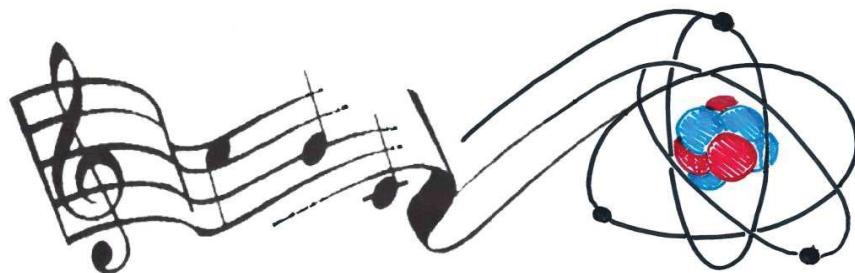




*Il Gruppo Divulgazione Scientifica
presenta*

Note di Scienza



*prima edizione
stagione 2011-2012*

in collaborazione con

Radio Belluno

Indice

<i>Lettera del Presidente</i>	3
<i>Saluto della redazione</i>	5
I numeri di Fibonacci e la sezione aurea <i>Firth of fifth (Genesis)</i>	7
Il Pi greco <i>Pi (Kate Bush)</i>	11
La “super” fisica di LHC <i>Supercollider (Radiohead)</i>	15
Il litio <i>Lithium (Nirvana)</i>	19
Buchi neri ed evoluzione del Sole <i>Black Hole Sun (Soundgarden)</i>	22
Breve storia della chimica <i>Un chimico (De Andrè)</i>	26
Extra dimensioni <i>Fifth Dimension (The Byrds)</i>	30
La tavola periodica <i>The elements (Tom Lehrer)</i>	33
Una pioggia di raggi cosmici <i>Have you ever seen the rain? (Creedence Clearwater Revival)</i>	37

Le formule chimiche	40
<i>Formula chimica (Neri per Caso)</i>	
Spirali, dall'infinitamente grande all'infinitamente piccolo	45
<i>Lateralus (Tool)</i>	
Australopithecus e LSD	48
<i>Lucy in the sky with diamonds (Beatles)</i>	
Identità e formule "ecumeniche"	52
<i>Mathematics (Van Der Graaf Generator)</i>	
L'atomo	55
<i>In ogni atomo (Negrita)</i>	
Propagazione della luce ed illusioni ottiche	59
<i>Fata Morgana (Litfiba)</i>	
L'energia	62
<i>Atomico pathos (Renato Zero)</i>	
Figure di interferenza e dualismo onda-corpuscolo	66
<i>Interference patterns (Van Der Graaf Generator)</i>	
La meccanica quantistica	69
<i>We are all made of stars (Moby)</i>	
Draghi, fulmini e lenticchie: strane storie di fossili (1)	73
<i>Il fossile (Samuele Bersani)</i>	
Draghi, fulmini e lenticchie: strane storie di fossili (2)	76
<i>The snake (The Cult)</i>	

Lettera del Presidente

Come preannunciato nella prefazione della terza ed ultima edizione di “Pillole di Scienza”, avremmo chiuso questa rubrica radiofonica per aprirne una nuova. La necessità si sentiva, sia tra coloro che partecipavano alla registrazione delle puntate, in quanto le idee venivano un po' meno, sia tra gli ascoltatori di Radio Belluno; ma il messaggio di innovazione era evidente già dalla redazione che aveva bisogno di qualcosa di diverso e “di più”. Da questi spunti ha preso forma “Note di Scienza”, rubrica che mescola la musica, in particolare quelle canzoni che nel titolo, nel testo o perché no nella composizione musicale richiamano concetti scientifici, con la divulgazione scientifica, nello specifico fare chiarezza sui concetti richiamati nelle canzoni.

Non vi nascondo che nonostante l'entusiasmo iniziale era difficile trovare canzoni a tema, un po' perché non tutti siamo grandi cultori dell'arte musicale, un po' perché alcune discipline scientifiche trovano poco riscontro nella musica. Ad ogni modo, trovate le prime, quasi come avessimo superato una sorta di energia di attivazione, siamo riusciti a scovare le più svariate canzoni, italiane ed internazionali, a volte con grande sorpresa nostra nello scoprire le nuove porte che si sono aperte, a volte anche leggendo tra le righe dei testi i messaggi trasmessi.

