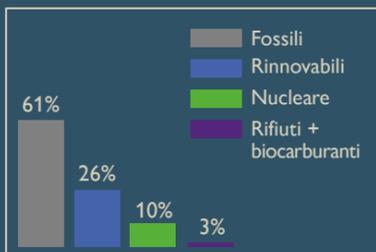
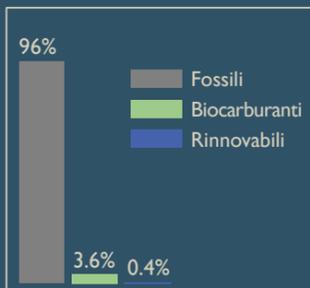


PRODUZIONE DI ELETTRICITÀ IN EUROPA: LE FONTI

21% Elettricità



30% Trasporti



49% Riscaldamento

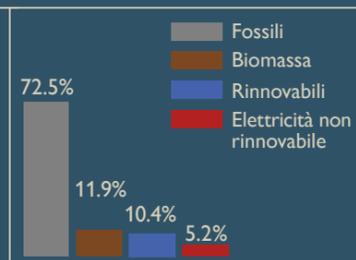


Immagine originale da REN21, rielaborata con dati IEA e IRENA

CONSUMO MONDIALE DI ENERGIA: RISCALDAMENTO, TRASPORTI, ELETTRICITÀ

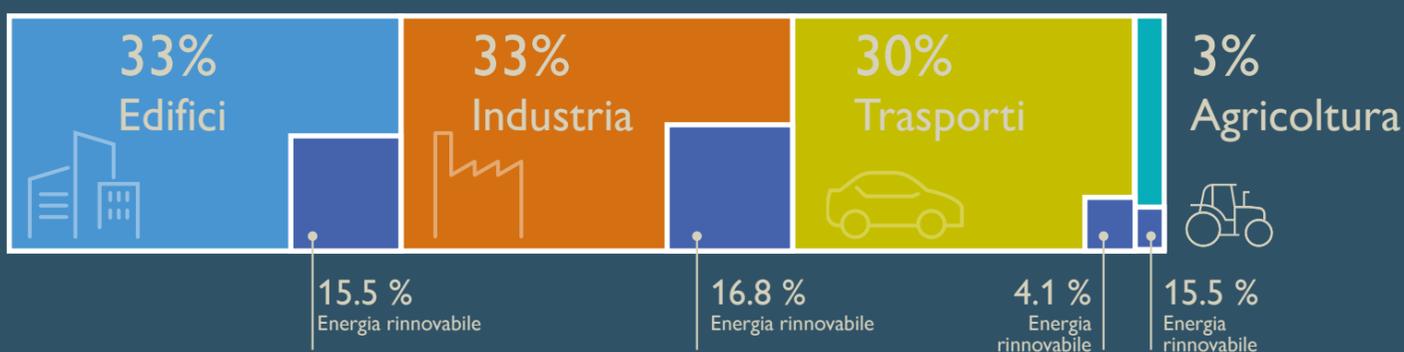
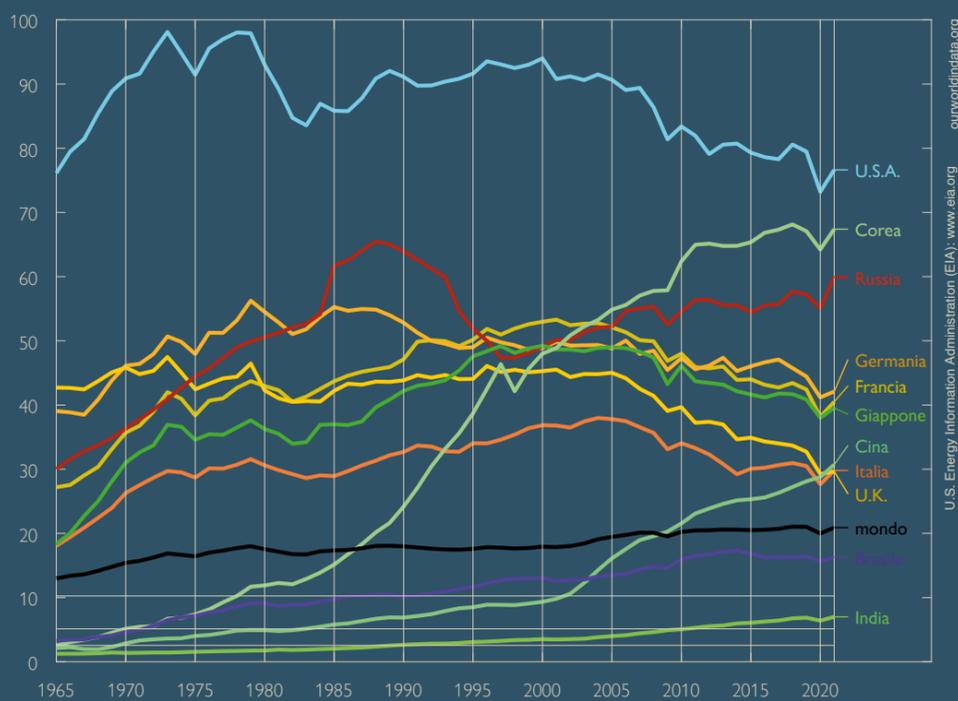


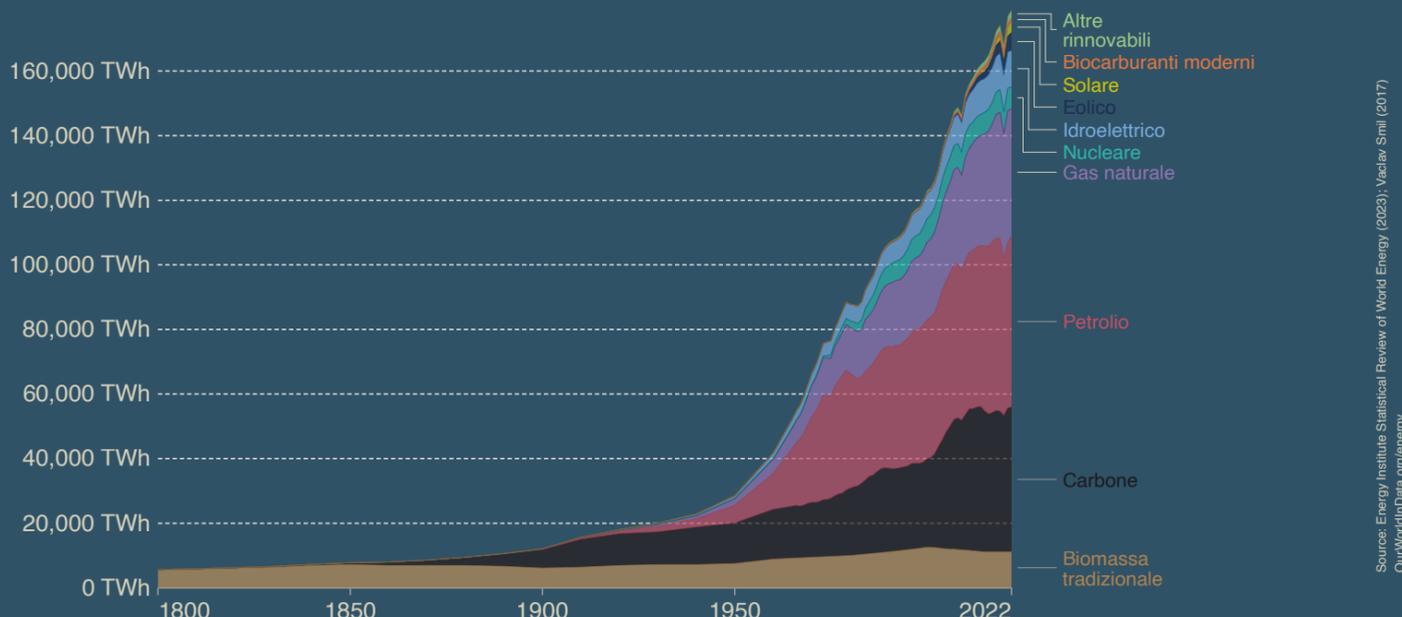
Immagine originale da REN21, rielaborata

CONSUMO MONDIALE DI ENERGIA SUDDIVISO PER SETTORI DI UTILIZZO



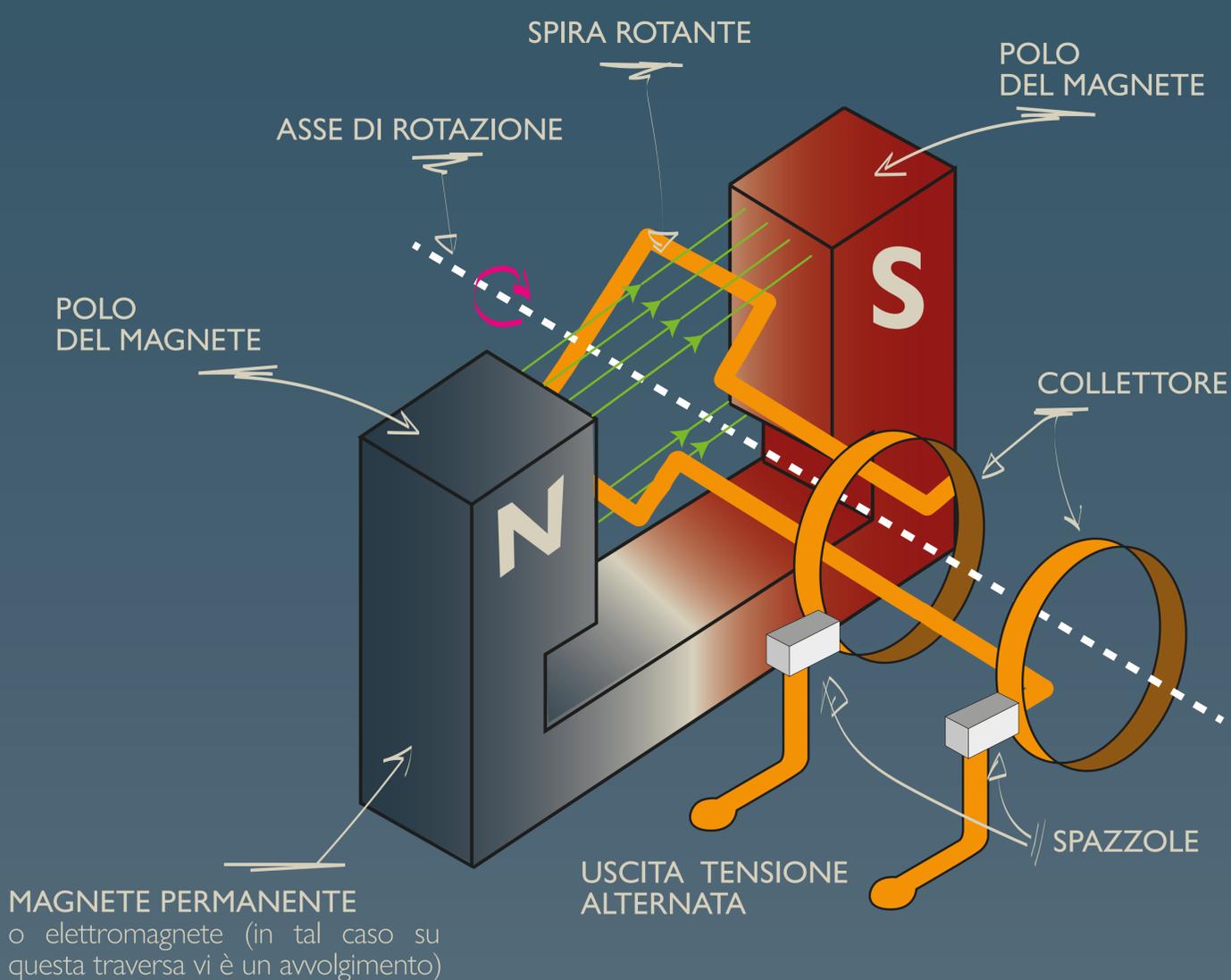
CONSUMO DI FONTI PRIMARIE MWh/anno pro-capite

Le FONTI DI ENERGIA PRIMARIE sono quelle che si trovano in natura, ad esempio combustibili fossili (carbone, petrolio, gas naturale), energia solare, eolica, geotermica, mareo-motrice, i flussi d'acqua



CONSUMO MONDIALE DI ENERGIA SUDDIVISO PER FONTE PRIMARIA

METTERE IN MOTO LA LUCE



SCHEMA ESSENZIALE DEL FUNZIONAMENTO DI UN ALTERNATORE ELETTRICO

Un **alternatore** è un dispositivo che produce corrente elettrica **alternata**, ovvero con intensità variabile nel tempo, mettendo in moto una spirale di filo conduttore posta tra i poli di un magnete permanente o di un elettromagnete. La rotazione della spirale provoca una variazione di campo magnetico nel circuito, all'interno del quale viene indotta una corrente elettrica. Questo dispositivo permette quindi di trasformare l'energia cinetica della spirale rotante in energia elettrica sfruttando il fenomeno dell'**induzione elettromagnetica**.

