolo.

## 5. CIBO

Il futuro della produzione di cibo è anch'esso ad un bivio.

Quale sarà il futuro dell'agricoltura e dell'allevamento di bestiame?

### FRUTTA E VERDURA

Credo che il processo vincente, che già sta fornendo prove della sua efficienza, sia la **coltivazione idroponica** (Fig. 5.1.). Una tecnica innovativa che permette di far crescere piante senza utilizzare il terreno.

Le radici delle piante sono immerse in una soluzione nutritiva ricca di acqua e minerali essenziali. Questa metodologia, sempre più diffusa, offre numerosi

vantaggi rispetto all'agricoltura tradizionale.



*Figura 5.1* Cultura idroponica su una ipotetica serra marziana

Le piante ricevono tutti i nutrienti necessari per crescere in modo sano e vigoroso direttamente dalle radici. Non c'è bisogno di terriccio, il che significa meno malattie legate al suolo e una maggiore efficienza nell'utilizzo dell'acqua.

**I vantaggi** sono evidenti: **rendimento elevato** (le piante crescono più velocemente e producono maggiori quantità di cibo rispetto alla coltivazione tradizionale); **qualità superiore** (la frutta e la verdura idroponica sono spesso più nutrienti e hanno un sapore più intenso); **minor impatto ambientale** (l'idroponica richiede meno acqua e pesticidi, riducendo l'inquinamento e la pressione sulle risorse naturali) e maggior **flessibilità**. Infatti, i sistemi idroponici possono essere installati in qualsiasi ambiente, anche in spazi ristretti o addirittura all'interno di edifici, ma soprattutto in serre realizzate su Marte e sulla Luna dove non ci sono alternative.

### LA CARNE

Per quanto riguarda la produzione della carne, credo che già entro fine secolo subirà o dovrà subire una evoluzione storica e fondamentale per garantire cibo per l'intera umanità, senza dover degradare l'ambiente.

Come si vede dalla figura 5.2., per gestire 700 milioni di tonnellate di animali dalla nascita fino al macello, è necessaria una quantità di energia, terreno coltivabile, acqua e infrastrutture che pesano tantissimo sulla società, anche come inquinamento con-

seguente.

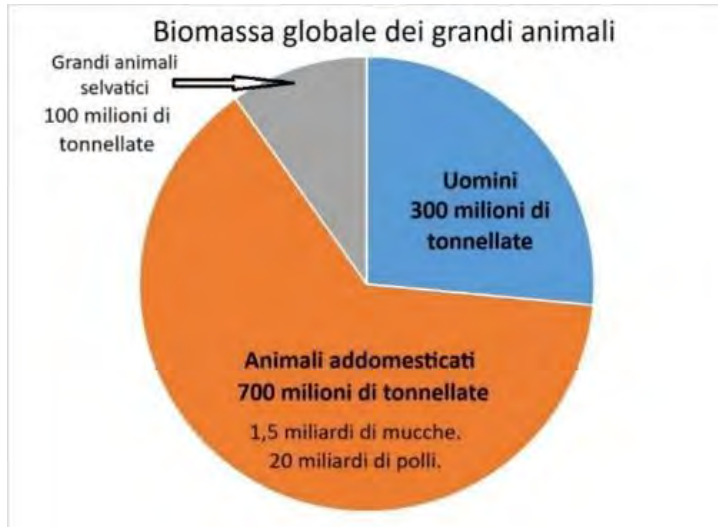


Figura 5.2 Biomassa globale

I fattori che potrebbero portare a un cambiamento sono quindi:

- **Crescente consapevolezza dei consumatori:** sempre più persone sono attente all'impatto ambientale della loro alimentazione e cercano alternative più sostenibili.
- **Innovazioni tecnologiche:** la coltivazione della carne in vitro e la produzione di proteine alternative stanno avanzando rapidamente, offrendo potenziali soluzioni per ridurre la dipendenza dagli allevamenti tradizionali.
- **Pressione normativa:** governi e organizzazioni internazionali stanno introducendo politiche per promuovere pratiche agricole più sostenibili e ridurre le emissioni di gas serra.
- **Cambiamenti climatici:** eventi meteorologici estremi e la scarsità di risorse potrebbero rendere gli allevamenti intensivi meno efficienti e redditizi.

Ma ci sono anche fattori che insistono per mantenere lo status quo, come ad esempio:

- **I costi:** al momento, la carne coltivata è più costosa.
- **Gusto e tradizione:** molti consumatori apprezzano il sapore e la consistenza della carne tradizionale e sono legati ad abitudini alimentari consolidate. Forse questo sarà l'ostacolo più difficile.

- **Infrastrutture e occupazione:** l'industria della carne è profondamente radicata in molte economie, e un suo drastico cambiamento potrebbe avere significative conseguenze sociali ed economiche.

È probabile che assisteremo a una transizione graduale verso sistemi alimentari più sostenibili, con una coesistenza di diverse fonti di proteine, tra cui la carne prodotta tradizionalmente, la carne coltivata in vitro e le proteine vegetali.

Proviamo anche ad affrontare un aspetto etico, per esempio, guardando la vita di una scrofa di maiale.

I maiali addomesticati hanno ereditato la loro intelligenza, curiosità e abilità sociali dai loro avi selvatici.

Come i cinghiali selvatici, i maiali addomesticati comunicano ricorrendo a una ricca varietà di segnali vocali e olfattivi. Le scrofe madri riconoscono il peculiare grugnito dei loro maialini, mentre i maialini di due giorni sono già in grado di cogliere la differenza tra il richiamo della loro madre e quelli delle altre scrofe.

Il professor **Stanley Curtis** della Pennsylvania State University ha insegnato a due maiali, cui ha dato i nomi di *Hamlet* e *Omelette*, a controllare uno speciale joystick con il loro grugno e ha scoperto che i maiali rivaleggiano con i primati nell'apprendimento e nel gioco di un semplici videogame.

Oggi, la maggior parte delle scrofe nelle fattorie industriali non passa il tempo incollata ai videogiochi. Sono relegate dai loro padroni umani in minuscole gabbie di gestazione, che di solito misurano due metri per sessanta centimetri (fig. 5.3.). E ci restano fino alla fine. Per non parlare dei polli.

La loro vita è decisamente peggio.

Tutto questo per garantire cibo all'*homo sapiens*, che con la sua esplosione demografica ha prodotto questi enormi allevamenti intensivi che altro non sono che una produzione di carne biologica che, per ottenerla, si deve per forza far crescere l'animale e poi ucciderlo. Ma oggi non è più necessario!

Precisiamo subito che io non sono vegano, vegetariano e neanche astemio. Mi piace mangiare bene e mi piace pure la carne nelle sue varie versioni offer-

te dalla cucina nostrana, ma credo che sia impensabile pretendere di alimentare otto miliardi di persone, in crescita, con questo tipo di processo basato sul far crescere una vita in modo intensivo e poi macellarla. Non ne faccio una questione etica (anche se meriterebbe un approfondimento), perché da milioni di anni l'uomo vive mangiando carne animale. Ma ne faccio invece una questione ambientale!



Figura 5.3 Scrofe in un allevamento intensivo

Questi animali dopo la loro nascita devono essere alimentati, quindi vi è prima di tutto, all'esterno delle "stalle", un enorme processo di produzione di cibo che coinvolge risorse energetiche, terreno coltivabile, acqua potabile e che crea pure un enorme problema logistico di forniture. In secondo luogo, ma decisamente grave vi è la produzione di enormi quantità di gas metano che fuoriesce dai deretani dei mammiferi in cattività e che partecipa alla generazione di gas serra in misura preponderante rispetto alla CO<sub>2</sub>.

Oggi sta crescendo il processo di produzione di carne biologica coltivata (fig. 5.4.) che, come risultato ha la stessa qualità di carne di maiale, pollo, bovino o ovino, ma non proviene da un essere vivente. La "carne coltivata" (che non è sintetica) non è ancora un prodotto competitivo dal punto di vista economico e forse anche, in certi casi, dal punto di vista estetico, ma la qualità è la stessa.

La tecnica consiste nel prelevare cellule staminali

(2) da un animale vivo (1), il quale neanche si accorge del prelievo, inserirle in un reattore (4), cioè una camera climatizzata, e nutrirlle con proteine (3) che aiutano la crescita del tessuto. Una volta che il processo è partito, teoricamente è possibile continuare a produrre carne all'infinito senza aggiungere nuove cellule da un organismo vivente.

Le fibre così prodotte verranno poi "stampate" con una stampante 3D (5) nella forma del prodotto finale che si vuole ottenere. (6).



Figura 5.4 Processo di produzione della carne coltivata

Naturalmente la carne così prodotta sarà di maiale se le cellule generatrici sono di maiale e di pollo se erano di pollo, ecc..

Si è stimato che, in condizioni ideali, due mesi di produzione di carne in vitro potrebbero generare 50.000 tonnellate di carne da dieci cellule muscolari di maiale.

Il futuro dell'alimentazione sulle colonie non potrà che essere questo, perché non richiede grandi quantità di acqua, energia, spazio e tempo, e non produce metano.

Credo anche che con l'aumento demografico sulla Terra, la diminuzione del terreno coltivabile e dell'acqua potabile, diventerà normale nel nostro futuro andare a cena o a pranzo con una bistecca di carne coltivata, che avrà anche l'aspetto che vogliamo come si vede in figura 5.5.



Figura 5.5 Una bistecca "coltivata"

## PREVISIONE PER IL FUTURO PROSSIMO E LONTANO

Ho unificato le due previsioni (futuro prossimo e lontano) perché credo che l'alimentazione della donna e dell'uomo biologici sarà sempre basata sui prodotti della natura, sia vegetale che animale, ma sono anche convinto che **gli allevamenti intensivi pian piano dovranno sparire.**

Quindi cosa succederà per chi, come me, non è vegano?

Succederà che i non vegani mangeranno sempre di più carne coltivata, mentre quella prelevata dal corpo di un animale macellato a questo scopo diventerà un piatto di lusso, che sarà permesso solo in certi contesti (selvaggina non in pericolo di estinzione, **villaggi che vivono di caccia, ecc.)**

**Sicuramente la carne da animale vivo sarà impossibile da trovare in una colonia su Marte.**

## 6. CIVILTÀ MULTIPLANETARIA

Nella **Trilogia della Fondazione** di **Isaac Asimov**, una delle più grandi saghe nella storia della fantascienza, l'autore, anziché inventarsi battaglie a colpi di laser e guerre spaziali con gli alieni, si è posto una domanda profonda: dove sarà la civiltà umana tra decine di migliaia di anni? Quale sarà il nostro destino ultimo?

Asimov descrive un'umanità disseminata in tutta la Via Lattea, su milioni di pianeti abitati, che formano un vasto impero galattico. L'Homo Sapiens si è spinto talmente lontano che la posizione stessa del pianeta che ha dato origine a questa grande civiltà, la Terra, è avvolta nella nebbia della preistoria.

Ci sono così tante società avanzate, miliardi di miliardi di persone legate tra loro da una complessa rete di rapporti economici che, **data l'immensità di questo campione, è possibile usare la matematica per predire il futuro corso degli eventi**, così come si può prevedere il moto delle molecole in una macchina a vapore.

La grande storia della vita sulla Terra ci mostra che, di fronte a un ambiente ostile quale potrebbe essere la Terra a seguito di eventi catastrofici, naturali, endogeni o esogeni, gli organismi hanno tre possibilità: abbandonare tale ambiente; adattarsi a vivere in esso oppure morire.

Guardando nel futuro più remoto però, vediamo che alla fine dovremo affrontare un disastro talmente grande, come la inesorabile fine del sistema solare, che l'adattamento non sarà più un'opzione possibile: o lasceremo la Terra oppure periremo.

Nel 1964, l'astronomo sovietico **Nikolai Kardashev**, provò a classificare i livelli di civiltà aliena, quindi anche quella di un nostro lontano futuro, attraverso il loro livello di sviluppo tecnologico, in particolare in relazione al loro consumo di energia.

La **scala di Kardashev** è uno strumento utile per la riflessione, ma non deve essere considerata una rappresentazione completa e definitiva dell'evoluzione delle civiltà. Non tiene conto di fattori come lo sviluppo sociale, culturale o etico.

Ne venne fuori una classifica di tre tipi di civiltà.

## Civiltà di Tipo 1

Una civiltà in grado di utilizzare **tutta l'energia disponibile sul proprio pianeta d'origine**.

Potrebbe controllare il clima, prevenire i disastri naturali e sfruttare tutte le risorse energetiche del proprio pianeta. **L'umanità, secondo alcune stime, potrebbe raggiungere questo livello nei prossimi secoli**, se continuerà a svilupparsi al ritmo attuale (*e se la piantasse di guerreggiare!*).

## Civiltà di Tipo 2

Una civiltà in grado di raccogliere **tutta l'energia della propria stella**.

Potrebbe costruire megastrutture come la **Sfera di Dyson** (Fig. 6.1.), una struttura ipotetica che circonda completamente una stella per catturare la maggior parte della sua energia.

Ovviamente ancora non abbiamo esempi di civiltà di questo tipo nell'universo osservabile.



Figura 6.1 La sfera di Dyson  
fonte <https://www.wired.it/>

## Civiltà di Tipo 3

Una civiltà in grado di utilizzare **tutta l'energia della propria galassia**.

Potrebbe colonizzare e sfruttare risorse di miliardi di sistemi stellari.

Una civiltà così avanzata è puramente speculativa e **potrebbe essere considerata quasi divina** rispetto ai nostri standard attuali.

La scala di Kardashev ci offre un modo per pensare alla nostra posizione nell'universo e al potenziale futuro dell'umanità. Ci aiuta a formulare ipotesi su come potrebbero apparire le civiltà extraterrestri avanzate e quali tracce potrebbero lasciare nel cosmo.

Ovviamente siamo di fronte ad una estrema semplificazione della complessità di una civiltà. Poi bisogna considerare che **una civiltà avanzata potrebbe avere altre priorità oltre all'energia**, come l'esplorazione spaziale, la ricerca scientifica o la creazione di arte.

Esistono però dei limiti ai progressi di ogni civiltà in termini di viaggi spaziali.

Per esempio, una civiltà di tipo 1, come abbiamo visto, è limitata dalla sua energia planetaria. Al massimo padroneggerà l'arte di terraformare un pianeta come Marte e inizierà a esplorare le stelle più prossime.