Questa prima stagione è ridotta rispetto alle precedenti di “Pillole di Scienza” perché voleva essere una sorta di pilota per capire se la formula sarebbe andata bene, inoltre era un momento di innovazione anche per la radio, che ha apportato importanti modifiche ai palinsesti. Fin da subito, però, sia noi che la redazione ci siamo resi conto del “gran colpo” messo a segno: un programma veramente bello, ma soprattutto innovativo e che ha riscosso un successo ben oltre le aspettative. Sono sicuro che la rubrica vi terrà compagnia per alcuni anni, nel frattempo pensiamo già al dopo per stupirvi di nuovo.

Come sapete il nostro impegno si basa sul volontariato ed acquistando questo voluttoso sarete parte viva nel sostenere tutte le nostre attività, che sempre di più rendono il GDS unico nel suo genere e che, ancora una volta, mostrano quello che si può creare se guidati dalla passione.

Non mi rimane che augurarvi una buona lettura a cavallo tra musica e scienza, magari leggendo queste pagine mentre ascoltate le relative canzoni!

*Il Presidente GDS
Dott. Fabiano Nart*

Saluto della redazione

Con immenso piacere, porto il mio contributo in questo libriccino che raccoglie il frutto dell'entusiasmante esperienza con gli amici del "Gruppo Divulgazione Scientifica Dolomiti - E. Fermi".

Quest'anno infatti abbiamo proposto insieme un mix di musica e scienza, un viaggio incredibile attraverso delle canzoni più o meno note che hanno dato modo di sviluppare diversi argomenti.

"Note di scienza" chiude questa sua prima stagione con un bilancio più che positivo in termini di ascolti e gradimento, un'esperienza che sicuramente Radio Belluno accoglierà ancora nel palinsesto autunnale.

*Donatella Boldo
Conduttrice Radio Belluno*

I numeri di Fibonacci e la sezione aurea

Ing. Paolo Alessandrini

Titolo: ***Firth of fifth***

Autore: *Genesis*

Album: *Selling England by the pound*

Anno di pubblicazione: 1973

Durata: 9' 37"

The path is clear

Though no eyes can see

The course laid down long before.

And so with gods and men

The sheep remain inside their pen,

Though many times they've seen the way to leave.

He rides majestic

Past homes of men

Who care not or gaze with joy,

To see reflected there

The trees, the sky, the lily fair,

The scene of death is lying just below.

The mountain cuts off the town from view,

Like a cancer growth is removed by skill.

Let it be revealed.

A waterfall, his madrigal.

An inland sea, his symphony.

Undinal songs

Urge the sailors on

Till lured by sirens' cry.

Now as the river dissolves in sea,

So Neptune has claimed another soul.

And so with gods and men

The sheep remain inside their pen,

Until the shepherd leads his flock away.

The sands of time were eroded by

The river of constant change.

Abbiamo aperto questa puntata di “Note di Scienza” con i Genesis...

Già, e per di più i Genesis di “*Selling England by the pound*”, forse il loro album più amato e di maggior successo. Siamo nel 1973, lo stesso anno in cui i Pink Floyd pubblicano “*The dark side of the moon*” ed esce il musical “*Jesus Christ Superstar*”. Il brano che stiamo ascoltando in sottofondo si intitola “*Firth of fifth*”: è una delle canzoni più emblematiche della stagione del rock progressivo e, a parere di molti (e anche mio, per quello che può valere), è una delle canzoni più belle dei Genesis. Due parole sul titolo della canzone, stravagante e pressoché intraducibile: il *Firth of Forth* è l'estuario del fiume Forth in Scozia; ora, in inglese il nome di questo fiume viene pronunciato nello stesso modo della parola *fourth*, che significa “quarto”, e da qui il gioco di parole con *fifth*, che significa “quinto”.

Ma cosa c'entrano i Genesis in una puntata di “Note di Scienza”?

C'entrano, perché il brano “*Firth of fifth*” ha una struttura formale molto interessante, in gran parte basata su alcuni numeri particolari chiamati numeri di Fibonacci.