Stretto parente dell'alternatore è la **dinamo**, che sfrutta lo stesso fenomeno ma muovendo

il magnete invece che la spirale e producendo una corrente **continua**, ovvero con intensità costante.

Il fenomeno dell'induzione elettrica viene utilizzato anche per il processo inverso, ovvero per trasformare energia elettrica in movimento meccanico.

I **motori elettrici** sono infatti dispositivi di per sé identici agli alternatori; la differenza sta nel fatto che viene fatta scorrere nel circuito una corrente elettrica, la quale produce un campo magnetico.

La spirale tenta continuamente di allineare il suo campo magnetico con quello fisso del magnete permanente, inducendo quindi una rotazione.



I MILLE VOLTI DELL'ENERGIA



TUTTO SI TRASFORMA

L'energia è una grandezza necessaria per descrivere pressoché ogni sistema e processo fisico, nei quali si manifesta con una molteplicità di volti diversi.

Una delle prime forme che viene in mente è l'**energia elettrica**: la sua presenza persistente nella vita di tutti i giorni è dovuta soprattutto alla facilità con cui può essere trasportata, attraverso la corrente elettrica, che permette di spostare facilmente grandi quantità di energia su lunghe distanze.

Un'altra forma in cui siamo abituati a riconoscere l'energia è il **movimento**.

Ogni corpo in movimento è infatti dotato di **energia cinetica**, quantificata esattamente a partire dalla massa e dal quadrato della velocità del corpo.

Tuttavia, una tale definizione esatta non è sempre disponibile. Un esempio evidente è il **calore**: dal punto di vista microscopico può essere considerato come la somma dell'energia cinetica delle singole molecole o atomi, ma in scala macroscopica viene semplicemente definito come "energia in disavanzo", ovvero energia che non è posseduta da un corpo particolare ma che viene scambiata con altri corpi. Anche senza una formula esatta, risulta estremamente utile per descrivere il trasferimento di energia tra corpi. Può essere quantificato a partire dalla differenza tra altre quantità di energia che invece ammettono un calcolo diretto.

Esistono però anche forme di energia che non sono associate direttamente al movimento di un corpo, ma alle **forze** a cui il corpo è soggetto.

Ad esempio, sappiamo che più è alto lo scaffale su cui è posto un libro, maggiore sarà la sua velocità se dovesse cadere per terra. Allo stesso modo, prendendo un elastico teso, non appena dovesse liberarsi un capo, questo scatterebbe subito; più l'elastico è tirato, maggiore sarà la sua velocità finale. Sia il

libro che l'elastico hanno un'energia immagazzinata a causa delle forze che agiscono su di loro, rispettivamente forza peso e forza elastica, che può essere rilasciata in un secondo momento. In questi casi particolari, si può anche quantificare esattamente l'energia contenuta in funzione della posizione, la quota nel primo caso, la distanza di allungamento nel secondo. Si parla di **energia potenziale**, ovvero la quantità di energia che "in potenza" può essere trasformata in una forma "dinamica".

In generale, i corpi immagazzinano energia quando sono sottoposti ad un'interazione, anche quando non si riesce a descriverla in termini esatti. Questo avviene anche su scala microscopica: i legami tra le molecole o tra gli atomi all'interno delle molecole stesse sono delle interazioni, peraltro molto intense, di natura elettromagnetica, che risultano molto complesse da esprimere in termini analitici. L'energia contenuta in questi legami viene indicata come **energia chimica**, che viene liberata con la rottura di questi legami nelle reazioni chimiche, come ad esempio la combustione, e può essere quantificata a partire dal calore o dall'energia cinetica che viene liberata.

Analogamente, l'**energia nucleare** è contenuta nei legami che tengono insieme protoni e neutroni nei nuclei atomici.

Nei reattori a fissione viene infatti sfruttata l'energia liberata dalla scissione di nuclei pesanti.

Infine, alla quantità di materia stessa corrisponde un'energia intrinseca, secondo la celebre **equazione di Einstein: $E = mc^2$** , l'energia è proporzionale alla massa presa in considerazione e alla costante della velocità della luce al quadrato. Questa relazione è indispensabile per descrivere le interazioni tra particelle subatomiche.



I MILLE VOLTI DELL'ENERGIA



PICCOLO MUSEO DELL'ENERGIA

① Energia cinetica

$$E_k = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

Dipende dalla massa e dal quadrato della velocità del corpo

② Energia potenziale gravitazionale

$$E_g = m \cdot g \cdot h$$

Dipende dalla massa e dalla quota a cui si trova il corpo

③ Energia potenziale elastica

$$E_{el} = \frac{1}{2} k \cdot \Delta x^2$$

Dipende dalla costante elastica e dalla distanza di allungamento

④ Energia elettromagnetica

Energia contenuta nei campi elettromagnetici generati da cariche elettriche, che viene trasportata sia dalla corrente elettrica che nella radiazione luminosa

⑤ Potenziale elettrochimico

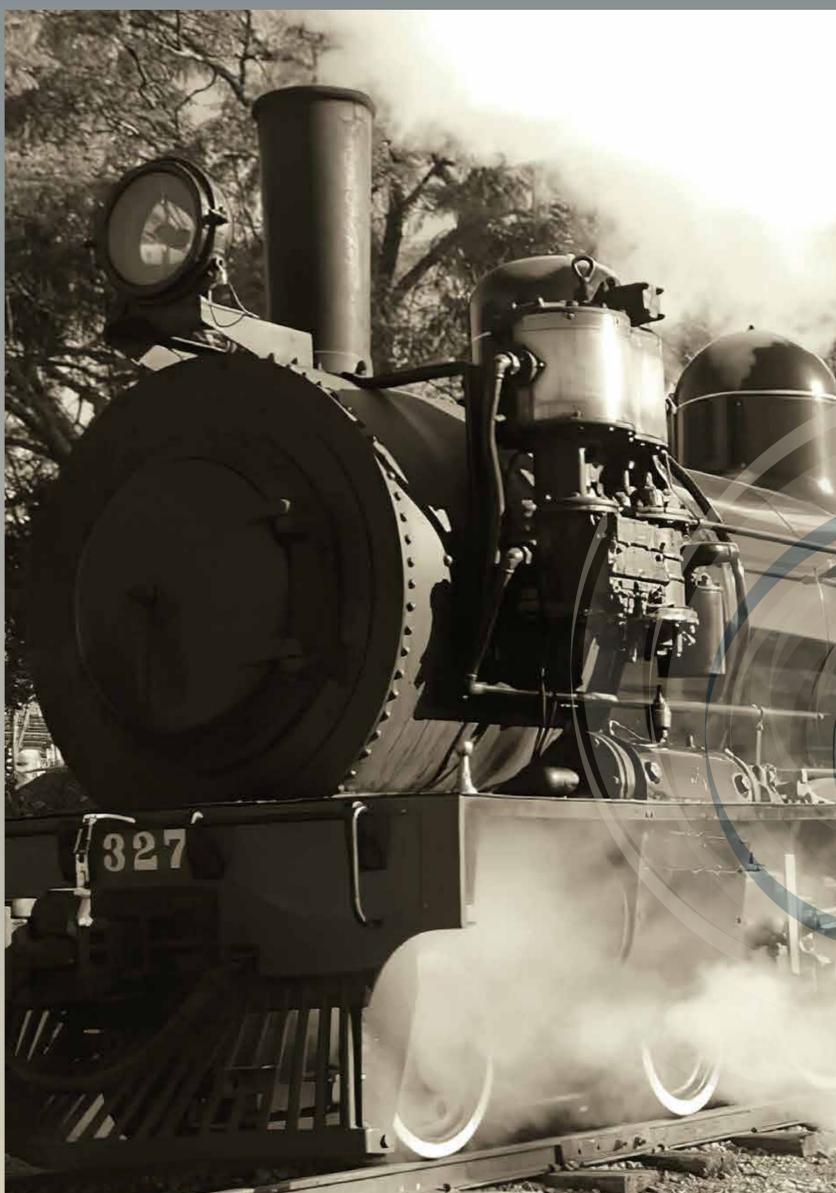
Potenziale capacità di produrre una corrente elettrica tra due elettrodi per mezzo di una reazione chimica

⑥ Energia chimica

Energia contenuta nei legami tra gli atomi (per esempio i legami tra gli atomi del glucosio)

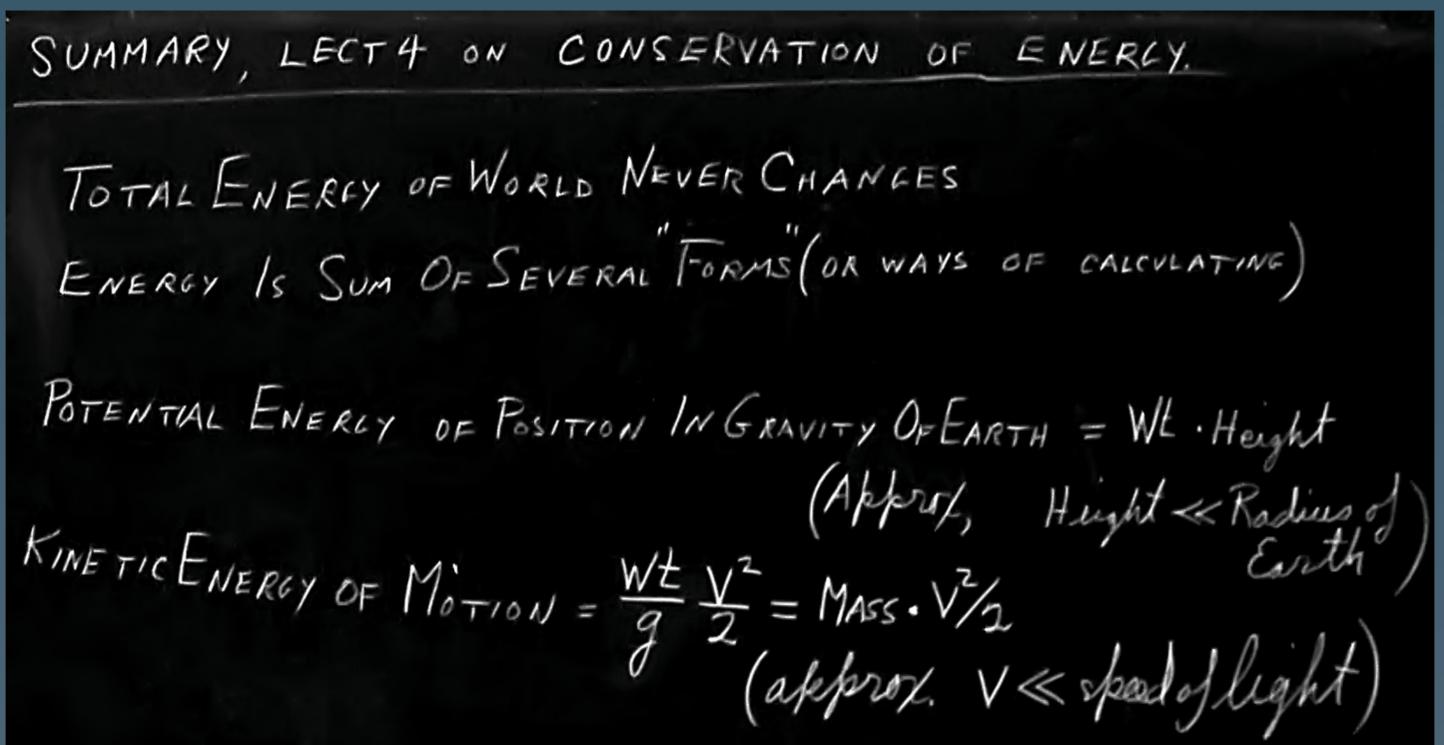
⑦ Energia calorica (potere calorifico)