Sonde robotiche cominceranno a raggiungere i sistemi solari vicini e forse verranno inviati i primi astronauti su una stella comparabile a Proxima Centauri. Ma la sua tecnologia e la sua economia non sono sufficientemente avanzate per iniziare la colonizzazione sistematica di decine di sistemi stellari nelle vicinanze.

Per una civiltà di tipo 2, che è più avanzata di secoli se non di millenni, la colonizzazione di un settore della Via Lattea diventa una possibilità concreta.

**Ma anche una civiltà di questo genere è limitata, in definitiva, dalla barriera della velocità della luce.**

Se supponiamo che questa civiltà non abbia a disposizione un sistema di propulsione più veloce della luce, potrebbe impiegare molti secoli per colonizzare il suo settore della galassia. Ma se ci vogliono secoli per passare da un sistema stellare all'altro, alla fine i legami con il mondo d'origine diventano estremamente tenui. Un giorno i pianeti perderanno il contatto con gli altri mondi e potrebbero emergere nuove branche dell'umanità in grado di adattarsi ad ambienti radicalmente diversi.

I coloni potranno modificarsi geneticamente e ciberneticamente (fig. 6.2.) per adattarsi ad ambienti

insoliti, e alla fine potrebbero non avvertire alcuni collegamenti con il pianeta natale.

Saranno ALIENI.

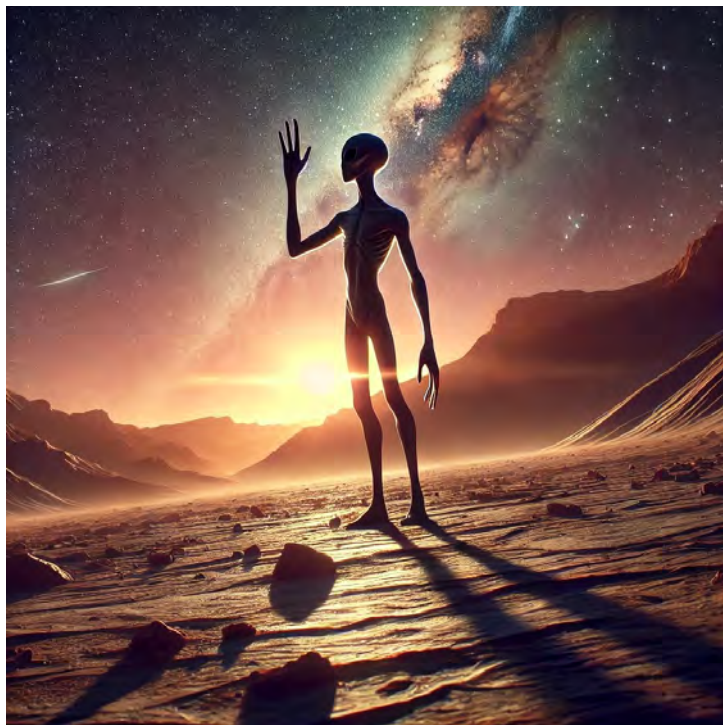


Figura 6.2 Ipotesi di un corpo umano dopo millenni trascorsi su un pianeta a bassa gravità.

Il destino finale della civiltà umana sarà forse la frammentazione in entità più piccole, che si conosceranno a malapena? Questo ci conduce alla domanda definitiva: otterremo le stelle ma perderemo, così facendo, la nostra umanità? E che cosa significherà "essere umani" se la nostra specie si sarà scissa in tanti rami distinti?

Coloro che vivranno e si riprodurranno su pianeti alieni, o anche solo su satelliti o pianeti del sistema solare, diventeranno diversi. Vivere, crescere e riprodursi in ambienti alieni provocherà un adattamento della specie che sarà soggetta a diversa gravità, diversa atmosfera, radiazioni alimentazione ed anche rapporti sociali (vedi figura 6.2.)

**Quindi è molto probabile che tra migliaia di anni troveremo veramente degli alieni che ci verranno a trovare, ma saranno di origine terrestre!**

## PREVISIONE PER IL FUTURO PROSSIMO

8 settembre 2024, su BREAKING NEWS di ADN Kro-

nos, **Elon Musk** ha detto: **"...tra due anni, quando si aprirà la prossima finestra Terra-Marte, si va su Marte"**. Poi ha aggiunto: **"se l'atterraggio andrà bene, i primi viaggi con equipaggio verso Marte saranno effettuati tra 4 anni. Da lì in poi, il numero di voli crescerà in maniera esponenziale con l'obiettivo di costruire tra circa 20 anni, quindi entro il 2045, le città in grado di sostenersi autonomamente"**.

Quando Elon Musk dice cosa farà e quando, bisogna tener presente che sul **"cosa"** potete scommetterci che lo farà, come ha sempre fatto. Sul **"quando"** ci andrei cauto, perchè Musk è un ottimista incallito.

Guai se non lo fosse! L'ottimismo è il motore che lo spinge in avanti.

Conclude con: **"...diventeremo multiplanetari e consentiremo al genere umano di non avere più tutte le nostre uova, su un unico pianeta"**.

Credo infatti che non saranno le potenti agenzie spaziali governative a raggiungere questo traguardo ma imprenditori visionari come Elon Musk, che ovviamente sarà ampiamente supportato dalla NASA, che resterà indispensabile per tutto ciò che va oltre il razzo (infrastrutture, comunicazioni, supporto logistico e dati). Per raggiungere questo prevedibile quanto ottimistico futuro immediato di rendere l'umanità **"marziana"** (perché multiplanetaria per ora mi sembra eccessivo) è fondamentale ridurre drasticamente i costi.

Attualmente serve circa **un miliardo di dollari per portare una tonnellata di carico utile sulla superficie di Marte**. Bisogna migliorare e portare il costo a **meno di centomila dollari** per tonnellata per costruire una città autosufficiente lì, su Marte. Estremamente difficile, ma non impossibile.

## PREVISIONE PER UN FUTURO LONTANO

Nel momento in cui si saranno sviluppate in orbita o comunque fuori dalla potente forza di gravità della Terra, infrastrutture in grado di costruire astronavi, penso che effettivamente l'umanità potrebbe diventare "multiplanetaria" come dice il patron di Tesla e SpaceX. Avremo colonie umane su diversi satelliti di Saturno e Giove e su asteroidi. E probabilmente anche avventurieri che intraprenderanno viaggi senza

ritorno verso altre stelle. Direi che è inevitabile.

## 7. ADATTAMENTI UMANI

Cos'è l'essere umano?

*"Un insieme di ossa, tessuti e cellule, respirante, pensante e capace di percezioni ed emozioni che nel corso della sua vita ha sostenuto processi organici di trasformazione dell'energia e di escrezione dei prodotti di scarto. Processi basati su movimenti atomici e molecolari perfezionati in miliardi di anni di evoluzione su un pianeta forgiato con i detriti di esplosioni di supernove disseminati in un regno dello spazio emerso dal Big Bang."*

### Questo siamo noi!

E continueremo a subire questa evoluzione ben illustrata da **Charles Darwin** nel suo **"The Origin of Species"**.

Siamo esseri viventi diventati non solo consapevoli, **ma consapevoli di essere consapevoli**.

In altre parole, siamo dotati di autoconsapevolezza cosciente e di libero arbitrio.

Ciò porta ad una conclusione poco auspicabile ma incontrovertibile: **«penso, dunque sono»** e di conseguenza **«sono, dunque morirò»**.

La scienza ci ha aiutato parecchio nel tempo a farci vivere meglio e più a lungo, ma non abbiamo ancora scoperto una fonte dell'eterna giovinezza! Gli scienziati stanno esplorando strade promettenti che potrebbero consentirci di rallentare e forse perfino fermare il processo dell'invecchiamento. Non è da escludere che i nostri discendenti possano godere di una qualche forma di immortalità (spero di no perchè come abbiamo già detto, creerebbe una serie notevole di problemi di convivenza).

Inoltre, l'ingegneria genetica potrebbe essere necessaria anche per permettere ai nostri corpi di prosperare su pianeti remoti con gravità, composizione atmosferica e sistemi ecologici differenti.

Quando saremo in grado di mappare ogni neurone del cervello dell'uomo, potremo anche essere in grado di inviare la nostra **"mappa mentale"** nello spazio, aggirando così un buon numero di problemi legati al viaggio interstellare. Pure questa idea me-

rita però il mio dissenso! Fossimo anche in grado di mappare tutti i nostri pensieri su un altro "supporto", sarà lui ad andare in giro per lo spazio e la sorgente umana da cui è stata "copiata" la mappa non percepirà la benché minima sensazione dalla sua copia in viaggio.

Quindi tanto vale mandarci un robot ben istruito, che forse è meglio.

L'evoluzione spingerà certamente la vita e la mente ad assumere un gran numero di forme sostenute da una varietà di piattaforme – biologiche, computazionali, ibride e chissà quali altre. A prescindere dai dettagli imprevedibili della composizione fisica o del contesto ambientale, però, buona parte della comunità scientifica immagina che nel futuro remoto qualche forma di vita, e più specificamente di vita intelligente, **esisterà e penserà**.

Non fosse così c'è da essere poco sereni! L'intera evoluzione di una vita intelligente sparirebbe nel nulla. Non ne resterebbe traccia alcuna. Infinità di dati, esperienze, storie, progressi ed errori, buttati nel cesso!

Impossibile da immaginare.

Nell'introduzione abbiamo parlato di **transumanesimo** o **post umanesimo**. Ora, a prescindere dai movimenti più o meno scientifici che promuovono l'uso della tecnologia per migliorare le capacità umane, è indubbio che la scienza, con gli enormi passi avanti nel campo delle nanotecnologie e della nano robotica, stia lavorando sodo per:

- a) **allungamento della vita**: combattere le malattie, l'invecchiamento e la morte attraverso la bioingegneria, la nanotecnologia e altre discipline. Gli attuali pacemaker permettono ad un paziente che altrimenti morirebbe, di vivere ancora per decenni. I sistemi di diagnosi come **TAC**, **PEC** e **RSM** (risonanza magnetica) riescono a prevedere patologie che, se non curate in tempo, porterebbero a morte certa. Dei robot microscopici (o «**nanobot**») circoleranno nel nostro sangue e distruggeranno gli agenti patogeni, correggeranno gli errori nel DNA, elimineranno le tossine e svolgeranno un'opera di manutenzione delle cellule.

- b) **potenziamento cognitivo:** aumentare le capacità intellettuali, la memoria e la creatività attraverso l'uso di farmaci, impianti cerebrali e interfacce cervello-computer. La Neuralink (di Elon Musk), società di neurotecnologie, sta sviluppando una **interfaccia neurale**, o **Bci** (*brain-computer interface*), in grado di utilizzare i segnali cerebrali di una persona per controllare un dispositivo esterno. Il suo primo prodotto, **Telepathy** (fig. 7.1.), punta ad **aiutare le persone paralizzate a utilizzare un computer con il pensiero**. Negli scorsi mesi, Musk ha anche dichiarato che Neuralink sta lavorando a un secondo prodotto chiamato **Blindsight**, che dovrebbe consentire alle persone non vedenti di riacquistare parzialmente la vista. Bci di Neuralink ha le dimensioni di una moneta, si inserisce nel cranio ed è dotata di 64 fili flessibili e più sottili di un capello umano che si estendono nel tessuto cerebrale del paziente. Ogni filo contiene 16 elettrodi che captano gli impulsi di movimento emessi dai neuroni.

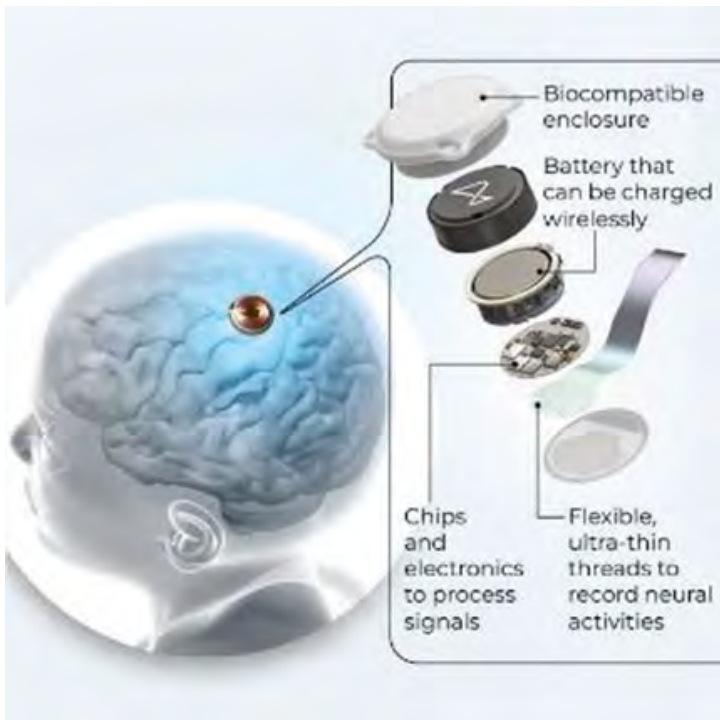


Figura 7.1 schema di impiego di Telepathy  
(fonte: Elon Musk su X)

- c) **superamento dei limiti fisici:** migliorare le capacità fisiche, come forza, resistenza e velo-

cià, attraverso l'ingegneria genetica e l'uso di protesi avanzate. Oggi ci sono sul mercato **esoscheletri** che aumentano la forza dell'operatore di circa il 40%. In Italia li produce anche **COMAU** ex azienda del gruppo **FIAT Stellantis**, che però è stata recentemente venduta ad un fondo di investimenti americano (One Equity. Tralascio i miei scurrili commenti su questa operazione finanziaria che continua un percorso di vendita dei gioielli tecnologici italiani. È successo con Magneti Marelli, Ducati, Comau e tante altre aziende High Tech).

Alcuni di questi interventi, qualora arrivino ad essere routine e non solo esperimenti, suscitano numerose critiche, di tipo etico, filosofico e scientifico.

Molte persone temono che il transumanesimo possa portare a una disuguaglianza sociale sempre maggiore, in cui solo i più ricchi potranno accedere alle nuove tecnologie. Inoltre, ci sono preoccupazioni riguardo agli impatti etici dell'ingegneria genetica e dell'uso dell'intelligenza artificiale.