E cosa sono questi speciali numeri di Fibonacci?

I numeri di Fibonacci sono i numeri che appartengono ad una particolare successione, detta appunto successione di Fibonacci. I primi due numeri della successione sono lo zero e l'uno, e ogni

numero successivo è la somma dei due precedenti. Quindi, dopo lo zero e l'uno, abbiamo $0 + 1 = 1$, che è infatti il terzo elemento della successione; poi abbiamo $1 + 1 = 2$, che è il quarto elemento...

Aspetta, lasciami indovinare: il quinto numero è la somma del terzo e del quarto, cioè $1 + 2 = 3$...

Bravissima! I numeri successivi (i nostri ascoltatori lo potranno facilmente verificare) sono 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, e così via.

Ma perché si chiamano numeri di Fibonacci?

Leonardo Pisano, il matematico che intorno al 1200 studiò questi numeri, era detto Fibonacci perché figlio del Bonacci, cioè di Guglielmo dei Bonacci, un ricco mercante pisano che fece fortuna tessendo relazioni commerciali con la città algerina di Bugia. Il figlio Leonardo, cioè il nostro Fibonacci, trascorse anche lui alcuni anni in Algeria, dove venne a contatto con molte tecniche matematiche note nel mondo arabo e ancora sconosciute in Occidente. Fibonacci, che per anni continuò a viaggiare aiutando il padre nelle sue attività commerciali, cominciò ad approfondire in modo originale queste conoscenze matematiche, e ben presto la sua occupazione di mercante passò in secondo piano, soppiantata dal forte interesse per la matematica. L'imperatore Federico II, famoso per la sua sensibilità culturale e per l'amore per la scienza, venne a conoscenza dei promettenti studi matematici di Fibonacci e gli offrì un vitalizio, che gli permise di dedicarsi completamente ai suoi studi. Nel 1202 Fibonacci pubblicò la sua opera più importante, il *Liber Abaci*, nella quale, oltre a numerosi altri fondamentali concetti di aritmetica e algebra, introdusse per la prima volta in Europa il sistema di numerazione decimale, basato sull'uso delle cosiddette cifre "arabe", tuttora in uso, compreso lo zero. A quel tempo in Europa si usavano i numeri romani e lo zero era del tutto sconosciuto: non stupisce il fatto che la diffusione del nuovo sistema proposto da Fibonacci incontrò all'inizio molti ostacoli. Nel *Liber Abaci* Fibonacci introdusse anche la successione di numeri che prende il suo nome e che era per la verità già nota agli arabi e agli indiani.

Perché Fibonacci era così interessato a questi numeri?

Fibonacci fu un geniale matematico teorico, uno dei più grandi di sempre, ma al tempo stesso non rinnegava la sua origine come mercante pragmatico e concreto, e il suo interesse per la successione che porta il suo nome era legato ad un'utilità pratica: in particolare Fibonacci si era accorto che la crescita di una popolazione di conigli poteva essere rappresentato con buona precisione dai numeri della successione.

Parliamo un po' di questi particolari numeri. Cos'hanno di speciale?

Prima di tutto godono di una enorme quantità di proprietà aritmetiche. Non credo di esagerare se dico che i matematici ne vanno pazzi. Vediamo alcune di queste caratteristiche. Se prendiamo tre numeri di Fibonacci consecutivi e moltiplichiamo il primo per il terzo e il secondo per se stesso, otteniamo sempre due numeri interi tra di loro consecutivi: ad esempio, prendiamo i numeri di Fibonacci 5, 8 e 13: ebbene, 5×13 fa 65, mentre 8×8 fa 64, e ovviamente 65 e 64 sono numeri consecutivi. Un'altra bizzarra proprietà è che se sommiamo tra loro 10 termini consecutivi della successione di Fibonacci, otteniamo sempre un multiplo di 11. Ogni numero di Fibonacci è uguale alla somma dei numeri di Fibonacci che lo precedono eccetto l'ultimo, aumentata di 1. E questo è soltanto la punta dell'iceberg: potremmo continuare all'infinito, ma credo che il tempo a disposizione sia limitato... Pensa che esiste addirittura un rivista specialistica, intitolata "*The Fibonacci Quarterly*", che esce ininterrottamente dal 1963 ogni tre mesi, ed è dedicata completamente ai numeri di Fibonacci e alle sue infinite particolarità!