Energia che può essere liberata sotto forma di calore quando le molecole prodotte da una reazione hanno energia minore dei composti di partenza, ad esempio in una combustione



I MILLE VOLTI
DELL'ENERGIA

NULLA SI CREA, NULLA SI DISTRUGGE



Esiste un fatto, una legge, che regola tutti i fenomeni naturali finora conosciuti senza eccezioni. Questa legge si chiama **conservazione dell'energia** e afferma che esiste una certa quantità, che chiamiamo energia, che non cambia nei molteplici cambiamenti che la natura subisce. Si tratta di un'idea molto astratta, perché è un **principio matematico**; dice che esiste una quantità numerica che non cambia quando accade qualcosa. Non è la descrizione di un meccanismo o di qualcosa di concreto, è solo uno strano fatto: possiamo calcolare un certo numero e quando finiamo di osservare la natura che fa i suoi trucchi e lo calcoliamo di nuovo, il numero è lo stesso. Poiché si tratta di un'idea **astratta**, ne illustreremo il significato con un'analogia.

Immaginate un bambino che ha dei blocchi identici e indistruttibili. Supponiamo che abbia 28 blocchi. La mamma lo mette con i suoi blocchi in una stanza all'inizio della giornata. Alla fine della giornata, incuriosita, conta i blocchi con molta attenzione e scopre una legge fenomenale: qualunque cosa lui faccia con i blocchi, ne rimangono sempre 28! Un giorno, a sorpresa, la mamma ne trova solo 27, ma indagando scopre che ce n'è uno sotto il tappeto; un altro giorno ne trova uno fuori dalla finestra: la mamma deve guardare dappertutto per essere sicura che il numero di blocchi non sia cambiato. Un altro giorno, i blocchi sono 30! Questo provoca alla mamma una notevole costernazione, finché non capisce che un amico è venuto in visita portando con sé i suoi blocchi, e ne ha dimenticati alcuni. Un giorno non riesce a trovare i blocchi mancanti, ma si accorge che c'è una scatola dei giochi che non riesce ad aprire, più pesante del solito: essendo ingegnosa trova un modo di calcolare il numero di blocchi lì contenuti,

conoscendo il peso della scatola e dei blocchi.

Nel graduale aumento della **complessità** del suo mondo, trova diversi modi per calcolare quanti blocchi si trovano in luoghi in cui non le è permesso guardare. Questo le consente di calcolare il numero totale dei blocchi, che rimane sempre lo stesso.

Qual è l'analogia con la conservazione dell'energia? L'aspetto più rilevante che si deve astrarre da questo esempio è che potremmo non trovare più nessun blocco, eppure essere in grado di calcolare il loro numero. L'analogia ha altri aspetti rilevanti: in primo luogo, quando calcoliamo l'energia, a volte una parte di essa lascia il sistema e se ne va, o a volte una parte entra. Per verificare la conservazione dell'energia, dobbiamo fare attenzione a tenerne conto. In secondo luogo, l'energia ha un gran numero di forme diverse: energia gravitazionale, cinetica, termica, elastica, elettrica, chimica, radiante, nucleare, di massa. Se sommiamo ciascuno di questi contributi, non cambia nulla, tranne l'energia che entra ed esce.

È importante rendersi conto che oggi, in fisica, **non sappiamo cosa sia l'energia**. Non pensiamo che l'energia arrivi in piccoli blocchi di una quantità definita. Tuttavia, ci sono formule per calcolare alcune quantità numeriche e quando le sommiamo tutte, danno "28": sempre lo stesso numero.

È una cosa astratta, in quanto non ci dice il meccanismo o le ragioni delle varie formule.

Adattato da "The Feynman Lectures on Physics",
Volume I, Capitolo 4

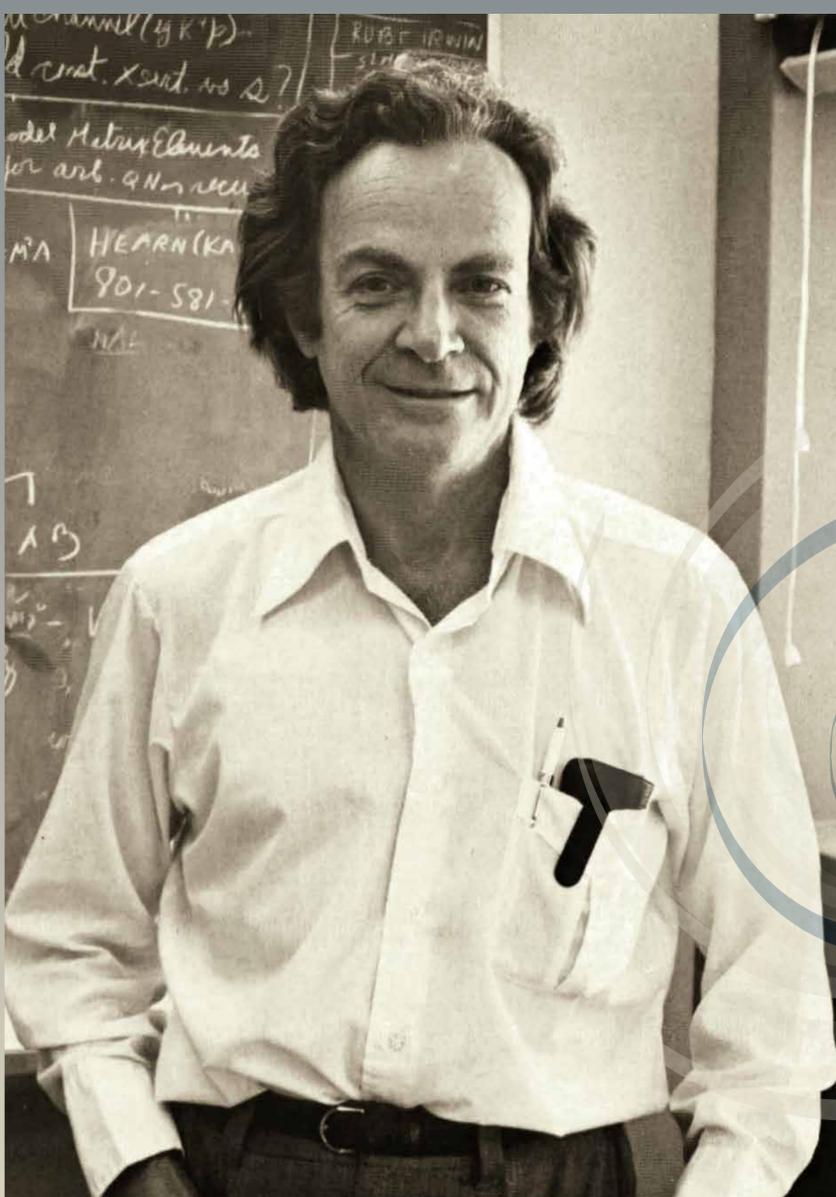


Foto di Richard Feynman

I MILLE VOLTI DELL'ENERGIA



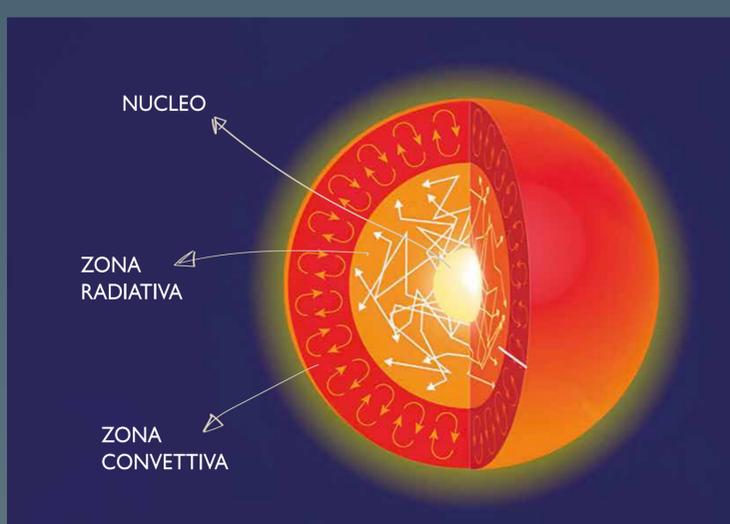
IL SOLE, SORGENTE DI ENERGIA PER LA TERRA

Il Sole è la sorgente di energia della maggior parte dei processi naturali che avvengono sulla Terra, in particolare dei processi meteorologici e di quelli che riguardano gli esseri viventi.

MASSA	2×10^{30} kg (333 000 volte la massa della Terra)
RAGGIO	696 000 km (109 volte il raggio della Terra)
COMPOSIZIONE CHIMICA MEDIA	Idrogeno (71% in massa), Elio (circa 27%), altri elementi (circa 2%, per la maggior parte Ossigeno, Carbonio, Azoto)
TEMPERATURA CENTRALE	15 milioni di gradi centigradi
DENSITÀ CENTRALE	150 g/cm ³ (7 volte la densità del Platino)

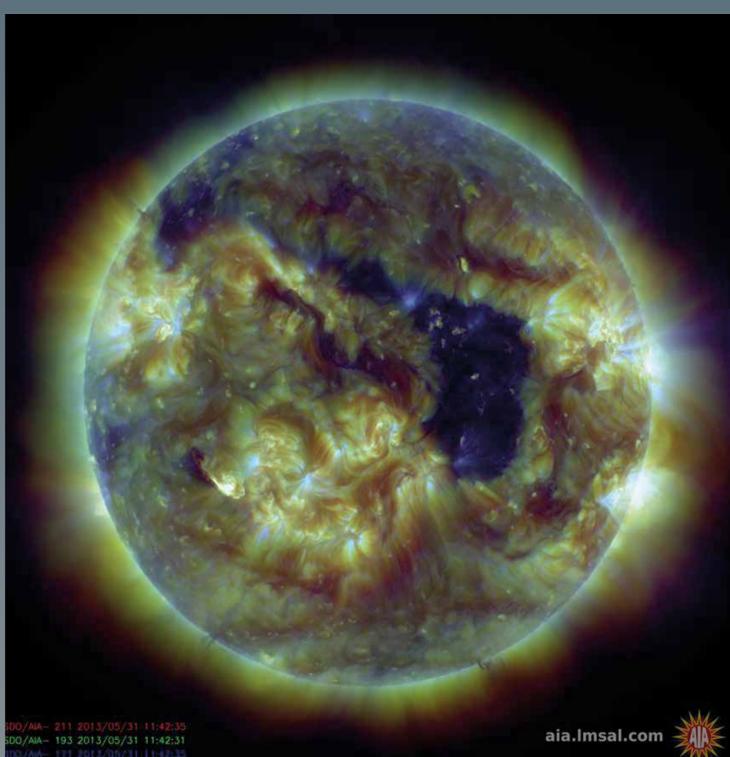
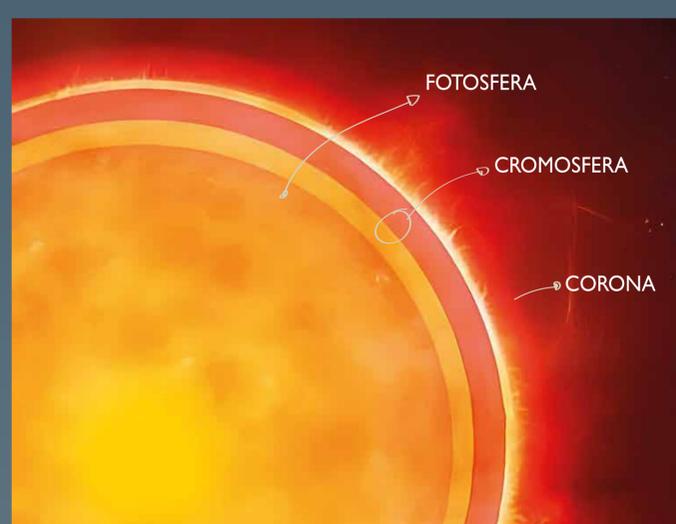
STRUTTURA INTERNA DEL SOLE