Alcuni filosofi sostengono che il transumanesimo minaccia l'essenza stessa dell'umanità, cercando di **"giocare a Dio"** e di creare una nuova specie di esseri superiori.

Dal punto di vista scientifico invece si dubita della fattibilità di alcuni degli obiettivi, sostenendo che alcune tecnologie sono ancora troppo immature o presentano rischi inaccettabili.

## Come saranno gli esseri umani (se ci saranno ancora), tra un milione di anni?

Difficile a dirsi, ma una cosa è certa: saranno così diversi da oggi, sia biologicamente che culturalmente, che potrebbero essere per noi irriconoscibili. **Brian Greene**, fisico teorico alla Columbia University di New York sostiene che il nostro organismo e l'elettronica saranno sempre più integrati e i nostri discendenti saranno ibridi uomo-macchina ad altissima tecnologia.

Secondo **Juan Enriquez**, autore e accademico

messicano che da anni si occupa di analizzare l'impatto della scienza sul futuro del genere umano, già oggi è possibile realizzare organi artificiali dai quali dipende la vita delle persone, impiantare dispositivi in grado di sopperire a malfunzionamenti biologici (per esempio il pacemaker, apparecchi acustici o gli esoscheletri), ma anche riprogrammare le cellule per far svolgere loro compiti diversi da quelli originali.

Queste tecnologie, nel giro di qualche secolo, faranno evolvere artificialmente l'uomo per renderlo più adatto alle nuove condizioni ambientali, per esempio quelle che potremmo trovare su Marte o altri pianeti che avremo colonizzato.

## EVOLUZIONE SPINTA.

I nostri discendenti saranno immuni da numerose malattie oggi letali, ereditarie e non solo, che verranno cancellate dal nostro DNA. Le cellule del nostro corpo saranno riprogrammate per ripararsi da sole in caso di eccessiva esposizione alle radiazioni cosmiche assorbite durante i viaggi spaziali o su pianeti con un'atmosfera più sottile rispetto a quella terrestre.

Polmoni e muscoli si saranno adattati per funzionare al meglio anche in ambienti a basso contenuto di ossigeno e saranno in grado di filtrare anche tossine oggi sconosciute, presenti nell'aria dei nuovi mondi. Difficile prevedere esattamente cosa accadrà all'uomo biologico, ma di certo il confine tra uomo e macchina si scosterà sempre di più dalla biologia. Il punto di non ritorno sarà la mente! Quando anche la mente potrà essere anche solo supportata dal computer, allora la distinzione tra uomo e **cyborg** sarà impossibile (Fig. 7.2.)

Forse un giorno capiremo i meccanismi della mente e della materia in maniera così completa che tutto sarà svelato, dai buchi neri a Beethoven, dalla stranezza quantistica a ciò che intendiamo come Dio.

Queste tecnologie e queste conoscenze, che per ora, sono pura speculazione fantascientifica! Potrebbero dare alle nostre coscienze l'opportunità di esplorare la galassia, o addirittura l'intero universo, alla velocità della luce, senza preoccuparci di tutti i problemi ed i pericoli dei viaggi interstellari per una

mente organica.



Figura 7.2 Un Cyborg, base organica e protesi artificiali

Sì, è fantascienza, come lo sarebbe stata la risonanza magnetica, la spettrometria, i robot o la Artificial Intelligence di oggi per i nostri avi del medioevo.

## ETNIA UNIVERSALE

Un'altra interessante ipotesi sul futuro del genere umano ipotizza che entro l'anno 10.000 (millennio più millennio meno) le variazioni del genoma umano relative a caratteristiche regionali, per esempio il colore della pelle o dei capelli, la forma degli occhi e la statura, non esisteranno più e saranno uniformemente distribuite su tutto il pianeta. Esisterà insomma un'unica etnia: il mix di quelle attuali.

Entro l'anno 20.000 non esisteranno più nemmeno le lingue che parliamo oggi, evolute in qualcosa di completamente nuovo.

Chissà se allora sparirà anche il razzismo. Non credo. Troveremo sicuramente un altro modo per odiare i nostri simili. Non credo anche perché questa affermazione è in conflitto con il fatto che le colonie di umani su altri pianeti subiranno modifiche importanti nell'aspetto e nel metabolismo quindi, ecco, abbiamo trovato il fulcro del razzismo dell'anno 10.000: gli alieni ex umani.

## LA NUOVA FISICA

Ciò che cambierà radicalmente, secondo Brian Greene, saranno le nostre conoscenze. Nell'anno 1.000.000 (potete anche togliere uno zero che non cambia granché) avremo capito tutto, o quasi, le teorie della fisica; avremo compreso tutte le forze e gli elementi alla base della materia.

Quindi saremo in grado di formulare una nuova *teoria del tutto*.

Saremo onniscienti? Fortunatamente no: nasceranno infatti sempre nuovi dubbi, nuove domande e nuove tecnologie che oggi non siamo nemmeno in grado di formulare.

Alla domanda: perché siamo qui? Credo che non riusciremo mai a dare una risposta soddisfacente.

## PREVISIONE PER IL FUTURO PROSSIMO

Se andiamo a vedere i dispositivi "non biologici" che sono stati inseriti già oggi in un corpo umano per risolvere problemi di salute o per migliorare le prestazioni (dalle lenti a contatto ai dispositivi per migliorare l'udito, dai pacemaker al rilascio lento di insulina, dai computer che aiutano a parlare agli esoscheletri, ecc..) ci accorgiamo che siamo già dei cyborg.

Quindi prevedo un aumento esponenziale di questi dispositivi che riusciranno ad eliminare o almeno attenuare qualsiasi disfunzione del corpo umano, inclusa la vecchiaia.

## PREVISIONE PER UN FUTURO LONTANO

Nel 2009, scrissi un romanzo di scienza anticipativa dal titolo "***I pirati del Sole***" do-

ve, tra l'altro, immaginavo un "terrestre" che se ne andava in giro tra le stelle da oltre un secolo e stava benissimo. Però questo esploratore era ridotto al solo cervello umano che era tenuto in vita da un ambiente climatizzato che gli forniva i flussi fluidi necessari, ed era collegato ad un computer con il quale parlava con tutti, gestiva la nave e faceva tutto ciò che serviva per svolgere la sua missione che era multi-secolare.

Ho trascurato un po' l'aspetto psicologico, poiché era una situazione che non augurei a nessuno. Se questa dovesse essere la immortalità, credo che nessuno di voi la augurerebbe a sé stesso o ad un amico. Ma è probabile che situazioni simili si potranno verificare in un futuro molto lontano. Prima che l'umanità biologica, quindi anche quella scatolina che contiene il cervello del personaggio del romanzo, si estingua totalmente, forse per incapacità di riprodursi, altre intelligenze, artificiali, o provenienti da altri mondi, avranno da tempo preso il controllo e continueranno ad andare avanti. Ma come ho già detto a tal proposito, dubito che queste super AI abbiano la benché minima sensazione emotiva di ciò che stanno facendo.

Questo sarà sicuramente il tallone di Achille della AI: la mancanza del dolore fisico e psicologico.

## 8. SCENARI CATASTROFICI

In passato si sono verificati disastri catastrofici più e più volte, ed è inevitabile che accadano anche in futuro. Sulla Terra ci sono già state cinque estinzioni di massa, in

ognuna delle quali è scomparso quasi il 90 per cento di tutte le forme di vita allora presenti sul pianeta. E possiamo essere certi che ce ne saranno altre, così come siamo sicuri che dopo il giorno viene la notte.

Su una scala secolare, ci troviamo a dover affrontare delle minacce che non sono naturali, ma in gran parte imputabili all'uomo, alla nostra follia e alla nostra miopia.

Abbiamo detto prima che siamo di fronte al pericolo del riscaldamento globale, con l'atmosfera stessa della Terra che si rivolta contro di noi.

Dobbiamo affrontare la minaccia della **guerra moderna**, con la proliferazione delle **armi nucleari** in alcune delle regioni più instabili del globo. Dobbiamo confrontarci con il pericolo dei **germi usati come armi**. Inoltre, ci troviamo di fronte a una popolazione sempre più numerosa, che **consuma le risorse a ritmi vertiginosi**.

A un certo punto, dopo aver superato da almeno un decennio la capacità portante della Terra (Tutti gli anni, ad agosto abbiamo già superato la quantità di ossigeno ed acqua potabile che la terra riesce a produrre in un anno, quindi intacchiamo le riserve), questa potrebbe sprofondare in **un'apocalisse ecologica**, e combatteremo fra noi per accaparrarci le ultime scorte del pianeta.

### MIGRAZIONE CLIMATICA: UNA SFIDA GLOBALE

La migrazione climatica è un fenomeno complesso e in rapido aumento, causato dai cambiamenti ambientali che rendono alcune regioni del mondo inabitabili a causa

di eventi meteorologici estremi, innalzamento del livello del mare, desertificazione e scarsità di risorse. Le persone saranno costrette a lasciare le loro case e comunità alla ricerca di luoghi più sicuri e con condizioni di vita migliori.

L'aumento del livello del mare, dovuto allo scioglimento dei ghiacciai, della Groenlandia e dell'Antartide minaccia le comunità costiere, rendendo le loro terre inabitabili e aumentando il rischio di inondazioni.

La desertificazione, causata dalla deforestazione, dal **sovrapascolamento** e dai cambiamenti climatici, rende i terreni agricoli improduttivi, causando carestie e migrazioni.

Questa enorme massa di persone, parliamo di centinaia di milioni di individui, solo in questo secolo, sta creando e creerà situazioni che la nostra società non è ad oggi in grado di gestire.

Bisogna cambiare paradigma!

Milioni di persone sono costrette a vivere in condizioni precarie, spesso in campi profughi, senza accesso a cibo, acqua potabile, assistenza sanitaria e istruzione. L'afflusso massiccio di migranti può mettere a dura prova le risorse e le infrastrutture dei paesi ospitanti, generando criminalità, tensioni sociali e politiche.

La migrazione climatica può avere un impatto negativo sullo sviluppo economico delle regioni di origine, privandole di manodopera qualificata e risorse umane.

Quali sono le azioni che il mondo cosiddetto "evoluto" dovrebbe intraprendere per mitigare questi effetti negativi?

Come in tutti i problemi da risolvere bisogna partire dalla causa scatenante di maggior peso (come insegna il principio di **Pareto**, anche conosciuto come **legge 80/20**):

1. Ridurre le emissioni di gas serra per limitare l'aumento della temperatura globale e gli impatti dei cambiamenti climatici.
2. Sviluppare strategie e politiche per aiutare le comunità a far fronte agli impatti dei cambiamenti climatici.
3. Ridurre la vulnerabilità alle migrazioni forzate.
4. Creare politiche migratorie più flessibili e inclusive per accogliere i migranti climatici e garantire i loro diritti.

Tutto ciò non lo può fare un singolo stato, né la Cina né gli Usa o l'Europa possono risolvere il problema. Bisogna rafforzare la cooperazione internazionale per affrontare le sfide della migrazione climatica e promuovere lo sviluppo sostenibile. Sembra un progetto molto costoso, e lo è, ma è sempre più economico che arrendersi e non fare nulla. Il surriscaldamento globale costringerà, già allo stato attuale, a **spendere migliaia di miliardi di dollari per salvare le città costiere**, per garantire cibo, acqua potabile ed aria respirabile al mondo intero.

### APOCALISSI NATURALI

Non è necessario andare indietro sessanta milioni di anni con l'estinzione dei dinosauri per trovare traccia di apocalissi.

Anche solo circa settantacinquemila anni

fa, l'umanità rischiò di estinguersi. La gigantesca esplosione ed eruzione del supervulcano sotto al lago **Toba**, avvenuta in Indonesia, sollevò una colossale nube di cenere, fumo e detriti (si stima 2800 km cubi), estesa per migliaia di chilometri. Fu talmente violenta da essere classificata come **il più potente evento eruttivo degli ultimi venticinque milioni di anni**. Questa inimmaginabile quantità di polvere fu scaraventata in cielo e seppellì ampie regioni della Malesia e dell'India sotto una coltre di ceneri vulcaniche spessa fino a 9 metri. La polvere e il fumo tossico si mossero poi in direzione dell'Africa, lasciando dietro di sé una scia di morte e distruzione. Provate ad immaginare, per un momento, il caos provocato da un cataclisma simile come potrebbe avvenire con il supervulcano di **Yellowstone negli Stati Uniti o nei campi Flegrei a Napoli**.

In seguito, le temperature precipitarono, causando un **"inverno vulcanico"**. La vegetazione e la fauna selvatica morirono ovunque, lasciando il posto a un paesaggio brullo e desolato. Uomini e animali dovevano battere il terreno devastato alla ricerca di qualche boccone commestibile, e molte persone perirono di fame. I pochi sopravvissuti avevano un unico obiettivo: fuggire il più lontano possibile.

### GLI ASTEROIDI. KILLER O MINIERE DI RISORSE?

Una questione affascinante e complessa, poiché questi corpi celesti presentano una duplice natura: da un lato rappresentano una potenziale minaccia per la Terra (i di-

nosauri lo sanno bene), dall'altro offrono straordinarie opportunità per l'esplorazione spaziale e lo sviluppo tecnologico.

Sono un pericolo perché nella storia geologica della Terra, gli impatti di asteroidi hanno causato estinzioni di massa. Sono una minaccia costante: milioni di asteroidi orbitano nel nostro sistema solare e alcuni incrociano l'orbita terrestre. Anche se la maggior parte è di piccole dimensioni e brucia nell'atmosfera, oggetti più grandi potrebbero causare danni significativi.

Il pericolo deriva anche dal fatto che non tutti gli asteroidi sono facilmente rilevabili, soprattutto quelli di piccole dimensioni o con orbite altamente ellittiche. Numerose agenzie spaziali e osservatori astronomici sono impegnati nel rilevare e monitorare gli asteroidi potenzialmente pericolosi.

La possibilità di rilevarne la traiettoria da impatto con la Terra con un certo anticipo potrebbe essere la chiave per impedirlo. Infatti, con tre o quattro anni di anticipo, è possibile progettare e realizzare una missione tesa a raggiungere l'asteroide con una navetta spaziale con lo scopo di "spingerlo" quindi a deviarne leggermente la traiettoria quel tanto che basta per non colpire la Terra.