Ma cosa c'entra il brano "Firth of fifth" dei Genesis con Fibonacci?

"Firth of fifth" è sicuramente uno dei pezzi più complessi e articolati dei Genesis, sia dal punto di vista strutturale che per quanto riguarda gli aspetti melodici, armonici e ritmici. Il pezzo è infatti costituito da molte parti: la bellissima introduzione per pianoforte eseguita da Tony Banks, la prima sezione vocale cantata da Peter Gabriel, il tema suonato dal flauto dello stesso Gabriel e poi sviluppato al pianoforte da Tony Banks, l'assolo di sintetizzatore, il lungo assolo di chitarra elettrica di Steve Hackett, una breve seconda sezione vocale e la chiusura in dissolvenza al pianoforte. Ebbene, per molti aspetti, questa complessa struttura metrica e ritmica ha a che fare con i numeri della successione di Fibonacci. Ad esempio, ognuna delle sezioni che abbiamo citato è composta da un numero di battute che, con precisione quasi perfetta, appartiene alla successione di Fibonacci: l'introduzione di pianoforte è formata da 34 battute, la parte di flauto da 13 battute, l'assolo di sintetizzatore da 34 battute, l'assolo di chitarra da 5 battute, e così via. Anche considerando le durate temporali delle sezioni, o il numero di misure musicali in ogni sezione, si possono riscontrare molte regolarità strettamente imparentate con i numeri di Fibonacci. Alcuni musicologi hanno ritenuto di scoprire, all'interno di questa canzone, anche curiose parentele di carattere numerologico o cabalistico: io preferisco pensare che si tratti in molti casi di semplici coincidenze; tuttavia, è molto probabile che alcuni richiami ai numeri di Fibonacci siano stati ricercati volutamente da Tony Banks, il tastierista dei Genesis che è il principale autore di questo complicato e splendido brano.

Ho sentito dire che i numeri di Fibonacci si ritrovano anche in natura. È vero?

Sì, è vero: i numeri di Fibonacci si ritrovano in moltissimi fenomeni naturali. È sorprendente, ad esempio, riscontrare che molti fiori hanno un numero di petali che appartiene alla successione di Fibonacci: ad esempio i gigli hanno tre petali, i ranuncoli ne hanno cinque, le margherite solitamente 34 o 55 oppure 89. Le infiorescenze presenti al centro del girasole descrivono spirali concentriche, alcune delle quali sono disposte in senso orario e altre in senso antiorario: se si conta il numero di spirali orarie e di spirali antiorarie, si ottengono due numeri di Fibonacci consecutivi, ad esempio 21 e 34, oppure 34 e 55. Fibonacci si ritrova nel mondo delle piante in molti altri casi: dalla disposizione dei rami di alcuni alberi, alla forma delle foglie, ai pistilli sulle corolle dei fiori, alla conformazione degli ananas e delle pigne di alcune conifere.

A parte le piante, dove troviamo in natura i numeri di Fibonacci?

Gli esempi sono numerosissimi: si va dalla forma di alcune conchiglie alla struttura di certi cristalli, dalla configurazione degli ammassi delle galassie al rapporto tra le lunghezze delle falangi degli esseri umani. Ma una delle peculiarità più notevoli dei numeri di Fibonacci è legata ad un concetto familiare anche ai matematici antichi: la cosiddetta sezione aurea.

Che cos'è la sezione aurea?

Cercherò di spiegarlo suggerendo un piccolo esperimento che possiamo fare con un semplice spago e un paio di forbici. Prendiamo un pezzo di spago di una certa lunghezza e decidiamolo di tagliarlo in due pezzi, uno più lungo e uno più corto. Vogliamo però che la lunghezza totale dello spago originario stia a quella del pezzo lungo come la lunghezza del pezzo lungo sta a quella del pezzo corto. C'è un modo per ottenere questo? Sì, e se riusciamo ad effettuare questo taglio possiamo dire che le lunghezze dei pezzi che otteniamo stanno tra loro in un rapporto di sezione aurea. Per la precisione, il rapporto tra le due lunghezze sarà uguale a circa 1,618: fin dall'antichità questo numero è stato chiamato con nomi altisonanti, come sezione divina, proporzione aurea, numero di Fidia, e così via.