Regione del Sole	Quanto è grande	Che cosa vi accade
NUCLEO	24% del raggio	Viene prodotta energia dalle reazioni termonucleari
ZONA RADIATIVA	Dal 24% al 71% del raggio	L'energia è trasportata dalla radiazione
ZONA CONVETTIVA	Dal 71% al 100% del raggio	L'energia è trasportata mediante convezione (come in una pentola che bolle)



STRUTTURA ESTERNA DEL SOLE

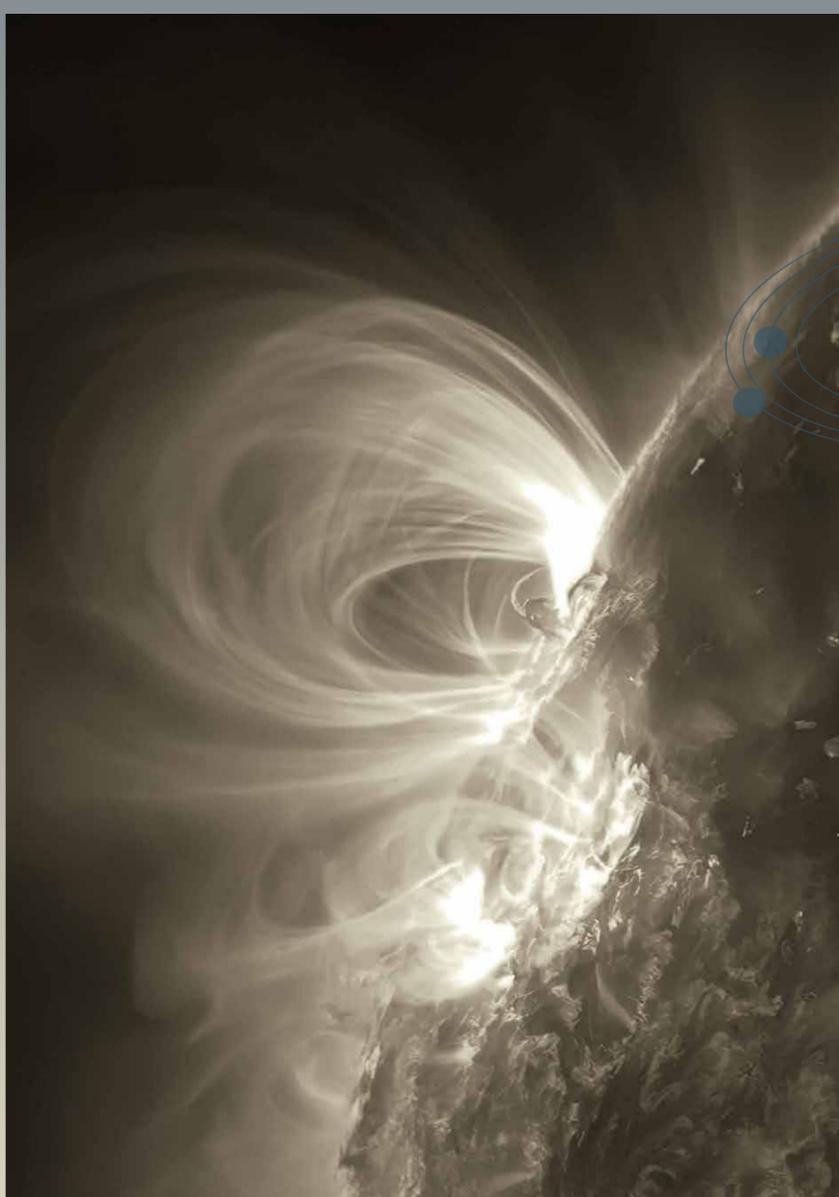
Regione del Sole	Quanto è grande	Radiazione emessa
FOTOSFERA	È lo strato superficiale con spessore di circa 500 km	Viene emessa la radiazione visibile
CROMOSFERA	Ha uno spessore di circa 2000 km	Viene emessa la radiazione ultravioletta
CORONA	Strutture ad arco con dimensioni fino a diverse centinaia di migliaia di chilometri	Vengono emessi raggi X



L'osservazione della corona solare ha ispirato le macchine per la fusione termonucleare basate sul *confinamento magnetico* perché in tale regione del Sole noi vediamo delle *strutture ad arco* in cui il plasma con temperature di circa 1-2 milioni di gradi è contenuto proprio dai campi magnetici.

Il plasma caldo è confinato lungo le linee di forza magnetiche come la limatura di ferro nel caso del campo prodotto da una calamita. Si ritiene che le *correnti elettriche*, associate con i campi magnetici, siano responsabili del riscaldamento del plasma coronale fino a tali altissime temperature.

Immagini della corona solare nei raggi X. A sinistra, l'intera corona; in basso, archi coronali. Credits: NASA, Solar Dynamic Observatory



CHE COSA C'ENTRA CON LE STELLE?



LA PRODUZIONE DI ELIO NEL SOLE

Due protoni si possono fondere nel momento in cui si avvicinano ad una distanza di 10^{-15} m, quando inizia ad agire la forza nucleare forte. Tuttavia, il loro avvicinamento è ostacolato dalla repulsione elettrica, a causa della quale riescono a portarsi ad una distanza non inferiore a 10^{-12} m, nonostante l'elevata temperatura del Sole.

La reazione di fusione riesce ad avvenire quindi solo grazie al cosiddetto "effetto tunnel quantistico".

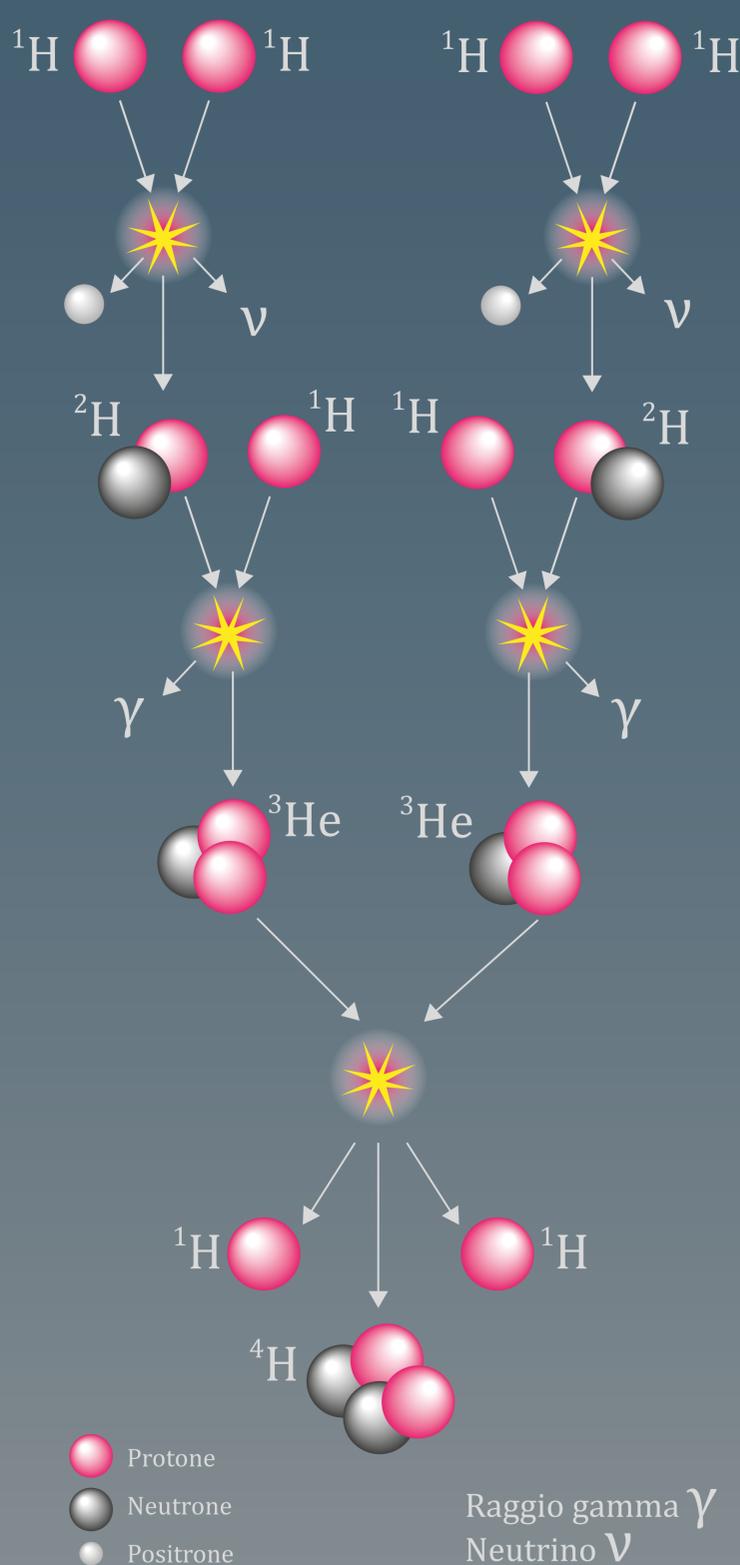
PRIMA FASE: i due protoni ^1H si fondono per produrre un nucleo di deuterio ^2H . Grazie all'azione della forza nucleare debole, uno dei protoni si trasforma in un neutrone rilasciando un positrone e^+ ed un neutrino ν . La probabilità di questo processo è estremamente bassa: avviene una volta in un miliardo di anni per la singola coppia di protoni che interagiscono. È solo grazie all'enorme numero di protoni presenti nel nucleo del Sole che la reazione procede ad una velocità adeguata a mantenere stabile la nostra stella.

Il positrone prodotto in questa prima fase si annichila velocemente con un elettrone, liberando energia.

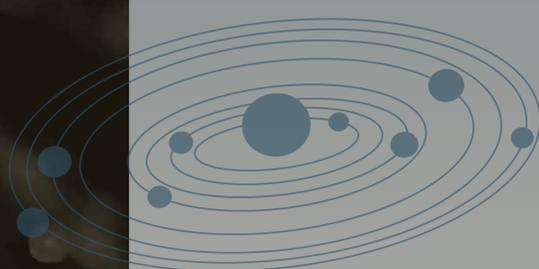
SECONDA FASE: il deuterio si fonde con un altro protone e forma un isotopo di Elio, detto Elio-3 o Elio leggero, liberando energia.

TERZA FASE: nelle reazioni che sono più frequenti nel Sole, due nuclei di Elio leggero si fondono, producendo un nucleo di Elio-4, due protoni ed energia.

Il nucleo di Elio-4 ha una massa dello 0,7% più piccola di quella dei quattro protoni iniziali; pertanto una piccola frazione della massa (difetto di massa) viene convertita in energia, secondo la relazione di Einstein $E = mc^2$.



CHE COSA C'ENTRA CON LE STELLE?