Sono già state fatte missioni per verificarne la fattibilità, come ad esempio la sonda **Dart** della Nasa sull'asteroide **Dimorphos**, avvenuto con successo il 26 settembre 2022 a 11 milioni di chilometri dalla Terra.

In futuro, con i progressi tecnologici, sia nel campo dell'esplorazione ottica del cielo, che nel campo delle missioni spaziali, pen-

so che questo pericolo vada lentamente diminuendo.

Quindi vedo in futuro gli asteroidi come grande risorsa di elemento sempre più rari sulla Terra. Molti sono ricchi di metalli preziosi come platino, oro e nichel, oltre ad acqua e composti organici.

Non solo. Saranno importanti anche dal punto di vista logistico. Potrebbero diventare delle stazioni di rifornimento per future missioni spaziali, fornendo carburante, acqua e materiali per la costruzione di strutture, composti organici, essenziali per sostenere la vita nello spazio.

La comunità scientifica internazionale collabora per sviluppare sistemi di difesa planetaria e sfruttare le risorse degli asteroidi in modo sostenibile.

Le missioni minerarie sugli asteroidi potrebbero sviluppare tecnologie e infrastrutture necessarie per future missioni spaziali, come la colonizzazione di Marte.

Ad oggi però non esistono ancora regolamenti internazionali chiari sull'estrazione mineraria nello spazio, il che potrebbe portare a dispute e conflitti tra nazioni e aziende, perché sarà una grossa fetta della **Space Economy**.

L'estrazione mineraria sugli asteroidi potrebbe dare vita a una nuova economia spaziale, creando nuove missioni in corso e future.

Diverse agenzie spaziali e aziende private stanno investendo nella ricerca e nello sviluppo di tecnologie per l'esplorazione mineraria degli asteroidi. Alcune missioni già ef-

fettuate o in programma includono:

- **Hayabusa e Hayabusa2 (JAXA):** queste missioni giapponesi hanno portato a Terra campioni di materiale prelevati dagli asteroidi Itokawa e Ryugu.
- **OSIRIS-REx (NASA):** questa missione ha prelevato un campione dall'asteroide **Bennu** di oltre mezzo km di diametro, e lo ha portato sulla Terra per essere studiato. Il 24 settembre 2023, la capsula della missione OSIRIS-REx rientrava sulla Terra per portare i **primi campioni** (Orbita di Bennu fig. 8.1.).
- **Lucy (NASA):** questa missione studierà gli asteroidi troiani di Giove, che si ritiene siano rimasti relativamente inalterati dalla formazione del Sistema Solare.
- **Psyche:** l'obiettivo di questa missione è studiare l'asteroide metallico 16 Psyche, che potrebbe essere ciò che resta del nucleo ferroso di un antico protopianeta forse semidistrutto da una violenta collisione con un altro oggetto, che ne avrebbe strappato gli strati esterni. Ma anche la possibilità di capire come sfruttare i minerali in esso contenuti approssimati ad un valore di migliaia di quintilioni di dollari.

In conclusione, l'esplorazione mineraria degli asteroidi rappresenta una sfida ambiziosa ma ricca di potenzialità. Se da un lato le difficoltà sono molte, dall'altro le ricompense potrebbero essere enormi, sia in termini di risorse che di conoscenza. Quindi è presumibile che nel momento in cui saranno

maturi i processi di invio a Terra dei minerali raccolti, il futuro non tanto lontano della estrazione mineraria sarà nello spazio. Questo porterà un grosso vantaggio dal punto di vista ambientale, ma produrrà anche nuove opportunità di sviluppo e di lavoro.

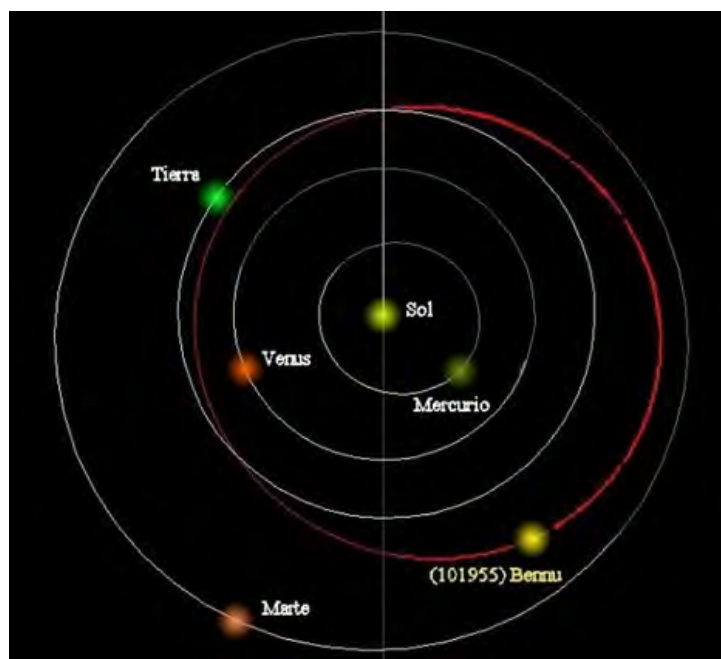


Figura 8.1 Orbita dell'asteroide Bennu

### PREVISIONE PER IL FUTURO PROSSIMO

Lo scenario del futuro prossimo lo abbiamo già qui davanti a noi, ma non lo abbiamo ancora capito bene, o almeno buona parte della popolazione mondiale, per mancanza di informazioni o per deliberate informazioni sbagliate, non se ne rende conto. Il flusso migratorio cominciato con la fuga dalle guerre, rimpolpato con la ricerca di una vita migliore, ora si sta ingrossando con i profughi climatici. Un flusso del genere non si ferma con divieti o blocchi! Non si ferma neanche risalendo all'origine, perché scopriremo che quella gente vive in territori dove non c'è più acqua da bere e terreno

da coltivare. Se poi andiamo a capire perché, vediamo ciò che già abbiamo detto al **capitolo 1: cambiamento climatici**, dove abbiamo concluso che non stiamo facendo abbastanza.

Quindi ecco cosa accadrà secondo il mio punto di vista:

le guerre purtroppo continueranno! Non credo che si arriverà mai alla distruzione di massa con il nucleare perché durerebbe meno di un'ora e poi vi sarebbe la pace eterna per qualche centinaio di milioni di persone, ma saranno guerre chiamate **asimmetriche** su più fronti, anche geografici ma "chirurgici", ma soprattutto tematici: finanza, commercio, istruzione, elezioni, hackeraggio, fake news, guerre di risorse, energia, acqua, grano, ecc. Ci sono interi popoli e paesi che non hanno nulla da perdere.

Anche i migranti fanno parte della guerra asimmetrica.

Pertanto, il futuro prossimo non sarà edificante. Se non risolviamo il problema della fame nel mondo il disastro sarà solo rimandato.

Chiunque di noi con una famiglia da mantenere e senza un soldo sarebbe disposto a rischiare di tutto per il sorriso dei propri figli e farebbe vacillare pure la legalità.

### PREVISIONE PER UN FUTURO LONTANO

Non ne ho idea! Mancano elementi troppo variabili per tentare una previsione credibile. Auspicare che le generazioni future siano più lungimiranti della nostra e di quella dei nostri avi, avrebbe senso se chi forma i

nuovi giovani, le scuole i media e l'ambiente che li circonda fosse "sano", privo di condizionamenti totalitari. Ma so, e lo sapete anche voi, che non è e non sarà così.

## 9. CONCLUSIONE

Ora che abbiamo approfondito (neanche tanto a dir la verità) i vari aspetti che condizioneranno il futuro dell'umanità, non abbiamo fatto altro che complicare di parecchio la nostra previsione.

Ognuna delle voci esaminate ha la possibilità, nella sua evoluzione, di stravolgere il futuro: chiuderlo in un apocalittico disastro oppure portarci all'apice del progresso, alla immortalità, alla colonizzazione dell'intera galassia.

Quindi vediamo di arrivare ad una sintesi.

I futuri scenari dell'umanità possono essere suddivisi in tre principali categorie:

### 1) DISTOPIA

Questo scenario prevede un collasso della civiltà a causa di fattori come il cambiamento climatico, guerre, pandemie o esaurimento delle risorse. In una distopia, la società potrebbe diventare altamente disfunzionale, con gravi disuguaglianze e un degrado della qualità della vita. Ci viene presentata in centinaia di racconti e di film di fantascienza, ma che purtroppo può diventare realtà.

Una situazione che potrebbe derivare dal superamento dei "**tipping points**", quei punti di non ritorno nell'equilibrio del pianeta oltre i quali potrebbe esserci la catastrofe (ne abbiamo già superati diversi).

È legata a fattori che non siamo in grado di valutare pienamente. Per esempio, abbiamo la certezza che gli effetti del cambiamento climatico non sono lineari: i danni di un aumento di tre gradi non sono necessariamente doppi di quelli che deriverebbero da un riscaldamento di un grado e mezzo, perché potrebbero mettersi in moto fenomeni che aggraverebbero le conseguenze: per esempio lo scioglimento del permafrost alle latitudini artiche, che oltre a compromettere la stabilità delle costruzioni potrebbe far aumentare di molto i gas serra a causa del metano sottostante che verrebbe disciolto nell'aria; oppure l'inversione della Corrente del Golfo che nonostante il riscaldamento generale porterebbe l'Europa centrale a somigliare al Labrador; o uno scioglimento accelerato dei ghiacciai antartici con le conseguenze facilmente immaginabili a causa dell'innalzamento dei mari.

## 2) UTOPIA

In questo scenario, l'umanità riesce a risolvere le principali sfide globali attraverso innovazioni tecnologiche, politiche sostenibili e cooperazione internazionale.

Potremmo vedere un mondo con energia pulita, abbondanza di risorse, equità sociale e un alto livello di benessere per tutti.

È l'obiettivo delle donne e degli uomini di buona volontà: un mondo pacifico, nel quale tutta l'umanità ha abbastanza per vivere senza però danneggiare le risorse per le future generazioni, rispettosa dell'ambiente, della biodiversità, ma anche dei diritti umani. Uno scenario certamente difficile da costruire, ma che ha negli impegni dell'A-

genda 2030 la premessa indispensabile. Quegli impegni nel 2015 furono condivisi da tutti i Paesi dell'Onu, ma ci sarebbe da chiedersi se analoghe promesse potrebbero essere sottoscritte oggi, con un populismo ed un sovranismo dilagante, che ha cercato in tutti i modi di sfasciare la cooperazione multilaterale, dopo l'aggressione russa all'Ucraina e la guerra Israele-Palestina.

L'impegno globale dell'umanità per lo sviluppo sostenibile è un filo sottile che potrebbe continuamente spezzarsi, ma è l'unico che possiamo percorrere per non cadere nel baratro.

Perché prevalga questa tesi, oltre al resto di cui abbiamo già abbondantemente parlato, dovranno verificarsi queste auspicabili situazioni:

- ⇒ **Pace e Cooperazione:** i conflitti armati dovrebbero essere rari, e le nazioni dovrebbero lavorare insieme per risolvere problemi globali. La diplomazia e la cooperazione internazionale dovrebbero essere alla base delle relazioni tra i paesi.
- ⇒ **Cultura e Educazione:** l'educazione dovrebbe essere accessibile a tutti e focalizzata sullo sviluppo del pensiero critico e della creatività. La cultura dovrebbero essere ricca e diversificata, con un forte rispetto per le tradizioni e le innovazioni.

## 3) DEGRADO PROGRESSIVO

Questo scenario è una via di mezzo tra i due estremi. L'umanità potrebbe non affrontare adeguatamente tutte le sfide, portando a un lento degrado delle condizioni di

vita. Potrebbero esserci progressi in alcuni settori, ma non sufficienti per evitare problemi significativi come la perdita di biodiversità, inquinamento e disuguaglianze sociali.

È uno scenario provocato dal fatto che i governi non riescono a elaborare risposte decisive alle sfide che abbiamo davanti, anche perché devono rispondere a opinioni pubbliche timorose e **non totalmente consapevoli dei rischi, che gli stessi politici evitano di informare compiutamente per timore delle conseguenze elettorali.**

Lo squallore di questo scenario è stato ben descritto dal norvegese **Jorgen Randers**, nel 1972 con il suo lavoro "**Limits of growth**". Nel 2012 lo stesso studioso scrisse "2052; scenari globali per i prossimi quarant'anni" una ricerca nella quale, oltre a verificare la fondatezza di molte previsioni formulate quarant'anni prima, spingeva

lo sguardo fino a metà secolo, concludendo con una serie di consigli pratici del tipo: "**Non comprate case vicino al mare**", oppure: "**Abituate i vostri figli ad amare i videogiochi anziché la natura, perché di natura che meriti di essere contemplata ne sarà rimasta poca**".

Concludo osservando che forse questa deriva è lo scenario più probabile, se non ci condanneranno i "*tipping points*" già inconsapevolmente oltrepassati e non saremo capaci del "colpo di reni" verso la sostenibilità globale.

La durata media della vita di un uomo però, a mio avviso, non è sufficiente per distinguere e valutare andamenti temporanei, frutto di aggiustamenti legislativi a livello mondiale.

Un trend a lungo termine che io auspico sarà più vicino ad **UTOPIA**.



## **Bibliografia:**

Russell, B. (1957). *Why I Am Not a Christian*. Simon and Schuster.

Borghi, L. (2014). *Senza ritorno*. Edizioni Fiorino.

Kaku, M. (2018). *Il futuro dell'umanità*. Rizzoli.

Greene, B. (2020). *Fino alla fine del tempo*. Einaudi.

Harari, Y. N. (2023). *Homo Deus*. Bompiani.