Ma cosa c'entra la sezione aurea con i numeri di Fibonacci?

Il primo ad accorgersi di uno speciale legame tra questi due concetti matematici fu Keplero, nel 1611. Se si prende un qualsiasi numero della successione di Fibonacci e lo si divide per il numero che lo precede, si ottiene un numero che è abbastanza vicino al rapporto aureo; facendo questo esperimento con numeri che si trovano molto avanti nella successione, quindi numeri molto grandi, il rapporto si avvicina sempre di più a quel fatidico 1,618.

Se non sbaglio la sezione aurea è stata spesso utilizzata nell'arte...

Esatto, fin dall'antichità questa proporzione è stata associata ad un ideale di perfezione e di armonia. Se osserviamo un rettangolo i cui lati stanno tra loro in rapporto aureo e lo confrontiamo con molti altri rettangoli con formati diversi, ad esempio il 16:9 dei nostri moderni televisori, oppure il formato classico dei fogli A3, A4, ecc., istintivamente il rettangolo aureo ci sembrerà quello più "bello" e armonioso. Per questo, la proporzione aurea è stata largamente usata dai pittori, dagli architetti, dai fotografi e dai musicisti. Pare che Leonardo da Vinci fosse particolarmente ossessionato dal numero aureo e molti dei suoi dipinti, come ad esempio la Vergine delle Rocce e la celeberrima Gioconda, sembrano contenere riferimenti a questo rapporto. Oltre a Leonardo, molti altri artisti si ispirarono spesso alla sezione aurea: tra questi Michelangelo, Botticelli, Dürer. Nell'ambito dell'architettura, il numero divino lo ritroviamo in costruzioni di ogni epoca: dalle grandi piramidi egizie agli edifici delle città precolombiane, dal Partenone di Atene agli archi di trionfo della Roma classica, fino alle opere dei maestri dell'architettura moderna, come Frank Lloyd Wright e Le Corbusier. Ma il rapporto aureo si ritrova anche nella forma di oggetti più prosaici, come le carte di credito, i pacchetti di sigarette, le tasche di certi jeans, e perfino il campo di gioco dello stadio Santiago Bernabeu dove l'Italia vinse i mondiali del 1982! Oltre che con il rettangolo aureo, il numero di Fidia è strettamente imparentato anche con particolari figure geometriche, come alcune figure della geometria frattale, le spirali logaritmiche, e il misterioso pentacolo, noto anche come stella pitagorica o stella a cinque punte, che in Italia è tristemente associato alle Brigate Rosse, ma che viene citato come antichissimo simbolo esoterico tra l'altro nel bestseller *"Il codice Da Vinci"*.

Allora, se la sezione aurea è legata ai numeri di Fibonacci, possiamo dire che in molte opere d'arte di diversi periodi storici sono presenti i numeri di Fibonacci.

È proprio così. Tornando all'ambito musicale, ci sono molti esempi di autori, soprattutto nel Novecento, che hanno costruito le loro composizioni applicando i numeri di Fibonacci e i rapporti aurei alle durate temporali dei brani, o al numero di misure, di battute o di note musicali: ad esempio Bela Bartok li ha utilizzati per la sua celebre *"Musica per archi, percussioni e celesta"*, Claude Debussy per la composizione *"Riflessi nell'acqua"*, e ancora Igor Stravinsky, Karl Heinz Stockhausen, Luigi Nono e György Ligeti.

Ecco che il nostro cerchio si chiude. Dalla musica "colta" torniamo al rock: oltre ai Genesis anche altri artisti rock hanno utilizzato nelle loro canzoni i numeri di Fibonacci?

Sì, anche altri gruppi sfruttarono il fascino un po' mistico ed esoterico dei numeri di Fibonacci. Ad esempio i Deep Purple li utilizzarono nel famoso brano *"Child in time"* del 1970, la band americana Tool nel brano *"Lateralus"* del 2001, e i Dream Theater, che nel 2005 realizzarono un intero album, intitolato *"Octavarium"*, basato sui numeri di Fibonacci 5 e 8.