IL LUNGO VIAGGIO DELL'ENERGIA SOLARE

Il viaggio dell'energia solare sotto forma di radiazione verso la Terra inizia dalla fotosfera. La radiazione emessa dal Sole in un secondo è di circa 3.86×10^{26} Joule, ma soltanto una piccolissima frazione arriva alla sommità dell'atmosfera terrestre: meno di mezzo miliardesimo.

Eppure questa minuscola frazione di tutta l'energia prodotta dal Sole produce la quasi totalità dei fenomeni atmosferici, oceanici e biologici.

La radiazione solare si propaga senza perdere energia, ma si distribuisce su un'area sempre più grande via via che ci allontaniamo dalla nostra stella.

Quando giunge alla distanza del nostro pianeta (circa 150 milioni di km), essa ha la giusta intensità per garantire alla Terra una temperatura confortevole, uno dei fattori fondamentali che ha permesso la comparsa e l'evoluzione degli esseri viventi.

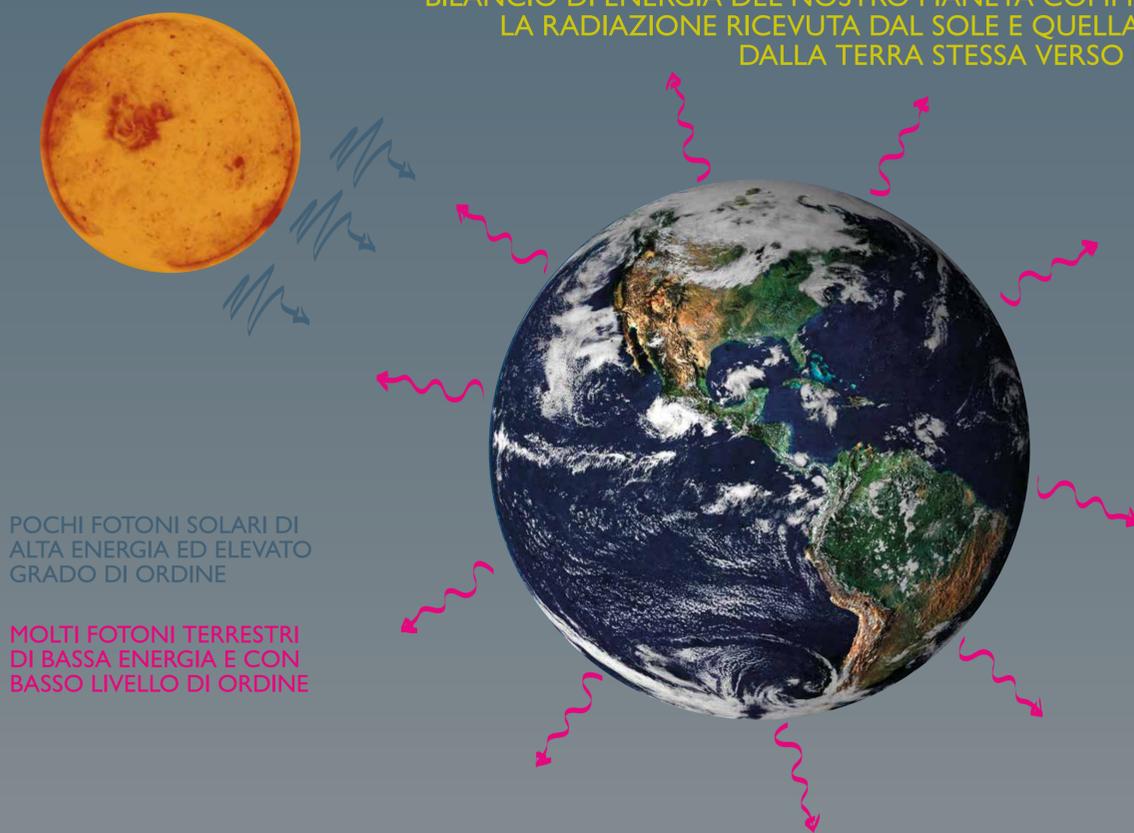
Un secondo effetto della diluizione della radiazione solare con la distanza è l'aumento del suo **grado di ordine**, ovvero un indicatore di quanto un sistema fisico sia regolare piuttosto che caotico ed imprevedibile. Una luce che arriva da tutte le direzioni con la stessa intensità possiede infatti un basso grado di ordine, in quanto non si riconosce nessuna direzione privilegiata. Invece, grazie alla distanza che ci separa dalla nostra stella, la luce del Sole che arriva sulla Terra proviene da una piccola zona del cielo e questo conferisce alla radiazione un maggior

grado d'ordine.

Questo aspetto è importante in quanto in un sistema ordinato è più probabile che avvengano dei processi complessi: l'energia immessa non viene dispersa in interazioni semplici, come urti tra particelle, ma può essere convogliata tutta in processi più rari in quanto richiedono più energia. Ad esempio, la **fotosintesi clorofilliana** produce molecole di carboidrati complessi a partire da atomi semplici. In questo caso l'ordine direzionale della radiazione solare viene trasferito in ordine strutturale nella disposizione degli atomi.

La vita è un fenomeno complesso che si basa su organismi e strutture con un elevato grado di ordine. La Terra nel suo insieme è un sistema che non può scambiare materia con lo spazio esterno, ma soltanto ricevere la radiazione solare e rimettere la sua radiazione termica verso lo spazio interplanetario. Se non ci fossero questi scambi di radiazione, la Terra nel suo insieme sarebbe un sistema isolato e quindi un ambiente molto diverso da quello che conosciamo ora, con probabili conseguenze sull'esistenza e il mantenimento della vita così come la conosciamo.

BILANCIO DI ENERGIA DEL NOSTRO PIANETA COMPREDENTE LA RADIAZIONE RICEVUTA DAL SOLE E QUELLA RIEMESSA DALLA TERRA STESSA VERSO LO SPAZIO

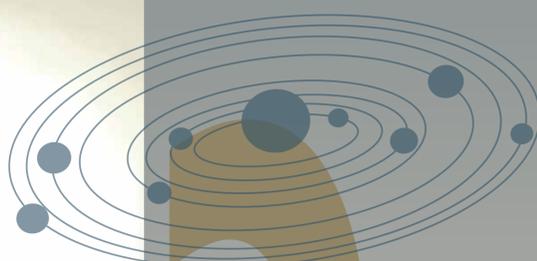


POCHI FOTONI SOLARI DI ALTA ENERGIA ED ELEVATO GRADO DI ORDINE

MOLTI FOTONI TERRESTRI DI BASSA ENERGIA E CON BASSO LIVELLO DI ORDINE



CHE COSA C'ENTRA CON LE STELLE?



25

LE INTERAZIONI FONDAMENTALI

I sistemi fisici sono caratterizzati da interazioni diverse e variegata, ma che possono essere tutte ricondotte a quattro forze fondamentali.

La forza a noi più nota è la **gravità**, che agisce attraendo le masse.

La forza **elettromagnetica** è responsabile dell'interazione tra cariche elettriche, di repulsione o attrazione a seconda che le cariche siano dello stesso segno oppure di segno opposto. Queste due forze agiscono su tutto lo spazio, sia pure con intensità decrescente con il quadrato della distanza.

La «forza nucleare **forte**» e la «forza nucleare **debole**» agiscono invece solamente nelle minuscole dimensioni subatomiche: la prima tiene uniti i protoni e i neutroni (agendo sui quark di cui sono costituiti); la seconda è responsabile dei decadimenti nucleari e della radioattività.

Le quattro forze hanno **intensità** incredibilmente diverse fra loro. Consideriamo due protoni: questi hanno sia massa che carica (positiva),

quindi fra loro agiscono sia la gravità che la forza elettromagnetica repulsiva. Se paragoniamo l'intensità di queste due forze troviamo che la seconda è immensamente maggiore della prima: 10^{36} volte più intensa.

La forza elettromagnetica risulta anche 100 miliardi di volte più intensa della forza nucleare debole, mentre la forza forte, la più intensa di tutte, è 100 volte maggiore della elettromagnetica, sebbene agisca su distanze molto minori.

La possibilità che avvengano reazioni termonucleari nelle stelle dipende in maniera molto delicata dalle **intensità relative** tra le quattro forze fondamentali.

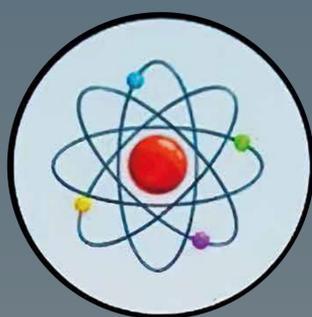
Se i rapporti tra le forze e le proprietà delle particelle su cui agiscono fossero sensibilmente differenti da quelli che troviamo in natura, ovunque nell'universo verrebbero meno le condizioni per sostenere la complessità e la vita.

4 FORZE FONDAMENTALI



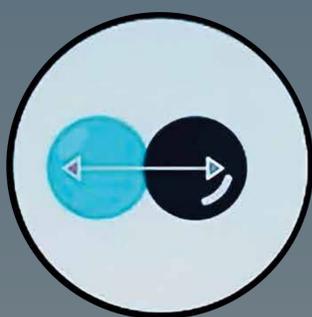
1) FORZA GRAVITAZIONALE

È responsabile del collasso della «protostella» a partire da una nube iniziale di gas e polveri, fino a produrre nelle regioni centrali le alte temperature ($\sim 10^7$ K) necessarie all'innesco delle reazioni termonucleari.



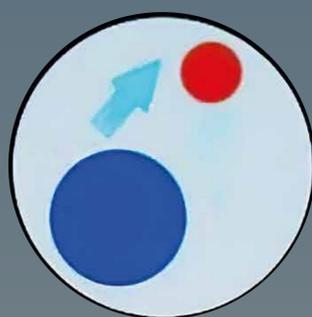
2) FORZA ELETTROMAGNETICA

Pone un limite al collasso gravitazionale; inoltre, grazie alla repulsione elettrostatica fra i protoni presenti nei nuclei, modera l'efficienza delle reazioni termonucleari.



3) FORZA NUCLEARE FORTE

Tiene insieme i nucleoni (protoni e neutroni nei nuclei atomici) ed è grazie ad essa che due nuclei leggeri possono unirsi («fondere») combinandosi in un nucleo più pesante.

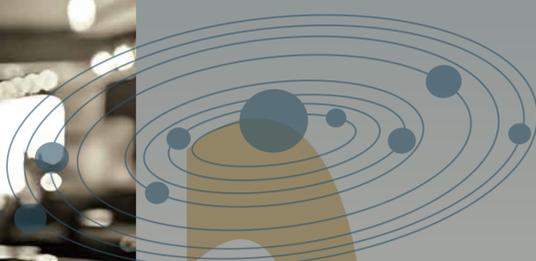


4) FORZA NUCLEARE DEBOLE

È responsabile dei decadimenti nucleari, fondamentali nei processi di fusione; in particolare, il «decadimento β^+ » controlla il primo passo della nucleosintesi stellare: la fusione di due protoni in un nucleo di deuterio.



CHE COSA C'ENTRA CON LE STELLE?



4.0

NON C'È VITA SENZA ENERGIA

L'ordine che caratterizza la vita e il suo mantenimento richiede energia. Tutte le reazioni chimiche per la sintesi delle molecole della vita richiedono energia. Senza energia l'organismo vivente muore e si degrada nelle molecole inorganiche che lo compongono.

La fonte primaria di energia per tutte le attività sulla Terra è il Sole, ma perché possa essere impiegata a favore della vita biologica occorrono condizioni estremamente raffinate che hanno consentito alla vita di evolvere e mantenersi sul nostro pianeta.

Circa 3,5 miliardi di anni fa le prime forme di vita, probabilmente presenti in acque termali, hanno utilizzato come fonte di energia il calore dell'ambiente, la chimica delle molecole inorganiche a loro disposizione quali nitrati solfati e carbonati e probabilmente il glucosio presente nell'ambiente.