## **Link:**

<https://www.vice.com/it/article/report-breakthrough-cambiamento-climatico-fine-civilta-umana-2050/>

<https://www.ilsole24ore.com/art/cosi-2050-civilta-umana-collassera-il-climate-change-ACxDIjU>

<https://www.fondazioneleonardo.com/stories/postumanesimo-metaumanesimo-transumanesimo-come-andare-oltre-lumano>

<https://www.focus.it/scienza/scienze/uomo-e-umanita-tra-un-milione-di-anni>

<https://www.breakthroughonline.org.au/papers>

[https://www.ansa.it/ansa2030/notizie/asvis/2022/03/25/sui-grandi-temi-del-mondo-i-futuri-possibili-si-riassumono-in-tre-ipotesi\\_66e6a05c-4f1d-4c8f-8dad-06b6e0e172fd.html](https://www.ansa.it/ansa2030/notizie/asvis/2022/03/25/sui-grandi-temi-del-mondo-i-futuri-possibili-si-riassumono-in-tre-ipotesi_66e6a05c-4f1d-4c8f-8dad-06b6e0e172fd.html)

<https://www.youtube.com/watch?v=ZbhqHCqjoZ0>

<https://www.edizioniambiente.it/catalogo/2052>

<https://www.tvsvizzera.it/tvs/qui-svizzera/alcune-verit%C3%A0-sulla-carne-coltivata-in-laboratorio/48416604>

<https://www.esaenergie.eu/news/energia-del-futuro-quali-saranno-le-fonti-energetiche/>

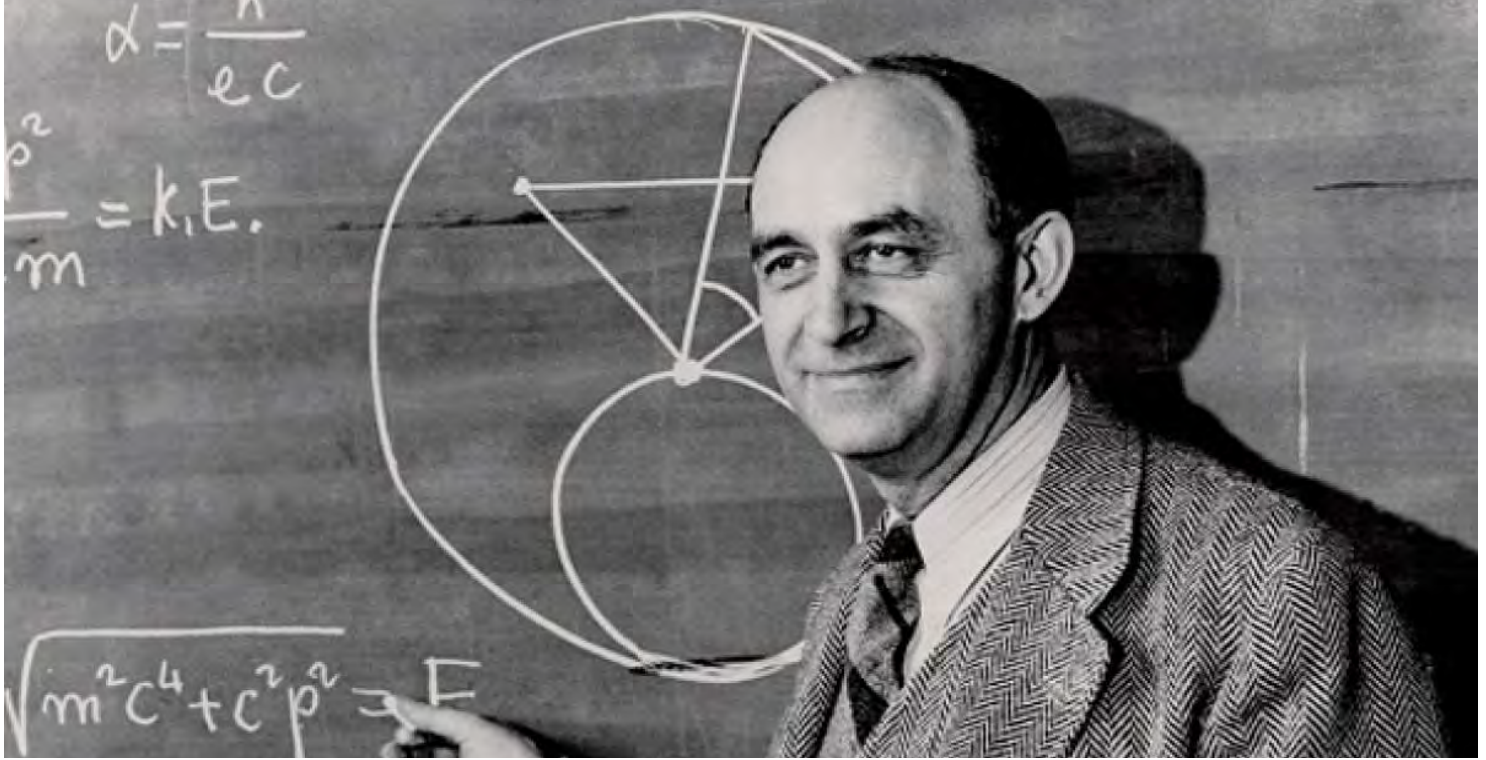
<https://www.themeditelegraph.com/it/markets/oil-and-energy/2021/09/04/news/l-energia-nucleare-e-la-sfida-della-quarta-generazione-sara-pronta-nel-2030-1.40666321>



## ENRICO FERMI

### L'ULTIMO UOMO CHE SAPEVA TUTTO

di Davide Borghi



Questo mese sono 70 anni dalla scomparsa di Enrico Fermi ed abbiamo appena avuto ospite il fisico prof. **Mario Rasetti**, parente di **Franco Rasetti** de I Ragazzi di Via Panisperna, appunto il gruppo di Fermi a Roma formatosi un secolo fa quasi esatto.

Perché il sottotitolo "**L'ultimo uomo che sapeva tutto**"? Perché Fermi è stato uno degli ultimi fisici a padroneggiare sia la fisica teorica che la fisica sperimentale, ai massimi livelli. Questo ha accelerato di molto molte delle sue scoperte e realizzazioni, in primis la pila realizzata prima a New York e poi a Chicago. Arrivando a cambiare il corso della storia.

Uno scienziato e un personaggio storico che **ha fatto la differenza** nel XX secolo. Eppure, pare non adeguatamente ricordato, nelle **luci e ombre** che contraddistinguono la sua storia e il periodo in cui è vissuto e ha lavorato: subito prima, durante e subito dopo la Seconda Guerra Mondiale.

E la sua partecipazione **al primo grande progetto governativo che coinvolgeva fisici e scienziati**,

avvenuto ben **1/4 di secolo prima del Programma Apollo**: il Progetto Manhattan che ha inaugurato la collaborazione stretta **governo-industria-accademia**, con siti di ricerca in tutto il paese, miliardi di dollari di budget, e con uno scienziato al vertice.

La vita del giovane Enrico viene presto sconvolta da una tragedia familiare: il 12 Gennaio 1915 a Roma, **muore Giulio** (14 anni), fratello maggiore di Enrico (13 anni) per un ascesso in gola, durante la narcosi di un normale intervento. Era molto legato al fratello. Questo lo porta a studiare più in dettaglio la probabilità, quella probabilità bassissima (il cigno nero diremmo oggi) che gli ho portato via crudelmente l'amato fra-



Enrico Fermi

tello maggiore.

Nell'Ottobre 1918 Enrico lascia Roma per la **Normale di Pisa**. Il compito di ammissione è leggendario ancora oggi: "Caratteri distintivi dei suoni e loro cause". Ottiene il primo posto



*Pisa - Istituto di Fisica*

E il 28 Ottobre 1922 a Roma, proprio il giorno in cui **Corbino** e Fermi parlano del futuro di Enrico, avviene la marcia fascista su Roma.

Corbino è figura di spicco, Ministro nel 1921 (Istruzione) e nel 1923 (Economia), ma non prenderà mai la tessera del Partito Fascista. Tecnocrate brillante e di buon senso, **prevede correttamente, nel dialogo con Enrico, la dittatura fascista**. Gli consiglia una borsa di studio all'Università di Göttinga, che Enrico vincerà il 30 Ottobre.

Il 25 Ottobre 1926 pubblica "*Sulla quantizzazione del gas perfetto monoatomico*": usa il **Principio di Esclusione**, formulato un anno prima.

Paul Dirac si interesserà al problema e trova, in modo indipendente, un metodo leggermente diverso. Fermi, perplesso, nota che non cita il suo lavoro. Dirac si scusa subito e, da quel momento, la chiama **Statistica di Fermi-Dirac**, attribuendo all'italiano gran parte della paternità.

Classe e correttezza d'altri tempi verrebbe da pensare, ma forse sono io che sto invecchiando...

Il 7 Novembre 1926 ottiene la **cattedra di Fisica dell'Università di Roma**: vince il primo posto.

L'anno successivo organizza la **Conferenza di Como** dove **Heisenberg** presenta Fermi a Pauli dicendogli "*Ti presento l'applicazione del (tuo) principio di esclusione*".

**Nel 1927** Enrico Fermi riunisce i ragazzi di Via Panisperna (**Majorana, Amaldi, Rasetti, Segrè**). Si aggiungeranno poi anche **D'Agostino** e **Pontecorvo**.

**L'Italia si iscrive così alla corsa nucleare con un ruolo di primo piano a livello mondiale.**



*Pauli, Heisenberg e Fermi sul Lago di Como (1927)*

Il **22 Ottobre 1934** i ragazzi di Via Panisperna hanno l'idea, apparentemente naïve, di immergere i cilindri di metallo da bombardare coi neutroni, nella **vasca dei pesci rossi** piena d'acqua, dell'ex-convento delle suore, per rallentare i neutroni. L'esperimento ha successo. Non è nota la sorte dei pesci rossi...

**Rallentare i neutroni sarà decisivo in quanto permette la reazione a catena.**

Questo, i neutroni lenti, si rivelerà infatti il principale contributo del gruppo di Roma. Si tratta infatti di un'idea niente affatto banale, anzi, intuitivamente verrebbe da pensare che i neutroni veloci, non quelli lenti, avrebbero più probabilità di spaccare i nuclei o venire catturati da esso. Ma la traiettoria dei neutroni non è niente affatto lineare, causa ad esempio della loro temperatura, per cui sono invece i neutroni lenti, ad avere più probabilità di essere intercettati da altri nuclei atomici.

Uno dei membri più famosi e misteriosi de I Ragazzi di Via Panisperna è di sicuro Ettore Majorana.

Majorana arriva da Fermi a Roma nel 1927; è un **abile matematico**, superiore a Fermi, critico e pessimista; lavora molto da solo. Per la sua bravura si distingue per poter approcciare Fermi (detto "Il Papa" in quanto non era possibile contraddirlo) su

argomenti matematici e averla vinta. E per questo si merita il soprannome di "Il Grande Inquisitore".

Poi, il 25 Marzo 1938, la bella studentessa Gilda Senatore, a Napoli per seguire le lezioni, finita l'ora è avvicinata dal prof. Majorana: "*Signorina, signorina Senatore!*". Un pò sorpresa dal taciturno professore, non si muove, e lui fa per andarsene. Lo rincorre: "*Cosa c'è professore?*", "*Ecco, signorina, terrebbe per favore queste carte per me? Poi ne parleremo*". Questa è l'ultima persona che Ettore Majorana ha voluto vedere. Prima di scomparire.

Ci sono altri aspetti oscuri del profilo di Majorana: il 22 Maggio 1933 Ettore Majorana scrive una lettera a **Emilio Segrè**, che la rende **pubblica solo nel 1988** poco prima della sua morte: Majorana parla della **questione ebraica in Germania in modo comprensivo**: «*non esisterebbe se gli ebrei conoscessero l'arte di tenere la bocca chiusa*». La lettera è giudicata imperdonabile da Emilio Segrè, ebreo, ma non è detto che Ettore, spirito ribelle e sfidante, intendesse davvero quello che scriveva.

Ma torniamo alla sua scomparsa: il 27 Marzo 1938 parte da Palermo per Napoli e non comparirà mai più. Le indagini, seguite da Benito Mussolini in persona su pressioni di Fermi, proseguono per 3 mesi. Majorana non parlò mai di suicidio, ma solo di **scomparsa**. Aveva prelevato il passaporto e alcuni stipendi arretrati. Negli anni e decenni successivi fioriranno decine di presunti avvistamenti in tutto il mondo, ma nessuno conclusivo. Ne cito solo alcuni: nel 1960, ad esempio, a **Buenos Aires Carlos Rivera**, fisico cileno, scribacchia formule su un tovagliolo di carta. Un cameriere dice: "*Conosco un altro uomo con questa abitudine: Ettore Majorana. Era un fisico importante*". Lì per lì il fisico è molto impegnato e non gli dà peso. Quando torna a seguire la pista il cameriere non è più rintracciabile. Ci sono altri presunti avvistamenti, tutti inconclusivi: un altro, particolare, è del 1973 a **Mazara del Vallo**, Sicilia: un noto barbone, Omu Cani (l'uomo cane) è trovato morto per cause naturali. Era noto per fare radici cubiche a mente e c'è chi sospetta fosse Majorana. Del caso si occupa anche **Paolo Borsellino** concludendo che non fosse il famoso scienziato.

Un altro membro del gruppo di Roma di Fermi è

**Bruno Pontecorvo**, detto "*Il Cucciolo*": arriva da Fermi a Roma anche lui nel 1927. Lavora, come Majorana, sulla fisica dei neutrini. Pontecorvo ha contribuito significativamente alla teoria della decadimento beta e ha proposto l'esistenza stessa dei neutrini.

Majorana, d'altra parte, ha sviluppato idee innovative sulla natura dei neutrini, suggerendo che potessero essere le proprie antiparticelle, un concetto noto come neutrini di Majorana.

Entrambi hanno lasciato un'impronta duratura nella fisica dei neutrini e delle interazioni deboli.

Pontecorvo, nel 1952 dopo una inchiesta maccartista negli **Stati Uniti**, dove si trovava, accetta la proposta di trasferimento **dal Canada a Liverpool**; ma poi scompare. Lo cercano i servizi segreti di mezzo mondo ma nel 1955 ricompare in una conferenza stampa in **Unione Sovietica**. In pratica i russi dicono: "*smettete di cercarlo: lo abbiamo noi*". Malato di Parkinson, muore in Russia nel 1993. Le sue ceneri, come da suo volere, sono **metà in Russia e metà a Roma**.

E poi c'è Franco Rasetti, che era profondamente contrario al coinvolgimento degli scienziati nelle ricerche belliche («*La guerra è una cosa idiota*») e quindi rifiutò di far parte del Progetto Manhattan. Emigra in Canada e nel 1947 si sposta negli Stati Uniti e poi in Belgio.