Il Pi greco

Ing. Paolo Alessandrini

Titolo: **Pi**

Autore: *Kate Bush*

Album: *Aerial*

Anno di pubblicazione: 2005

Durata: 6' 10"

*Sweet and gentle sensitive man
With an obsessive nature and deep fascination
For numbers
And a complete infatuation with the calculation
Of Pi*

*Oh he love, he love, he love
He does love his numbers
And they run, they run, they run him
In a great big circle
In a circle of infinity*

*3.1415926535 897932
3846 264 338 3279*

Oh he love, he love, he love

*He does love his numbers
And they run, they run, they run him
In a great big circle
In a circle of infinity
But he must, he must, he must
Put a number to it*

*50288419 716939937510
582319749 44 59230781
6406286208 821 4808651 32*

*Oh he love, he love, he love
He does love his numbers
And they run, they run, they run him
In a great big circle
In a circle of infinity*

Abbiamo aperto questa puntata con le note di una canzone di Kate Bush. Che cos'ha di scientifico questo brano, Paolo?

La canzone è tratta dall'album "Aerial" di Kate Bush, la cantautrice inglese salita alla ribalta internazionale nel lontano 1978 con la hit "Wuthering Heights". Questo disco è molto più recente, del 2005, e contiene questa curiosa traccia dal titolo molto strano: si intitola "Pi", che è il modo usuale con cui in inglese si indica il numero π ("pi greco"). Più scientifica di così!

Una canzone dall'argomento davvero insolito. Ma che cos'è π ?

π è uno dei numeri più celebri e affascinanti, fondamentale in tutti i rami della matematica. Immaginiamo di avvolgere un pezzo di spago attorno una lattina e di tagliarlo in modo che sia lungo esattamente quanto serve per circondare il cilindro; tracciamo poi su un foglio il contorno della base della lattina. Il cerchio che otteniamo ha una circonferenza lunga quanto lo spago, ma il suo diametro è ovviamente molto più corto; precisamente, se confrontiamo queste due lunghezze, ci accorgiamo che il diametro sta 3 volte nella lunghezza dello spago e c'è anche un piccolo pezzo di spago che avanza. In altre parole, il rapporto tra la circonferenza e il diametro è uguale a un numero di poco superiore a 3, circa uguale a 3,14, che noi chiamiamo π . Già migliaia di anni fa si scoprì che questo rapporto è uguale per tutti i cerchi, siano essi grandi o piccoli.

Perché fu scelta proprio questa lettera dell'alfabeto greco?

Fu scelta probabilmente perché iniziale del nome del matematico Pitagora e anche di una parola greca che significa circonferenza. Nonostante questo numero fosse noto sin dalla più remota antichità, il nome gli fu assegnato in tempi relativamente recenti: verso l'inizio del Settecento.

Va bene, ma in fin dei conti stiamo parlando semplicemente di un numero, che è il rapporto tra la circonferenza e il diametro dei cerchi. Che cos'ha di tanto speciale questo π ?

Beh, già il fatto che un numero che non è intero, come sono 1, 2, 3, ecc., salti fuori così naturalmente, da una figura così semplice e fondamentale come il cerchio, ha qualcosa di affascinante. Poi dobbiamo considerare che questo numero è alquanto sfuggente: infatti è difficilissimo specificare quanto valga di preciso! Molti matematici, nei secoli passati, hanno a lungo provato a esprimere π come risultato di una divisione tra due numeri interi. Ad esempio, se proviamo a calcolare 22 diviso 7, otteniamo un numero che è molto vicino a π , ma non è uguale a π . Proviamo allora con 355 diviso 113, ma ancora il risultato non è esattamente uguale a π . Nel Settecento, fu dimostrato che π non può essere ottenuto dividendo un numero intero per un altro numero intero; i numeri di questo tipo sono detti "irrazionali" e hanno la caratteristica di avere le cifre decimali dopo la virgola che si susseguono all'infinito, senza periodicità. Per elencare tutte queste infinite cifre decimali non basterebbero miliardi di anni!

Queste scoperte devono aver gettato nello sconforto molti matematici...