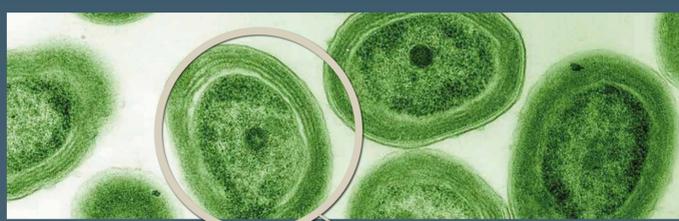
Quando poi, circa 3 miliardi di anni fa, i cianobatteri hanno "inventato" la fotosintesi, acquisendo la capacità di utilizzare la luce solare per sintetizzare zuccheri dalla anidride carbonica (CO_2) atmosferica e dall'acqua producendo ossigeno (O_2) come prodotto di scarto, questo ha indotto un radicale cambiamento dell'ambiente circostante, permettendo l'evoluzione della vita.



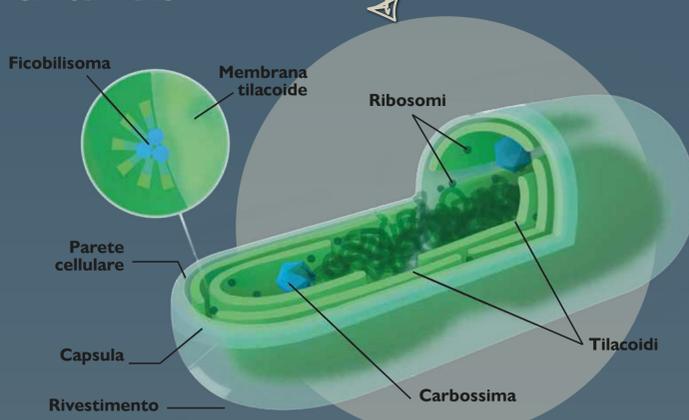
Le sorgenti di Dallol, Etiopia dove alcuni batteri vivono utilizzando acido solfidrico (H_2S) e accumulano zolfo al loro interno



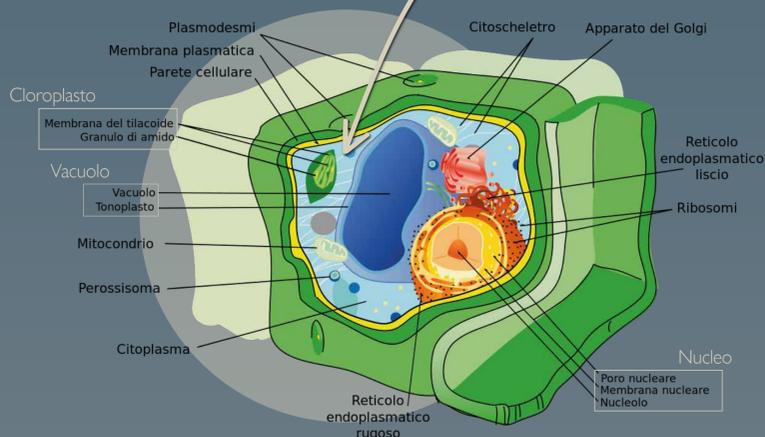
I cianobatteri, solitamente di colore verde-azzurro ("ciano") a causa dei pigmenti capaci di assorbire la radiazione luminosa sono gli organismi unicellulari procarioti (cellule senza nucleo) che hanno permesso di passare da una atmosfera riducente, ricca di idrogeno e poco adatta a forme di vita superiori che necessitano per mantenersi di maggiori quantità di energia, a una atmosfera ossidante dovuta alla presenza di ossigeno. La presenza di O_2 nell'atmosfera ha formato lo strato esterno dell'ozono che ha schermato i raggi UV e ha permesso lo sviluppo della vita sulla terraferma.



CIANOBATTERIO

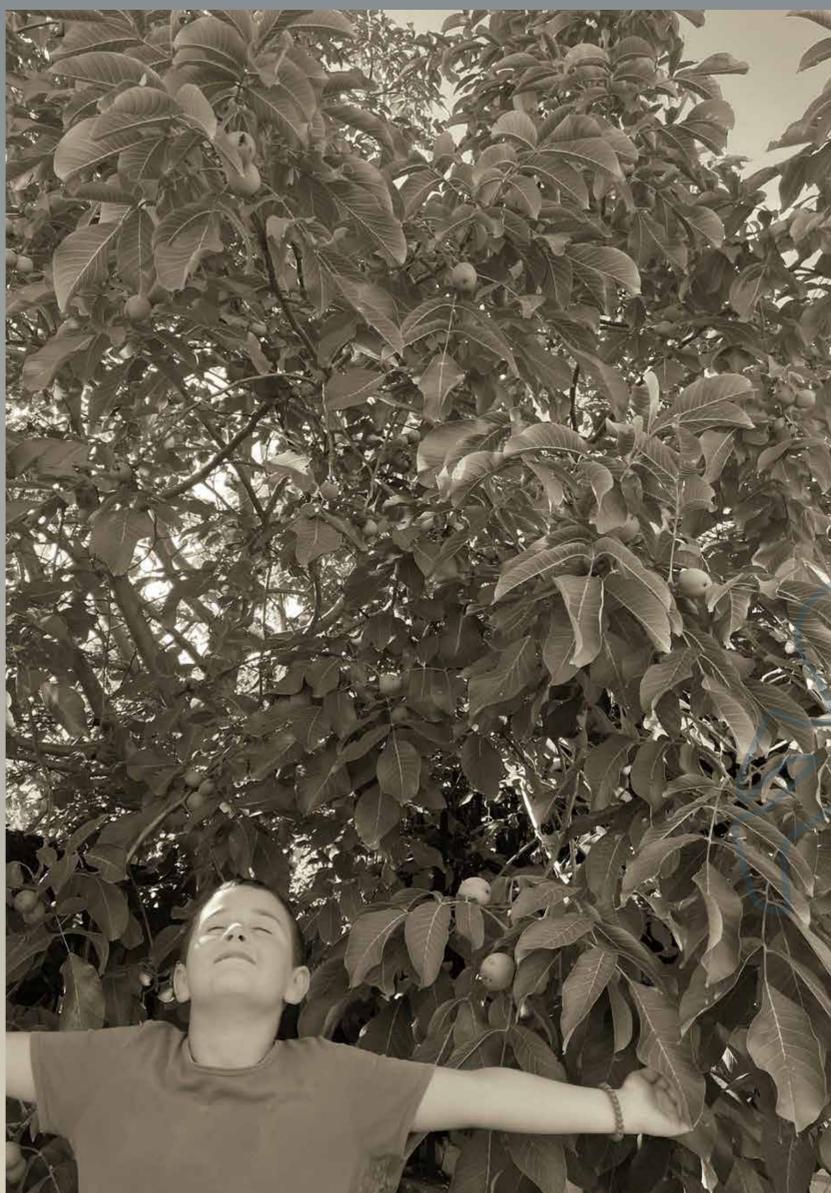


CELLULA EUCARIOTA VEGETALE

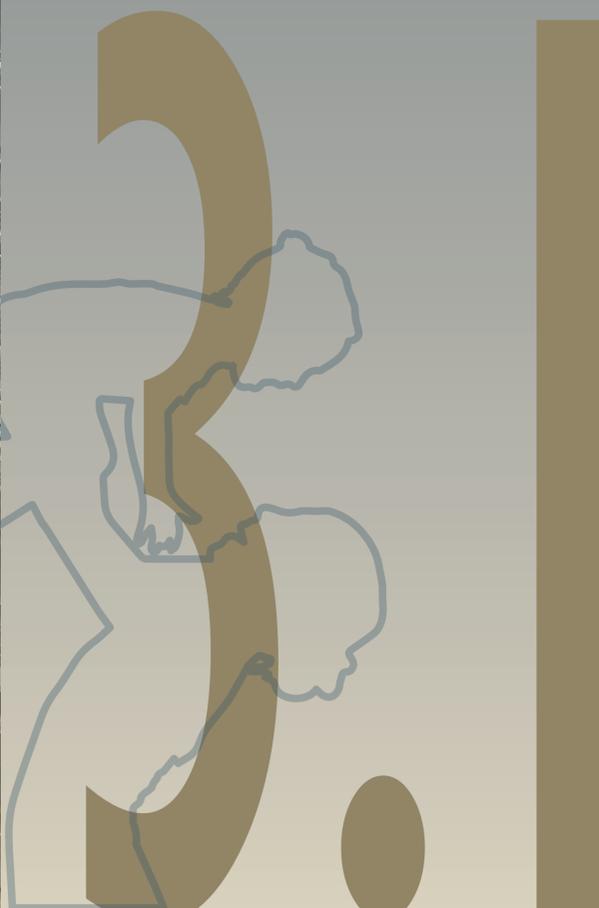


I cianobatteri, o comunque organismi senza nucleo detti procarioti ad essi molto simili, fecero la loro comparsa in un lontanissimo passato della biosfera terrestre, circa 3 miliardi di anni fa. Batteri che respiravano e batteri fotosintetici furono inglobati nei primi organismi eucarioti (cellule con nucleo) formando mitocondri e cloroplasti. Dagli eucarioti partì l'evoluzione degli organismi pluricellulari

In queste condizioni sono comparsi i batteri aerobi in grado di produrre molta energia bruciando il glucosio in presenza di ossigeno. Grazie a loro si è avuta l'evoluzione della vita sulla terraferma, per arrivare fino all'uomo e a tutta la biodiversità che oggi conosciamo. Noi respiriamo, cioè assumiamo ossigeno dall'atmosfera, e ci alimentiamo, cioè assumiamo zuccheri, proteine e grassi da combinare con l'ossigeno per produrre energia che ci serve per vivere.



ENERGIA E VITA



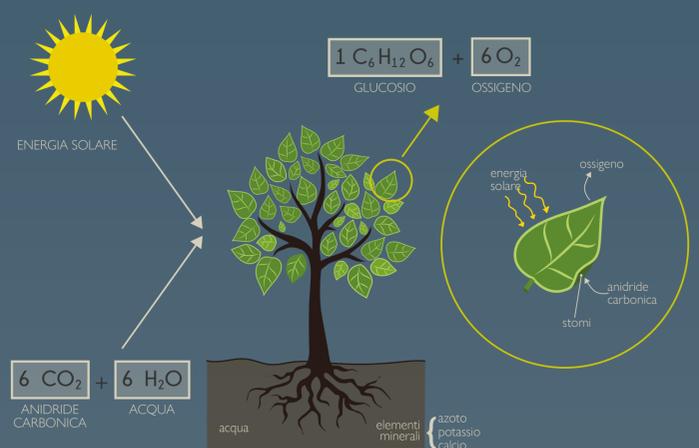
LA FOGLIA: UN “PANNELLO SOLARE” NATURALE

CATTURARE L'ENERGIA DEL SOLE: TRASFORMARE L'ENERGIA ELETTROMAGNETICA (LUCE) IN RISERVA DI ENERGIA CHIMICA (GLUCOSIO)

Di tutta l'energia proveniente dal Sole solo circa due miliardesimi viene intercettata dalla Terra, ma questa piccola frazione di energia è la molla che alimenta l'intero “meccanismo” terrestre. Di questa solo circa l'1% è sfruttato dai vegetali per la fotosintesi

La quantità di energia solare catturata dalla fotosintesi è nell'ordine di 100 Terawatt (100 milioni di milioni di watt) che corrispondono a circa sei volte l'attuale impiego di energia da parte dell'intera civiltà umana. I processi fotosintetici trasformano ogni anno circa 115 miliardi di tonnellate di carbonio atmosferico (CO₂) nelle molecole organiche dei viventi (biomassa).

La luce viene catturata nelle foglie da una combinazione di clorofille e pigmenti e passata da una molecola all'altra fino a un'unica coppia di clorofille detto centro di reazione.