Torniamo a Fermi: nel 1931 organizza una nuova conferenza di fisica nucleare, proprio in Via Panisperna. Fra gli altri partecipano oltre a Fermi, Bohr, Marie Curie, Heisenberg, Marconi.

E poi arriva l'**annus mirabilis** di Fermi: il 1933. Fermi bombarda l'Uranio con neutroni lenti per osservare le particelle alfa ad alta energia. Lo scherma con paraffina e Alluminio per assorbire le particelle alfa a bassa energia ... se non l'avesse fatto, avrebbe forse scoperto la fissione nucleare, nella Roma fascista...

In realtà Fermi non aveva causato fissione, ancora, ma solo la cattura dei neutroni creando così isotopi più pesanti.

Alla fine del 1934 il Prof. Orso Mario Corbino dopo lunghe discussioni con Fermi che vorrebbe aspetta-



*Congresso di Fisica Nucleare del 1931 a Roma. Al centro accanto a Marie Curie, si vede Guglielmo Marconi*



*Enrico Fermi e Franco Rasetti, 1931, Convegno di Fisica Nucleare, Roma*

re, rompe gli indugi e dichiara la scoperta del nuovo elemento transuranico: i nomi proposti **Littorio** o **Mussolinio**, ma quest'ultimo «sarebbe un insulto al duce, vista la breve vita di questi elementi» dice Corbino (che non aveva mai preso la tessera del partito fascista). Si ripiega su **Ausonio** ed **Esperio** in onore dell'Italia. La scoperta si rivelerà presto infondata: i veri elementi 93 e 94 saranno **Nettuno** e **Plutonio** scoperti a Berkeley nel 1940.

Su binari paralleli procede anche la vita privata di Fermi: il 19 Luglio 1928 sposa Laura Capon. Nascono Nella, nel 1931, e Giulio, nel 1936.

Nel 1929 Mussolini nomina Fermi membro dell'**Accademia d'Italia**, in antagonismo con l'**Accademia dei Lincei**. E nel 1930 - Visita per la prima volta gli **Stati Uniti** e ne rimane affascinato (cosa che forse sarà determinante quando vi si recherà a vivere e lavorare diversi anni dopo).



*Enrico Fermi e sua moglie Laura nella loro Bébè Peugeot 172 BC convertibile*



*Enrico Fermi con sua figlia Nella*

Nei primi anni '30 **Hans Bethe, Felix Bloch, Edward Teller, Niels Bohr, Marie Curie, Werner Heisenberg** e altri fanno visita al gruppo di Fermi a Roma, che diviene così davvero un centro di rilievo nella ricerca nucleare a livello mondiale.

Alla fine del 1933, a causa di Hitler, i Ragazzi di Via Panisperna, boicottano le riviste tedesche: l'articolo "*Tentative Theory of Beta Rays*" è inviato quindi all'inglese **Nature**, che però lo rifiuta giudicandolo

«troppo lontano dalla realtà fisica». Viene poi inviato a "Nuovo Cimento" e "Zeitschrift fur Physik".

Ne verrà apprezzata decenni dopo la genialità e il rifiuto di Nature verrà poi giudicato, decenni dopo dalla stessa rivista britannica, uno dei più grossi errori della prestigiosa rivista scientifica.

L'articolo ipotizza una nuova forza fondamentale (la **Forza Nucleare Debole**) che frutterà oltre una decina di Nobel e le scoperte più sorprendenti (la Violazione della Parità). Descrive come un neutrone nel nucleo può convertirsi in un protone, emettendo un elettrone (particella beta) e un neutrino.



Emilio Segrè, Enrico Persico and Enrico Fermi

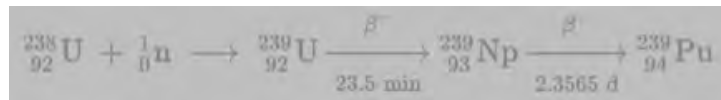
Il 2 Marzo 1934 il gruppo di Roma scopre la radioattività naturale nell'Alluminio. Il quaderno di laboratorio è **ritrovato solo molti anni dopo, nel 2002**.

Il 22 Ottobre 1934 avviene il famoso, e già citato, esperimento nella **vasca dei pesci rossi** dell'ex-convento delle suore, per **rallentare i neutroni** e rendere così più **probabile colpire i nuclei**.



La vasca dei pesci rossi del convento

Nel 1936 Amaldi e Fermi scrivono l'articolo scientifico "On the Absorption and the Diffusion of Slow Neutrons" su Physical Review.



Il decadimento beta

19

Em Al

|          |              |  |
|----------|--------------|--|
| 0' 9200  | } 214 = 10,5 |  |
| 20' 9414 |              |  |
| 30' 9514 |              |  |

|     |        |    |    |  |
|-----|--------|----|----|--|
| 0   | 9750   | 17 |    |  |
| 1'  | 67     | 18 |    |  |
| 2'  | 25     | 10 | 82 |  |
| 3'  | 95     | 17 |    |  |
| 4'  | 9212   | 20 |    |  |
| 5'  | 32     | 14 |    |  |
| 6'  | 46     | 11 | 74 |  |
| 7'  | 57     | 19 |    |  |
| 8'  | 76     | 14 |    |  |
| 9'  | 90     | 16 |    |  |
| 10' | 9106   | 13 |    |  |
| 11' | 19     | 12 | 59 |  |
| 12' | 31     | 12 |    |  |
| 13' | 43     | 12 |    |  |
| 14' | 55     | 10 |    |  |
| 15' | 65     | 12 |    |  |
| 16' | 77     | 15 |    |  |
| 17' | 92     | 7  | 57 |  |
| 18' | 99     | 9  |    |  |
| 19' | 100 08 | 14 |    |  |
| 20' | 32     | 11 |    |  |
| 21' | 33     | 8  |    |  |
| 22' | 41     | 10 | 47 |  |
| 23' | 51     | 8  |    |  |
| 24' | 59     | 10 |    |  |
| 25' | 69     | 10 |    |  |

|     |    |      |
|-----|----|------|
| 304 | 7  |      |
| 11  | 14 |      |
| 35  | 8  | } 57 |
| 39  | 14 |      |
| 47  | 14 |      |
| 61  | 18 |      |
| 79  | 9  | } 60 |
| 88  | 13 |      |
| 401 | 10 |      |
| 11  | 10 |      |
| 21  | 8  | } 56 |
| 33  | 12 |      |
| 38  | 12 |      |
| 55  | 12 |      |
| 67  | 10 |      |
| 77  | 10 |      |

Quaderno di laboratorio del gruppo di Roma

Grazie ai neutroni lenti di Fermi si avvera l'antica profezia degli **alchimisti**: trasmutare un elemento in un altro. Dopo pochi anni (1942) a Chicago nascerà la prima **Pila Nucleare**. Ancora una volta è **un navigatore italiano ad approdare nel Nuovo Mondo**.

E intanto, quello stesso anno, lo scienziato ungherese **Leo Szilard**, tenta invano di convincere Bohr e Fermi che la fissione nucleare è possibile, pericolosa e perciò serve controllo governativo.

Dopo l'annus mirabilis di Fermi, il 1933, arriva però anche l'annus horribilis: il 1937.

Il 23 Gennaio 1937 muore Corbino. E' un brutto colpo: Enrico perde il suo mentore protettore, quasi una figura paterna. E diventa direttore, al posto di Corbino, **Lo Surdo**, acerrimo antagonista di Corbino e di Fermi. E pochi mesi dopo muore Marconi, gran sostenitore di Fermi e Direttore del CNR.



Roma 1931: Fermi, Debye, Heisenberg, Stern, Corbino, Bohr

Ma l'anno successivo, per l'esattezza il 10 Dicembre 1938 Fermi riceve il **Nobel per la fisica**. Non deve dividerlo con nessuno. L'unica altra premiata è la scrittrice americana Pearl Buck.

Fermi a Stoccolma **stringe la mano al Re**, invece del saluto fascista. In Italia scoppiano le polemiche: il fascismo disprezzava la stretta di mano trovandola effeminata. La famiglia Fermi si imbarca poi per UK e a Southampton il 24 Dicembre 1938 partono in nave per New York.

È la fine del gruppo di Via Panisperna.



Fermi a Stoccolma

Nel Dicembre 1938 avvengono però scoperte sensazionali a Berlino: **Fermi ha completamente sbagliato l'interpretazione dei suoi esperimenti con i neutroni**. Non si sarebbe mai più ripreso dall'imbarazzo. **Otto Hahn** a Berlino e **Lise Meitner** in Svezia vedono giusto invece: provocano la scissione dell'atomo di Uranio, tenuto assieme per un meccanismo simile alla tensione superficiale di una **goccia d'acqua**. L'articolo è pubblicato il **6 Gennaio 1939**.



Samuel Goudsmit, Clarence Yoakum, Werner Heisenberg, Enrico Fermi, John D. Kraus. University of Michigan, 1939

Di fatto, per la seconda volta in meno di 5 anni, un piccolo e sparuto gruppo scientifico, nascosto in un angolino tranquillo di una società altamente oppressiva e totalitaria (prima l'Italia fascista e poi la Germania nazista), ha svolto e portato a termine ricerche d'avanguardia con conseguenze di portata storica per tutto il XX secolo.

Fermi è **mortificato**: poteva scoprire lui la fissione 5 anni prima e il Nobel è per la ragione sbagliata\*. La prenderà poi sul ridere.

La ragione del Nobel era la radioattività indotta dai neutroni lenti e i nuovi elementi transuranici, ma in realtà aveva scoperto la fissione nucleare senza accorgersene e nessun elemento transuranico.

L'idea conseguente, la **reazione a catena**, la aveva già avuta **Leo Szilard**, ungherese, **brevettata** nel 1933 in UK e trasferito i diritti alla Royal Navy, che archivia la cosa e se ne dimentica. Szilard collaborerà con Fermi al Progetto Manhattan assieme ad **altri ungheresi scappati**: **Von Neumann, Teller,**

**Wigner, Von Karman, Halmos, Polya, Erdos.**

Erano tutti particolarmente dotati per la Fisica, tanto che Fermi una volta ha scherzato: *Gli extraterrestri sono fra noi, solo che si fanno chiamare "ungheresi"*.



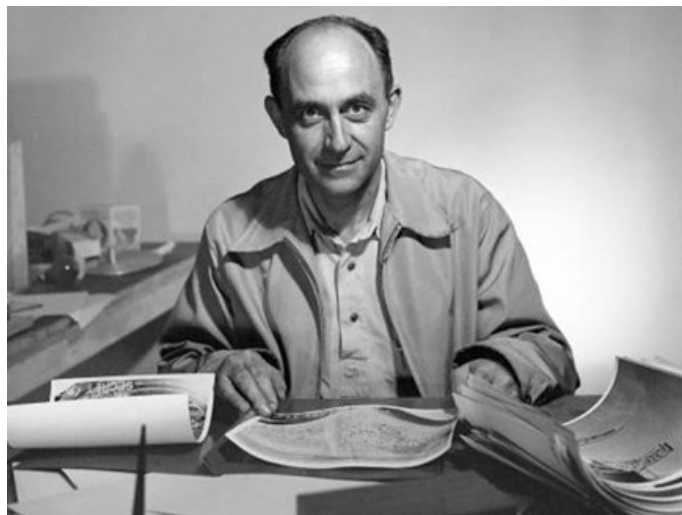
Laura Capon, Giulio (nato 1936), Nella (nata 1931), Enrico Fermi

Un aspetto fondamentale è rappresentato dal moderatore: meglio usare deuterio o grafite?

Fra il 23 Febbraio e il 16 Marzo 1940, in Francia alcuni scienziati, fra cui i **Curie**, scoprono che, in un mezzo omogeneo, la velocità dei neutroni emessi nella fissione dell'uranio **cala in modo continuo** passando per i **valori di risonanza** in cui vengono assorbiti più facilmente; come moderatore vogliono usare il deuterio (**acqua pesante**); lo stabilimento di **Rjukan in Norvegia** ne è il più grande produttore al mondo; i francesi ingannano la Gestapo e ne portano in Francia 167 litri.

Fermi negli Stati Uniti usa invece la **grafite molto pura** come moderatore. Gli atomi di carbonio nella grafite, infatti, catturano più facilmente i neutroni, rallentandoli efficacemente.

Fermi prova a coinvolgere il governo americano nella ricerca nucleare. Il 17 Marzo 1939 un dipendente svogliato annuncia al gruppo di presenti "C'è uno spaghetti qui fuori". L'ammiraglio **Stanford Hooper** (US Navy) riceve Fermi: esiste un nuovo esplosivo (l'Uranio) con potenza un milione di volte maggiore rispetto al TNT. \*



Enrico Fermi

Fermi descrive i **neutroni lenti**, la **massa critica**, e dice di **non sapere quanto sia grande**: "forse sarà delle dimensioni di una piccola stella". (ovviamente sbagliando di decine di ordini di grandezza la risposta, ma i fisici, si sa, non hanno pudore per questo).

L'attività parte, ma non in modo frenetico, per usare un eufemismo: vengono stanziati 1.500 \$ per proseguire la ricerca sulla fissione.

Una nota, importante per le conseguenze molti anni dopo durante la Guerra Fredda: la presentazione entusiasma uno dei presenti, **Ross Grunn**, direttore della ricerca per la US Navy, che vede subito una fonte di energia per i sottomarini. La priorità andò invece alla bomba e solo dopo la fine della guerra partirà un programma per i sottomarini nucleari.

Il 2 Luglio 1940 il brevetto 2206634 sulla **tecnica dei neutroni lenti** viene accettato negli Stati Uniti (brevetto italiano 324458). Inventori: **Fermi, Amaldi, Pontecorvo, Rasetti e Segrè**, mentre a **D'Agostino e Trabacchi** sono promesse quote.

Sarà oggetto di un'intricata vicenda: fatto da italiani, **nazionalità nemica**; il governo ottiene l'**uso gratuito**. Dopo la guerra per **vie legali**, le parti si accordano: forfait di **300 mila \$**. Dopo 180 mila \$ di spese legali, ognuno rimane con **30 mila \$** dell'epoca (abbastanza per comprarsi, ognuno, una bella casa in un bel quartiere di Chicago). Pontecorvo, essendo in URSS, non ottiene nulla.