Direi di sì, perché quando utilizziamo π in vari contesti, ci dobbiamo riferire obbligatoriamente ad una sua approssimazione e non ad un valore esatto. Il fascino di π sta soprattutto in questa sua inafferrabilità e nel corso dei secoli moltissimi matematici hanno raccolto la sfida di calcolare questo numero in modo sempre più preciso, cioè determinando il più alto numero possibile di cifre decimali.

Quali furono i protagonisti di questa sfida secolare?

In due diversi passi dell'Antico Testamento si afferma implicitamente che π è esattamente uguale a 3. Evidentemente l'autore biblico non era matematicamente ispirato, se consideriamo che già mille anni prima che l'Antico Testamento venisse scritto, uno scriba egiziano di nome Ahmes descriveva il valore di π in un modo molto più preciso, fissandolo uguale a 256 diviso 81, cioè circa 3,16. Il più grande matematico dell'antichità, Archimede, inventò un ingegnoso metodo per calcolare in modo approssimato il valore di π e ottenne che esso è compreso tra 223 diviso 71 e 22 diviso 7: una stima certamente migliore di quella di Ahmes, ma ancora largamente imprecisa. Gli antichi greci, che pure furono grandi geometri e matematici, non riuscirono mai a calcolare il valore di π in modo particolarmente preciso: l'approssimazione migliore fu ottenuta da Tolomeo, che stimò un valore di 3,1416.

E dopo gli antichi greci?

Ci provarono i cinesi. Nel V secolo Zu Chongzhi calcolò un'approssimazione leggermente migliore di quella di Tolomeo, determinando correttamente le prime 7 cifre decimali di π . Ci vollero quasi mille anni per fare un po' meglio: fu infatti il matematico iraniano al-Kashi, intorno al 1400, a calcolare ben 16 cifre decimali. Intorno al 1600, il matematico tedesco Ludolph van Ceulen perfezionò l'antico metodo usato da Archimede e riuscì a determinare ben 35 cifre di π : fu talmente felice di questa scoperta che volle che le ultime 3 cifre calcolate venissero incise sulla sua tomba! I conosciuti di π salirono a 140 verso la fine del Settecento e arrivarono rapidamente a 500 verso la metà dell'Ottocento.

Torniamo per un attimo alla canzone di Kate Bush. Cosa dice il testo?

Come forse i nostri ascoltatori avranno notato, Kate Bush descrive la figura di un matematico ossessionato da quell'affascinante numero. All'inizio dice testualmente: *“Uomo dolce, gentile e sensibile / Dalla natura ossessiva e profondamente affascinato / Dai numeri / E completamente infatuato del calcolo / Di π .”* Gli aggettivi usati da Kate Bush, in particolare *ossessiva, profondamente affascinato e completamente infatuato*, sembrano calzare a pennello per i matematici che nel corso dei secoli hanno rivolto i loro sforzi al calcolo del valore di π .

Come proseguono le parole della canzone?

Kate Bush canta: *“Oh, lui ama, lui ama, lui ama / Lui ama davvero i suoi numeri / E lo portano, lo portano, lo portano / In un grande grande cerchio / In un cerchio di infinito.”* Questo riferimento al *grande cerchio di infinito* sembra un'allusione al fatto che lo sviluppo decimale di π è infinito, ma sembra anche indicare la speranza che nelle cifre di π ci sia una qualche regolarità, una periodicità, speranza che però sembra vana... E poi, quando ci si aspetta che venga approfondita la storia di questo matematico ossessionato da π , Kate Bush quasi a sorpresa comincia a snocciolare una dopo l'altra le prime cifre decimali di π : *“3.1415926535 897932 3846 ...”*

Questo personaggio narrato da Kate Bush sembra molto simile ai matematici di cui abbiamo parlato poco fa...

Direi proprio di sì, quelli che inseguivano il valore esatto di π o che cercavano (invano) di risolvere il problema della quadratura del cerchio. Nella seconda strofa c'è un verso significativo: *“Ma lui deve, lui deve, lui deve / Metterci un numero sopra”* che sembra riferito ai tentativi quasi disperati di fissare il valore di π una volta per tutte...

Ma le cifre che Kate Bush canta sono proprio quelle esatte di π ?