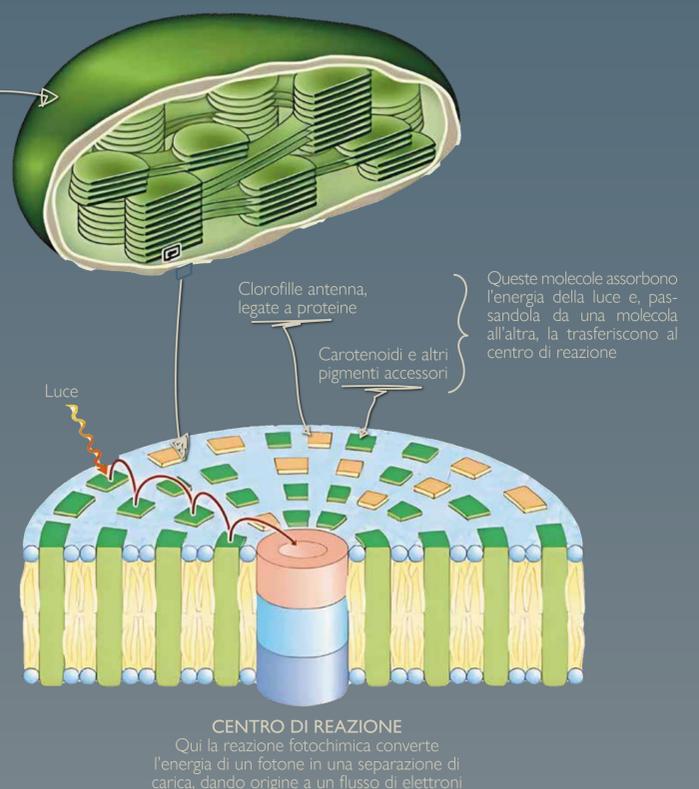


L'energia del sole viene “intrappolata” per mezzo della sintesi del glucosio (C₆H₁₂O₆) a partire da anidride carbonica (CO₂) e acqua (H₂O) secondo lo schema: 6 CO₂ + 6 H₂O + energia solare → C₆H₁₂O₆ + 6 O₂

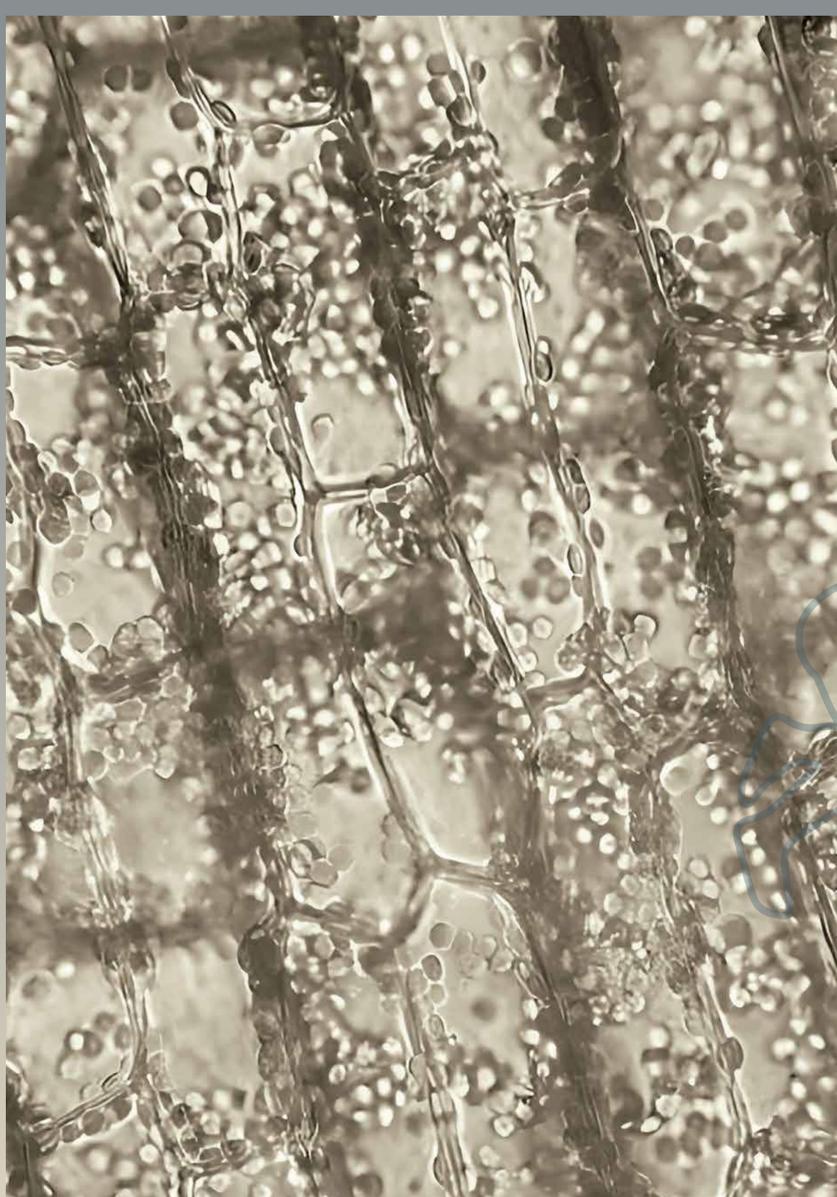


Immagine al microscopio SEM di un cloroplasto. Nel suo stroma sono contenuti i tilacoidi, sistemi di membrane a forma di sacchi appiattiti dove avvengono le reazioni alla luce e di fissazione del carbonio. In essi sono presenti i pigmenti e i complessi enzimatici coinvolti nella formazione delle molecole nei cui legami viene immagazzinata l'energia

Al centro di reazione l'energia del fotone strappa un elettrone all'H₂O producendo ossigeno (O₂) e generando un flusso di elettroni e protoni che, trasportati, attraverso gruppi di proteine, sedi di numerose reazioni chimiche, permettono la sintesi di molecole organiche nei cui legami chimici viene immagazzinata l'energia ottenuta dalla luce per essere poi rilasciata nel comparto della cellula deputato alla seconda fase della fotosintesi (Fase Oscura) che porta alla sintesi del glucosio.



Nelle membrane sono contenuti due diversi tipi di fotosistemi, ognuno con il proprio tipo di centro di reazione, e il proprio tipo di molecole antenna. I due centri di reazione agiscono in coppia per catalizzare il movimento degli elettroni indotto dalla luce, dall'H₂O alla molecola che trasferisce energia al sistema di sintesi del ATP



ENERGIA E VITA



DALL'ENERGIA ALLA VITA

IL CARBURANTE DELLA VITA

Il glucosio è il principale combustibile biologico che, reagendo con l'ossigeno (glicolisi), libera energia.



Negli esseri viventi questa energia non viene dispersa completamente in forma di calore. Una parte di essa viene immagazzinata per essere utilizzata quando è richiesta nei diversi compartimenti cellulari, ad esempio per la costruzione delle strutture cellulari, la riproduzione, la sintesi degli enzimi, ecc. Come viene trattenuta questa energia?

La soluzione trovata dall'evoluzione è la produzione di molecole che immagazzinano porzioni di energia nei loro legami e che sono capaci di rilasciarla alla bisogna.

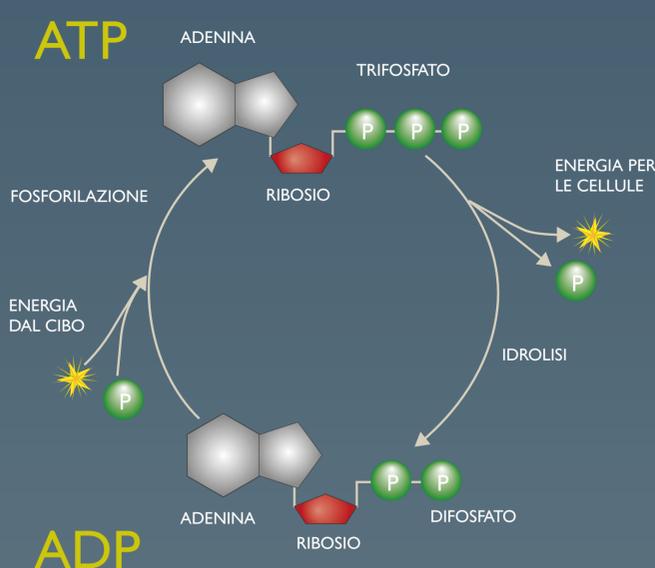
La principale di queste molecole si chiama adenosintrifosfato (ATP) e la sua produzione avviene attraverso una serie complessa di reazioni nei mitocondri, organuli cellulari specializzati proprio nella fabbricazione di tali molecole.

Le riserve di carburante degli organismi viventi

Tutti gli organismi hanno la necessità di avere riserve di combustibile. Le piante immagazzinano il glucosio come amido e gli animali come glicogeno, ma essendo il glucosio, un combustibile non particolarmente efficiente per grammo di sostanza, gli animali, che hanno la necessità di muoversi trasportando le loro riserve di energia, hanno selezionato la possibilità di trasformare il glucosio in una riserva energetica più performante come gli acidi grassi (ad esempio l'acido stearico). La migliore efficienza di combustione degli acidi grassi è evidenziata nella tabella che riporta il calore sviluppato nella combustione di alcune sostanze, per grammo di combustibile. Maggiore è il valore assoluto di questo calore, maggiore l'efficienza del combustibile: l'idrogeno è il più efficiente, tra quelli indicati, mentre il glucosio è quello meno efficiente.

Combustibile	Peso molecolare g	Calore di combustione Kcal/g	Calore di combustione Kcal/mole
Glucosio	180	-3,7	-673
Acido stearico	284	-9,5	-2712
Benzina	114	-11,5	-1303
Idrogeno	2	-340	-68

Il calore di combustione rappresenta la quantità di energia che si libera facendo reagire completamente la sostanza con ossigeno sia nella vera e propria combustione che nelle reazioni del metabolismo delle cellule



Trasporto dell'energia all'interno della cellula: ciclo ATP - ADP. L'energia prodotta dall'ossidazione del glucosio viene utilizzata per la formazione del legame tra due atomi di fosforo (P): questo legame chimico agisce da accumulatore di energia, che viene così immagazzinata, può essere trasportata e successivamente rilasciata attraverso la rottura (idrolisi) di questo stesso legame per essere utilizzata per le diverse funzioni cellulari