Il contezioso è **scomodo** per Fermi e il risultato è

**ingiusto:** il brevetto rimane **uno dei più importanti della storia dell'energia atomica**, di valore incalcolabile. Gli italiani hanno accettato semplicemente perché non avevano scelta. (cit. David N. Schwartz, *biografia di Fermi*, 2017).



Il brevetto

Nel Settembre 1941 alla **Schermerhorn Hall**, a New York, viene montata la prima Pila di Fermi: i **giocatori di football della Columbia** spostano le taniche di ossido di Uranio. Misura **2.5x2.5x3.3 metri** con **288 taniche**, e **sorgente di neutroni (Berillio-Polonio)** alla base in uno strato di paraffina.

I risultati sono però **deludenti**: è **13% sotto la criticità**. Ma gli scienziati non si scoraggiano (e – come spesso capita nella ricerca – è proprio qui il trucco: la determinazione ad andare avanti anche davanti a risultati iniziali deludenti, se si è comunque capito di avere per le mani qualcosa di rivoluzionario). Si spedisce la pila a Chicago (Aprile 1942), al **MetLab** (Metallurgical Laboratory dell'**Università di Chicago**).

Nell'attesa Fermi costruisce **un'altra pila, con**

**2.160 pastiglie sinterizzate** (2Kg, 8cm) di polvere d'Ossido di Uranio. Per sostituire aria con CO2 (per ridurre assorbimento dei neutroni) si usa un **"barattolo" di stagno costruito attorno alla pila**. I risultati **migliorano del 4%**.

**Si verificano anche 2 incidenti:** Zinn inala Torio, quando gli **esplode in faccia a contatto con l'aria**, e nonostante occhiali e guanti ha bruciature alle mani. Nel secondo, il campione di **Radio e Berillio** è **umido**: su un fornello ad asciugare, prende fuoco. **Anderson** lo spegne, ma inala Berillio, che gli provocherà la **berilliosi**, di cui morirà a 74 anni.

Al MetLab a Chicago Fermi nel Settembre tiene conferenze sulla teoria alla base della pila. Quando gli viene chiesto cosa fare se la pila va fuori controllo, lui risponde "Correte tipo svelti dietro una collina parecchio lontana".

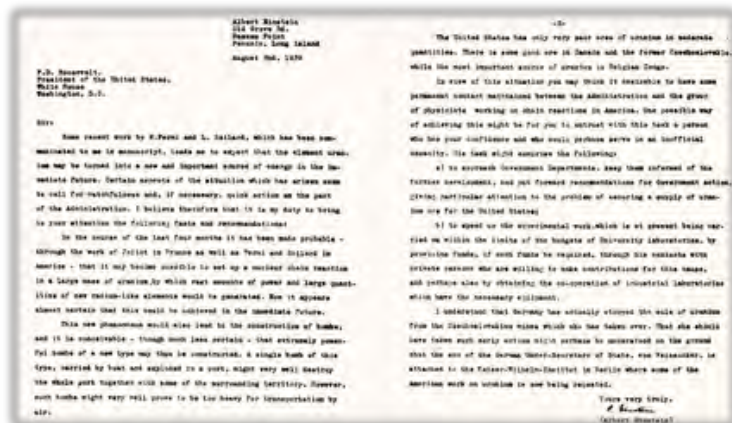
Per la ricerca si procede su binari paralleli.

**Berkeley, Hanford e Oak Ridge** lavorano nell'ipotesi che la Pila di Fermi, con i **neutroni lenti**, funzioni. Mentre **Oppenheimer** a **Berkeley** guida il lavoro con i **neutroni veloci**.

La nuova Pila a Chicago viene assemblata sotto la tribuna orientale dello **Stagg Field**, stadio di football in disuso.

La **Goodyear** costruisce un gigantesco pallone per la pila, per farci il vuoto (mai usato).

Il 11 Ottobre 1939 Alexander Sachs (della poi famosa Lehman Corp.) porta la **lettera firmata da Einstein** a Roosevelt. E' scritta da Szilard, Wigner e Teller e chiede di far partire un programma di ricerca nucleare.



La famosa lettera

A inizio 1940 si stima che ci vorrebbero **12 milioni di anni** per estrarre un pound di  $U^{235}$  fissile. E in questo lasso di tempo speravano che la guerra fosse finita... in un modo o nell'altro...

In Tennessee gli americani ci riusciranno in 2 anni.

Si tratta quindi, di un altro esempio dove la stima iniziale era sbagliata di svariati ordini di grandezza.

Nella primavera del 1940 per la fissione dell'atomo arrivano i primi 6000 dollari per l'esperimento con la grafite. Inizia la **segretezza**.

Il 6 Dicembre 1941 parte **all-out effort** per la bomba atomica (e altro che 6000 dollari...).

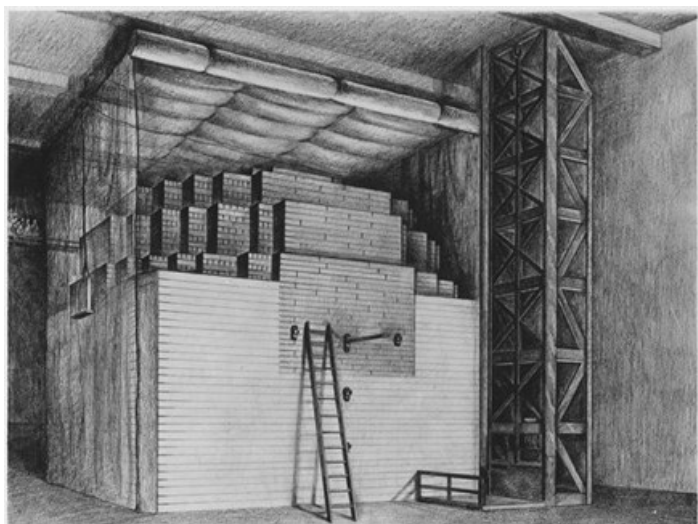
Il 17 Settembre 1942 viene creato il **Manhattan District of the Corps of Engineers (MED)**, che prende il nome, come è tradizione nell'esercito, dal luogo dove la decisione è stata presa.

**Leslie R. Groves** è il Commanding General (aveva realizzato il Pentagono)

Anche per la pila si passa dal 1929, quando si dichiarava che fosse "impossibile ottenere energie necessarie per la fissione" all'Ottobre 1942 in cui inizia la realizzazione.

Per la pila si pensa ad Argonne, lontano da Chicago, ma Fermi insiste per lo **stadio Stagg** dell'Università di Chicago. E' una pila di **grafite, Uranio** (6ton) e **barre di legno rivestite di Cadmio**, 309cm x 388cm, con struttura in legno.

Le **barre di Cadmio** possono essere inserite a piacere come **moderatori**.

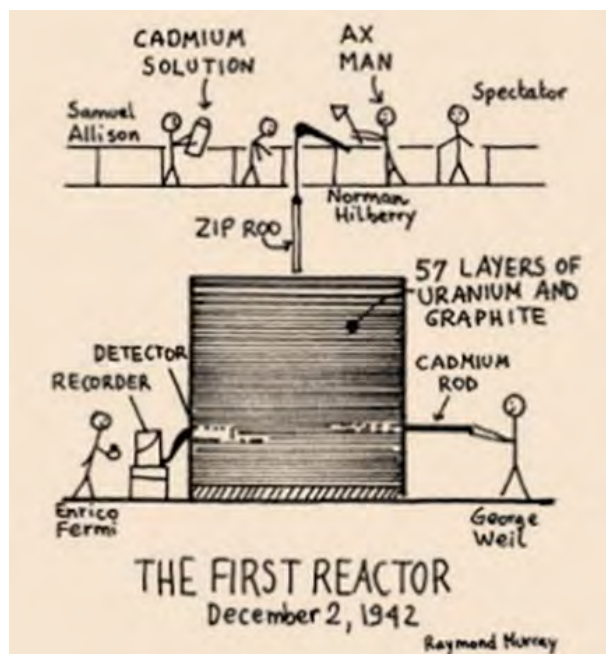


CP-1 (Chicago Pile- 1)

Il 1 Dicembre 1942 si arriva al **57esimo strato**, che renderà la **pila critica** secondo i calcoli, ma si aspetta a terminarlo; il turno è di Anderson che promette di non ritirare le barre e aspettare il giorno dopo, con Fermi.

2 Dicembre: ci sono solo 40 persone presenti. **Le misure di sicurezza (siamo a Chicago...)** sono costituite da:

- **barre di Cadmio**,
- **barre per gravità** tagliando una cordicella
- volontari con **secchi con soluzione di sali di Cadmio**



Le misure di sicurezza

Alle 2:20pm locali la pila **diventa critica** (lo era quasi 2h prima, ma Fermi vuole fare pausa pranzo).

Il primo test dura **28 minuti, ed emette solo 0.5W** per minimizzare la radioattività prodotta.

Si stappa un **fiasco di Chianti**.

Viene comunicato che **"il navigatore italiano è sbarcato nel nuovo mondo; è arrivato prima del previsto", "i nativi sono amichevoli"**.

Questa frase, poi diventata celebre, è riportata anche all'ingresso della parte NBC del bunker sotto al **Monte Soratte**.



*Il fiasco di Chianti*

Intanto Groves ha acquistato terreni ad **Argonne** (Chicago, IL), **Oak Ridge** (TN), **Los Alamos** (NM), a **Hanford** (WA).

E nell'estate 1943 nascono i (segreti) **Los Alamos Laboratories**. Con a capo **Oppenheimer**.

Ai ricercatori vengono fornite false generalità: Fermi è **Henry Farmer**.

La sua guardia del corpo è **John Baudino**, con cui diverrà amico.

Niels Bohr è **Nicholas Baker**. Ma ci sono comunque diverse spie.

Gli scienziati che lavorano alla bomba non sono scervri da dubbi etici: nel Marzo 1945 si riuniscono alla sera in una **riunione spontanea**. All'ultimo momento arriva Oppenheimer, ma si decide alla fine che **la ricerca deve continuare e la bomba essere usata**.

Successivamente, il 7 Maggio 1945 viene formata

una **commissione di scienziati** per valutare l'eventuale uso della bomba, con Compton, Lawrence, Fermi, Oppenheimer (favorevole). Il 16 Giugno 1945 la commissione scrive una lettera **di raccomandazione** al presidente dove **si riconosce l'obbligo all'uso della bomba per risparmiare vite** nella guerra col Giappone, si chiede di **avvisare UK, URSS, Francia, Cina** e si riconosce che **una dimostrazione tecnica probabilmente non basterebbe**.



*La riunione a Los Alamos*

Intanto, a Hanford nello stato di Washington, si è iniziato a costruire i reattori nucleari per produrre Plutonio. Il 26 Settembre 1943 il reattore **"B"** diventa critico.

Fermi c'è! Ma la mattina dopo **perde potenza e si spegne** ... Panico.

Sono stati spesi 7MLN\$ (95MLN\$ attuali) e il governo stava spendendo altri 350MLN\$ per altri reattori di quel tipo. Che non funziona.

**Wheeler** ha la risposta: **avvelenamento del reattore** da sottoprodotti di fissione che sottraggono neutroni, ma qual è il colpevole? Il reattore li aiuta: dopo diverse ore, **torna ad accendersi da solo**, indicando così il **tempo di vita del colpevole, lo Xenon-135** (emivita 9h). E' in quantità piccolissime e perciò non era stato testato, ma, ha potere di assorbimento neutroni **centomila volte il Cadmio!**

Il reattore B diverrà critico, solo nel **Febbraio 1945**, quando ormai anche D e F sono terminati (con più Uranio per mitigare il problema). E quello

di Oak Ridge è già in funzione da mesi.



Robert Oppenheimer, Enrico Fermi e Ernest Lawrence



Badge di riconoscimento di Fermi a Los Alamos

Il 4 Novembre 1943 a **Oak Ridge** il primo **reattore per generare Plutonio**, entra in funzione.

È simile alla **Pila di Fermi**, ma con barre di Uranio estraibili da immergere in **bagni di acido per estrarre Plutonio**. Ha raffreddamento e schermatura di 2m di cemento speciale (trattiene l'acqua). 6 novembre 1944, Los Alamos, Emilio Segrè riceve il primo campione di Plutonio (mg).

Ma serve anche l'innesco: a inizio 1944 **Niels Bohr** e suo figlio **Aage**, progettano l'inziatore: "**urchin**" (porcospino), ovvero una versione sferica delle sorgenti di Fermi a Roma. L'innesco libera **10 - 100 neutroni** prima di disintegrarsi, che avviano

la fissione.

"**Urchin**" è costituito da una sfera cava di **Berillio**, di 2cm, con scanalature con dentro un'altra sfera di **Berillio**. Rivestimento di **Nichel, Oro e Polonio**, che emette particelle a (nucleo Elio), assorbite da Oro e Nichel. Quando implode, Berillio e Polonio si mescolano, producendo neutroni.

Il 15 Luglio 1945, nel luogo chiamato *Jornada del Muerto*, Fermi, con **black humor**, sparge la voce che Trinity potrebbe cancellare il New Mexico o anche il mondo intero. In realtà già Teller e Bethe hanno fatto i calcoli.

Arriva il 16 Luglio, Lunedì. Ore 5:29':45" (ora locale). Avviene la prima esplosione nucleare, ad Alamogordo: "**Trinity**", detonazione da torre di 32m, **21Kton**, cratere profondo 3m e largo 335m

Oppenheimer affermerà: "*We knew the world would not be the same. A few people laughed, a few people cried, most people remained silent*" <sup>(1)</sup>. E poi cita versi del testo sacro Hindu, Bagavagita: "**Now I am become Death, the destroyer of worlds**" <sup>(2)</sup>.



Medal of Merit, University of Chicago, 1946

Fermi nel dopoguerra avrà alcune occasioni di tornare, per motivi di lavoro, in Europa. Nel Settembre 1949 si reca a **Basilea** e incontra Heisenberg, Pauli, Lise Meitner e nuota per un paio di Km nel Reno col suo vecchio amico **Bruno Pontecorvo**. E successi-

(1) Sapevamo che il mondo non sarebbe più stato lo stesso. Alcuni risero, alcuni pianse-  
ro, la maggior parte rimase in silenzio .

(2) Ora sono diventato Morte, il distruttore di mondi.

vamente si reca a Roma.



*Teller e Fermi, 1951*

Nel 1953 **gli Stati Uniti rimborsano il gruppo di Fermi con 400 mila dollari** per aver rinunciato ai diritti sul brevetto dei neutroni lenti; al netto delle tasse e spese legali sono 24 mila dollari a testa.