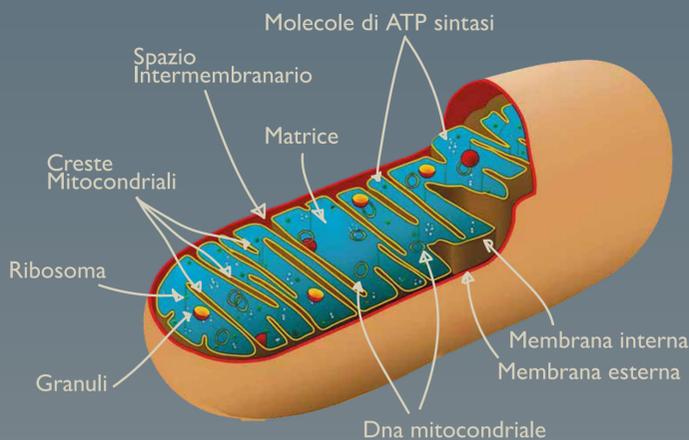
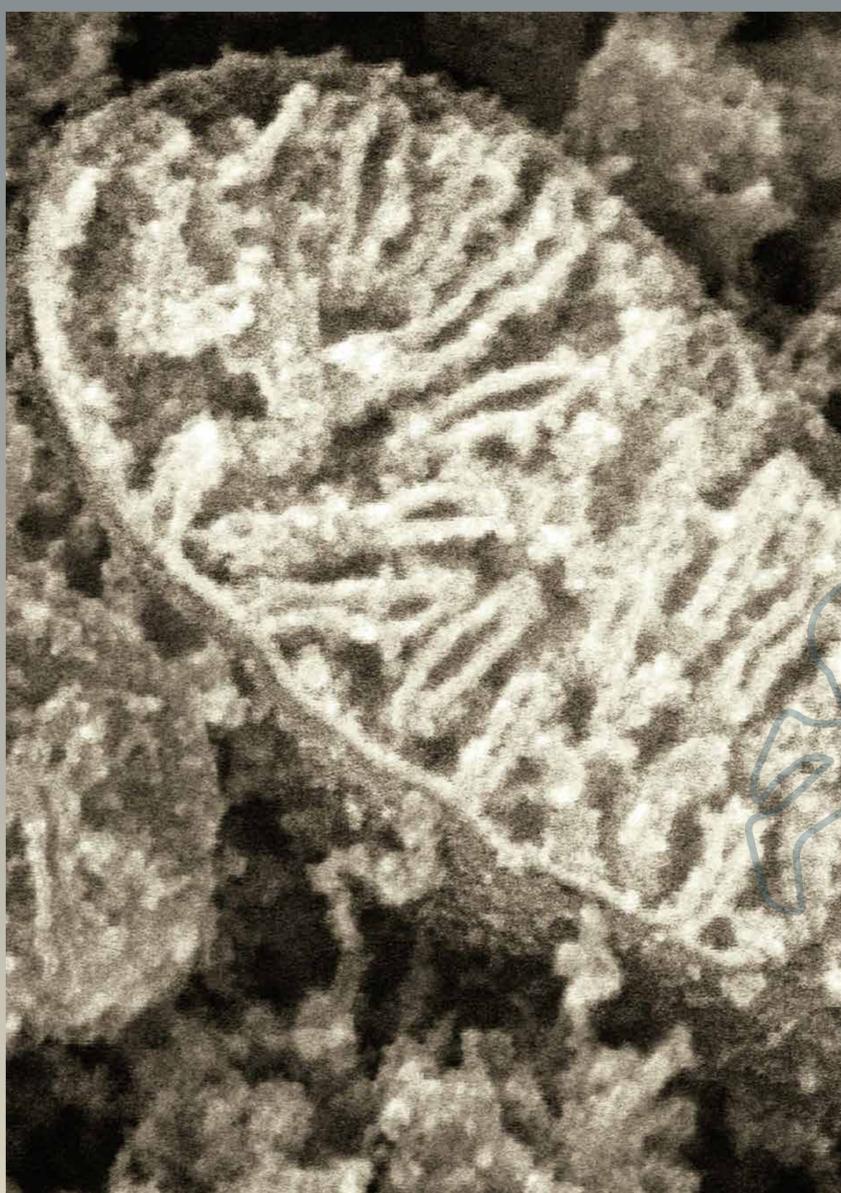


Immagine schematica di un mitocondrio

Per le piante, che non hanno necessità di muoversi, l'efficienza energetica per grammo di sostanza non è un fattore rilevante: possono perciò utilizzare il glucosio, anche se poco efficiente.



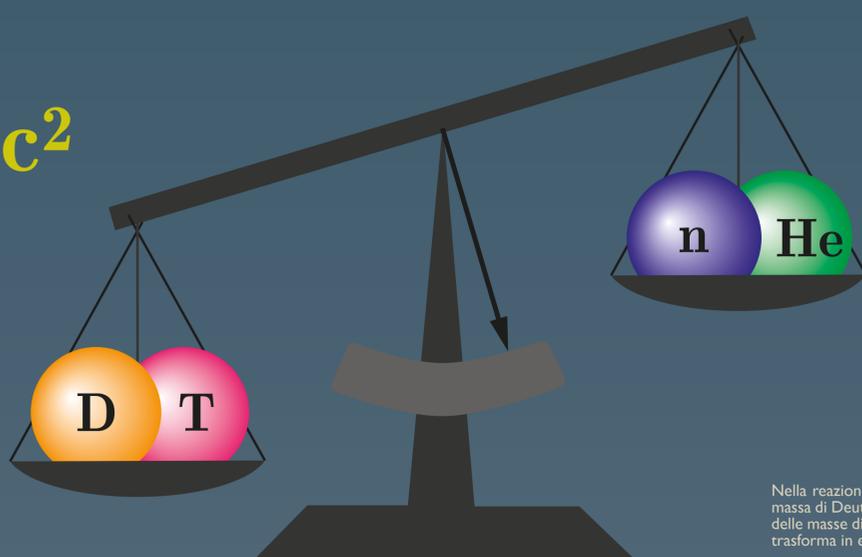
ENERGIA E VITA



COS'È LA FUSIONE?

I nuclei degli elementi hanno un certo numero di protoni (p) e neutroni (n), tenuti insieme dalla forza nucleare forte. L'intensità dei legami in un nucleo, che corrisponde all'energia necessaria per separarne le particelle, si riflette nel fatto che la massa del nucleo risulta inferiore alla somma delle masse delle sue componenti, secondo la nota formula di Einstein:

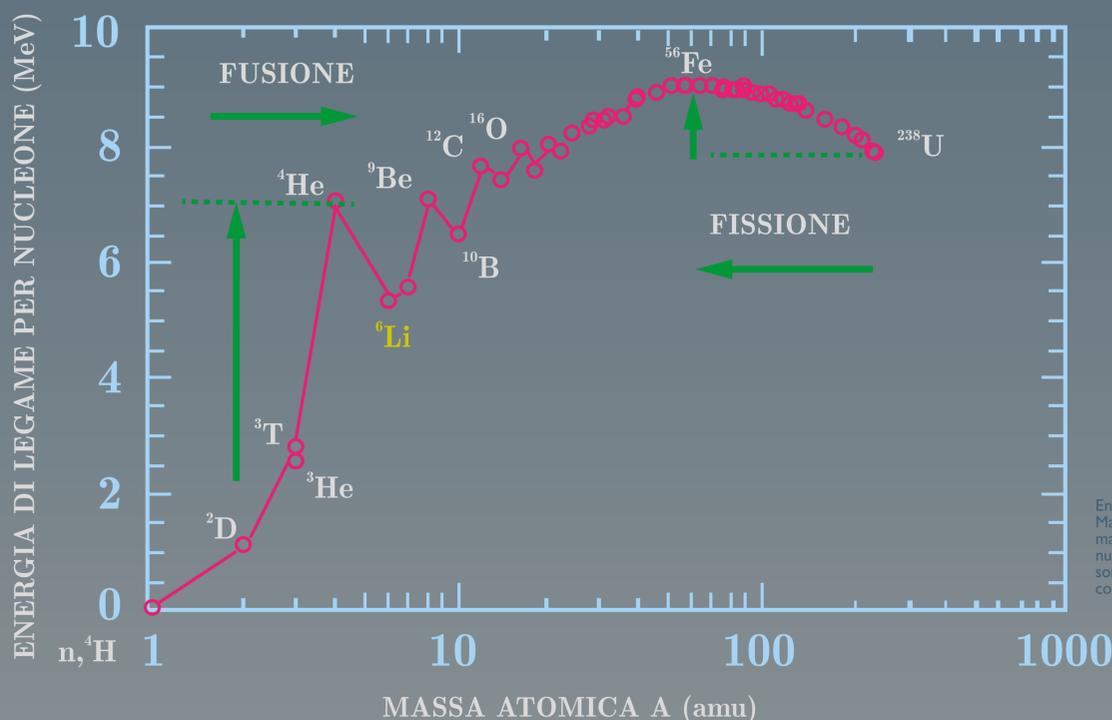
$$E = mc^2$$



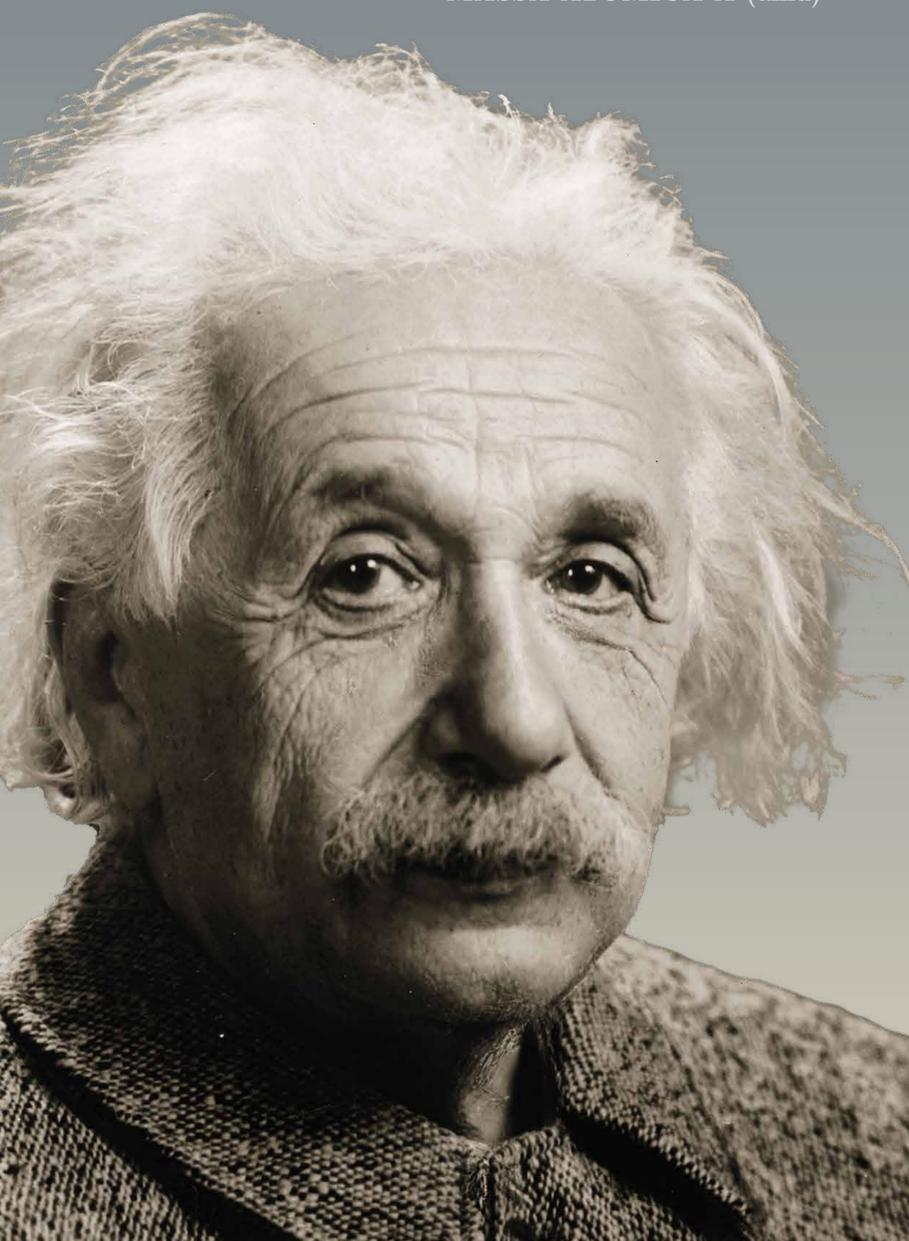
Nella reazione di fusione nucleare la somma della massa di Deuterio e Trizio è maggiore della somma delle masse di Elio e Neutrone; la massa restante si trasforma in energia secondo la formula di Einstein

Siccome “c” (velocità della luce) è un numero grande (300 mila km al secondo), basta pochissima massa per fornire molta energia!

Quando nuclei leggeri si fondono tra loro (fusione) o quando nuclei pesanti si scindono (fissione) i nuclei risultanti sono più strettamente legati dei nuclei di partenza. La somma delle masse dei nuovi nuclei è quindi inferiore alla somma delle masse dei reagenti. Questa “mancanza” di massa equivale all'energia liberata nei processi di fusione e fissione.



Energia di legame per nucleone. Maggiore è l'energia di legame, minore è la massa del nucleo rispetto alla somma dei singoli nucleoni → i nuclei con energia di legame alta sono candidati come prodotti di reazioni nucleari con saldo energetico attivo



IL CAMMINO VERSO LA FUSIONE



4.1