Il 20 Aprile 1954 Fermi testimonia al **processo Oppenheimer** e **respinge l'idea** che Oppie avesse influenzato contro il programma della **bomba H**.

A Fermi viene anche chiesto (fuori tema) se, rimanendo a Roma, avrebbe potuto intuire alcuni segreti sulla bomba, e risponde positivamente.



*Oppenheimer al processo*

La seconda occasione di tornare in Europa avviene nel Settembre 1954 a Parigi e **Varennà sul Lago di Como**, dove incontra Heisenberg.

Purtroppo ha **problemi di salute**: fatica a deglutire, perde l'appetito, a cena deve rimettere. Fa seminario privato per Edoardo Amaldi, suo figlio Ugo e per il proprio figlio Giulio: come programmare in

**linguaggio macchina i nuovi computer.**

E' l'ultima lezione tenuta da Fermi.



*Heisenberg e Fermi, Lago di Como, 1954*

Tornato a Chicago, si fa visitare: gli viene diagnosticato un tumore allo stomaco, con 6 mesi di vita.

La moglie Laura incontra **Leona Libby**, ricercatrice che lavorava con Fermi, ma non ha bisogno di dire niente: Leona capisce subito che le notizie non sono buone. Poi arrivano **Anderson** e **Chandrasekhar** e **Segrè**: Fermi parla della sua imminente dipartita con "**serenità socratica**" dirà Segrè. Chiede del suo vecchio amico **Edward Teller**, che arriverà pochi giorni dopo.

Il **28 Novembre 1954** alle ore 2:30 del mattino, Enrico Fermi **muore nel sonno** a causa di infarto, a soli 53 anni. Viene seppellito a Chicago all'**Oak Woods Cemetery**.



*La semplice tomba di Fermi all'Oak Woods Cemetery a Chicago*

Il 2 Dicembre 1963 il Presidente Lyndon Johnson consegna il **Fermi Award** a **Oppenheimer** e un premio di 50 mila dollari. Dopo 9 anni dal verdetto di sospensione accesso al materiale classificato, si tratta della **pubblica riconciliazione fra il governo americano e lo scienziato. E viene fatto con una medaglia intitolata ad Enrico Fermi.**



*La medaglia Fermi consegnata a Oppenheimer*

Il 21 Aprile 1983, molto dopo la scomparsa di Fermi, sono rese pubbliche le osservazioni dello scienziato italiano subito dopo l'esplosione nucleare di Trinity Site e la sua grossolana (ma immediata e azzeccata) stima della forza dell'esplosione tramite **foglietti di carta** mollati da 1.8m di altezza, per stimare la forza del vento.



*Fermi con uno dei suoi leggendari block notes*

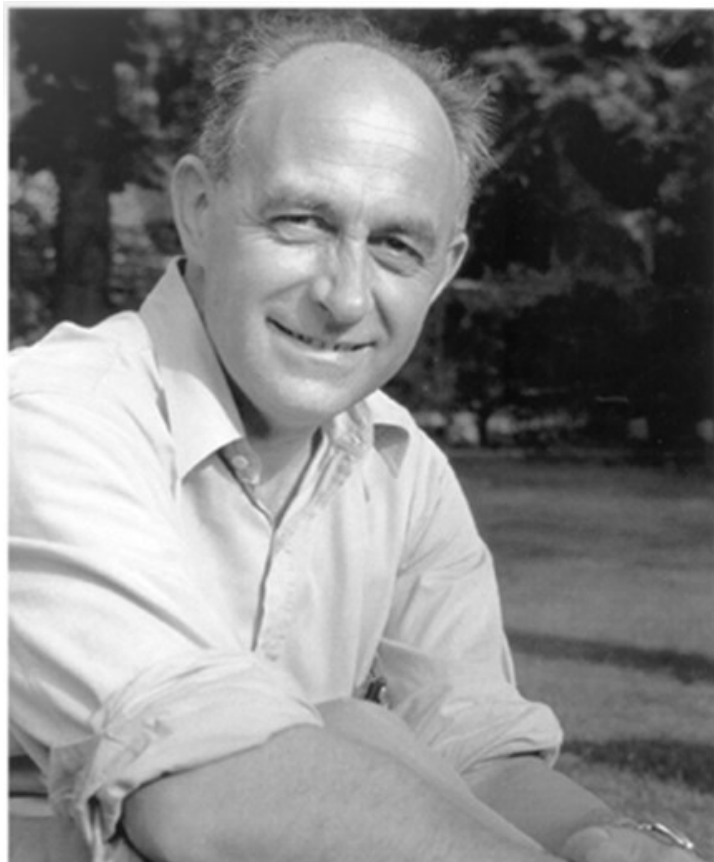
Per concludere, vorrei chiarire che Fermi non ha progettato la bomba vera e propria, che ha visto invece il contributo di altri scienziati come Oppenheimer, Kistiakowsky, von Neumann, Alvarez, Segrè, Feynman, Neddermeyer, Szilard.

Ma Fermi era la **persona più esperta del pianeta per quanto riguarda la fisica dei neutroni.**

Fermi, con la reazione a catena innescata dai neutroni lenti, con Szilard, ha invece **fatto la storia: ha portato l'umanità nell'era atomica.**

Il Progetto Manhattan non è solo l'inizio della scienza segreta, ma anche della **Big Science**, finanziata dai governi su scala sempre più vasta.

A **Chicago** ci sono diversi riferimenti al grande scienziato italiano, fra cui il famoso acceleratore di particelle **FermiLab**, e anche l'acceleratore di elettroni **Argonne National Lab**, voluto proprio da Enrico Fermi.



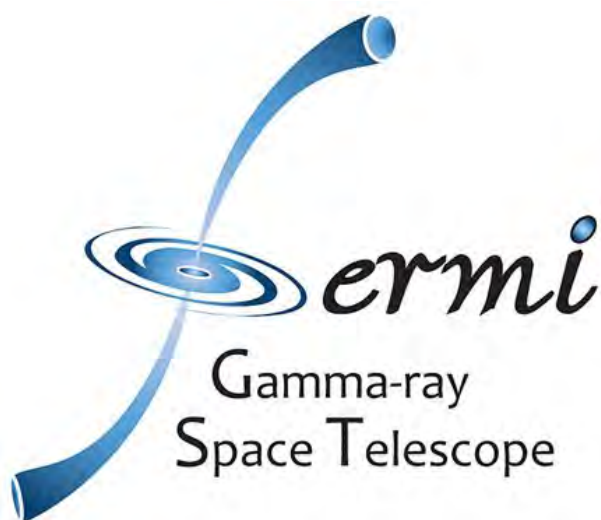
*"C'è uno spaghetti qua fuori..."*



Argonne National Lab a Chicago – voluto da Fermi



FermiLab a Chicago – intitolato a Fermi



Fermi Gamma Ray Telescope – intitolato a Fermi

### **Bibliografia:**

Kelly, C. C. (2007). *The Manhattan Project*. Black Dog & Leventhal Publishers.

Bird, K., & Sherwin, M. J. (2006). *American Prometheus: The Triumph and Tragedy of J. Robert Oppenheimer* <sup>(3)</sup>. Vintage Books.

Magueijo, J. (2010). *La particella mancante: Vita e mistero di Ettore Majorana, genio della fisica* (C. Capararo, Trad.). Rizzoli. (Opera originale pubblicata nel 2009)

Turchetti, S. (2012). *The Pontecorvo Affair: A Cold War Defection and Nuclear Physics*. University of Chicago Press.

Schlosser, E. (2013). *Command and Control: Nuclear Weapons, the Damascus Accident, and the Illusion of Safety*. Penguin Books.

Szasz, F. M. (1984). *The Day the Sun Rose Twice*. University of New Mexico Press.

Segrè, E. (1970). *Enrico Fermi, Physicist*. The University of Chicago Press.

Light, M. (2003). *100 Soli*. Contrasto.

Schwartz, D. N. (2019). *Enrico Fermi. L'ultimo uomo che sapeva tutto*. Solferino.

Bernstein, J. (2007). *Plutonium*. The National Academies Press.

Greison, G. (2018). *Hotel Copenhagen*. Salani.

---

(3) Vincitore del Premio Pulitzer

# GLI EVENTI DEL C.O.S.MO

Di seguito l'elenco (parziale) dei prossimi eventi del C.O.S.Mo. Sono quelli che sono già organizzati, ma altri potrebbero essere realizzati, per questo restate sintonizzati con i nostri social (trovate i link in fondo a questa pagina).

## **Mercoledì 4 Dicembre 2024**

**Ore 18:15 – 20:15 Presso UTE - Università della Terza Età, Via Cardinal Morone, 35 (Modena)**

### **AI: prospettive future sul lungo termine**

Ottava lezione sull'AI presso UTE dal titolo: "AI: prospettive future sul lungo termine". Stiamo creando una nuova specie vivente? Ci soppianderà? Se lo farà, quando lo farà e in che modo? Questa potrebbe essere una pessima o ottima notizia? Come esplorare le profondità dello spazio con *self-replicating probes* intelligenti (*von Neumann probes*), e perché non ne vediamo attorno a noi ...

**Relatore: Davide Borghi**

## **Giovedì 5 Dicembre 2025**

**Ore 18:00 – 19:00 Presso il Centro Studi Ferrari (Palazzo Europa - Modena) - Associazione Alfa - Omega**

### **AI e Lavoro: che cosa resta dell'Uomo?**

L'associazione Alfa Omega, da anni impegnata in progetti formativi e missionari, propone, nell'ottica di un dialogo fra Laici e Credenti, una serie di tre incontri dal tema "AI e Intelligenza Emotiva: un binomio possibile?". Al primo incontro, su AI e Lavoro, parteciperà il nostro presidente, Davide Borghi.

**Intervengono: Davide Borghi, Mons. Gianfranco Basti**

## **Giovedì 12 Dicembre 2024**

**Ore 17:00 – 19:00 Presso UniParma - Parco Area delle Scienze (Parma)**

### **Idrogeno ed energia elettrica, due vettori determinanti per la decarbonizzazione**

È l'uomo che sta contribuendo al surriscaldamento globale in modo decisivo? Vedremo come e perché. Cosa si sta facendo per decarbonizzare i processi

produttivi ed i trasporti ...

**Relatori: Luigi e Davide Borghi, Leonardo Avella**

**Martedì 4 Marzo 2025 – Ore 21:00 – 22:45  
Presso Planetario di Modena**

### **Titolo da definire**

Primo incontro del Ciclo "un altro equinozio con Il COSMo".

**Relatore: da definire**

**Martedì 11 Marzo 2025 – Ore 21:00 – 22:45  
Presso Planetario di Modena**

### **Titolo da definire**

Secondo incontro del Ciclo "un altro equinozio con Il COSMo".

**Relatore: da definire**

**Martedì 18 Marzo 2025 – Ore 21:00 – 22:45  
Presso Planetario di Modena**

### **Titolo da definire**

Terzo incontro del Ciclo "un altro equinozio con Il COSMo".

**Relatore: da definire**

**Sabato 22 Marzo 2025 – Ore 16:00 – 17:30  
Presso Planetario di Modena**

### **Le lune ghiacciate dei pianeti giganti**

Un viaggio alla scoperta dei segreti nascosti nel Sistema Solare esterno.

Nel nostro Sistema Solare, quasi tutti i 288 satelliti naturali finora scoperti orbitano attorno ai quattro pianeti giganti Giove, Saturno, Urano e Nettuno. Allontanandosi dal Sole, oltre la "linea della neve" dove le temperature superficiali scendono sotto i 150 K o -123 °C, la composizione chimica delle lune planetarie è dominata dal ghiaccio d'acqua, che è stabile su scale temporali geologiche.

Tuttavia, non tutte le lune ghiacciate sono solo mondi morti e craterizzati.

Un'esplorazione robotica approfondita condotta negli ultimi decenni ha rivelato che su alcune lune ghiacciate si è verificata, o si verifica tuttora, attivi-

tà geologica. Sotto la loro superficie visibile, alcune lune ospitano veri e propri oceani sotterranei dove l'acqua liquida è mescolata ad elementi biogenici, offrendo un habitat potenzialmente idoneo allo sviluppo di forme di vita elementari. In questo intervento forniamo una descrizione di alcuni dei principali satelliti ghiacciati del nostro Sistema Solare, ponendo l'accento sul loro potenziale astrobiologico come risulta da precedenti indagini. Chiariremo quali sono le prove diagnostiche di un potenziale habitat e mostreremo quali obiettivi scientifici ci si aspetta di raggiungere in futuro su questi mondi ghiacciati tramite un'esplorazione spaziale mirata.

**Relatore: Federico Tosi (INAF)**

**Martedì 25 Marzo 2025 – Ore 21:00 – 22:45**

**Presso Planetario di Modena**

### **Titolo da definire**

Quarto incontro del Ciclo "un altro equinozio con Il COSMo".

**Relatore: da definire**

**Dal 4 al 6 Aprile 2025 presso il quartiere fieristico di Bologna**

### **PLAY 2025: EVOLUTION**

Anche quest'anno **Il COSMo** parteciperà al Festival del Gioco che dal 2025 si è spostato a Bologna Fiere. Come nelle passate edizioni porteremo board games a tema spaziale, scientifico e tecnologico, tra cui lo strepitoso *High Frontier* di Phil Eklund. Sarà una splendida occasione per giocare anche ad altri giochi, come *Quirky Quarks*, *Elementary*, *|Hop>*, *Tutti Quantum*; ed inoltre per confrontarci con i visitatori sui temi che ci appassionano.

Altre attività ed altri eventi sono in fase di organizzazione.

Per essere informati è possibile utilizzare il nostro sito:

[Clicca qui per andare alla pagina Eventi](#)

**Restate aggiornati!**

**Ma non solo sul sito!**

**Seguiteci sui nostri social**

[Clicca qui per l'elenco dei social](#)



**Per Info e contatti**

Sito: [www.ilcosmo.net](http://www.ilcosmo.net)

Email: [info@cosmo.net](mailto:info@cosmo.net)

**Uscita del prossimo numero:**

**MARZO 2025**

**Il 2024 sta per concludersi**

**Approfittiamo per augurare una**

**BUONA NUOVA ORBITA  
2025**