Kate Bush canta 116 cifre di π , ma a un certo punto commette un errore, infatti salta in blocco tutte le cifre che vanno dalla 79esima alla 100esima, per poi riprendere dalla 101esima! Non sappiamo se questa variazione debba essere considerata un errore grossolano oppure una licenza artistica... A me piace pensare che si sia trattato di un omaggio al matematico dilettante inglese William Shanks, che nel 1873 annunciò di avere trovato ben 707 decimali di π ; senonché molti anni dopo ci si accorse che aveva commesso un errore e solo 527 di quelle cifre erano corrette. Si trattò comunque di un'impresa colossale, considerando che all'epoca non c'erano computer e Shanks si servì solo di carta e penna.

Oggi, con i computer, la ricerca delle cifre di π greco è diventata sicuramente più semplice, o no?

In effetti dopo il risultato di Shanks si dovette aspettare l'avvento dei calcolatori elettronici per migliorare il calcolo di π . Nel 1949, utilizzando l'ENIAC, il primo computer elettronico della storia, John Von Neumann trovò ben 2.037 cifre di π : un risultato sbalorditivo se confrontato con i 35 trovati da van Ceulen nel corso di una intera vita! I progressi successivi furono rapidissimi: nel 1958 si arrivò a 10.000 decimali, nel 1961 si toccò quota 100.000, nel 1973 venne svelato il primo milione di cifre, nel 1989 venne superato un miliardo di cifre e nel 2002 si arrivò a più di mille miliardi! La stima più precisa è quella effettuata nel 2010 da un ingegnere giapponese che, mettendo a dura prova per 3 mesi un personal computer, è arrivato a determinare 5.000 miliardi di cifre: per scrivere π con tutti quei decimali occorrerebbe riempire di numeri una pila di carta alta qualcosa come 200 km!

Ma, in realtà, serve a qualcosa conoscere tutte queste cifre di π ?

In realtà, per la gran parte dei calcoli fisici e ingegneristici, è più che sufficiente conoscere una manciata di cifre: ad esempio, l'approssimazione 3,14 basta e avanza nella maggior parte dei casi pratici, e tutte le altre cifre sono pressoché inutili. Ciò non ha però impedito che moltissimi matematici abbiano dedicato tempo e passione ad un compito apparentemente inutile, animati dall'amore per la sfida e per la conoscenza... Un po' come il grande alpinista inglese George Mallory, che, interrogato sul perché avesse deciso di scalare l'Everest, rispose: "*Perché è lì*". Inoltre, dobbiamo ricordare che queste "misurazioni" di π , che fanno uso di potentissimi computer e di raffinatissime procedure matematiche, sono utilizzate come banco di prova significativo per collaudare i supercomputer.

A parte questa interminabile sfida di calcolare sempre meglio il valore di π , quali sono le altre ragioni di questo suo eterno fascino?

π è un numero davvero speciale. Oltre ad essere irrazionale, è "trascendente", cioè non può essere ottenuto in nessun modo tramite formule algebriche. La trascendenza di π è strettamente legata al millenario problema dell'impossibilità della quadratura del cerchio, uno dei problemi classici della geometria greca. Anche nel linguaggio comune, infatti, si dice "quadratura del cerchio" per indicare un problema impossibile... Storicamente questo problema, che ha ossessionato i matematici per millenni, consisteva nel costruire un quadrato che avesse la stessa area di un cerchio dato, usando esclusivamente riga e compasso. Oggi sappiamo che questa impresa è matematicamente impossibile, così come è impossibile caratterizzare esattamente π tramite formule algebriche.

Ma π ha solo a che vedere con i cerchi?

No, e questo è forse la caratteristica più sorprendente di π . Fino al Seicento i matematici pensavano che π fosse una costante significativa soltanto per la geometria, poi ci si accorse che in realtà π salta fuori dappertutto. π compare in un sacco di formule di teoria dei numeri, analisi matematica, statistica, calcolo della probabilità, fisica, che non hanno nulla a che vedere con i cerchi, né con qualsiasi altra figura geometrica.

Insomma un numero onnipresente nella matematica...

Il fascino di π è così grande che fa parlare di sé anche al di là dei confini della matematica. Dal 1988, ogni 14 di marzo si celebra il "*Pi Day*", cioè il giorno del π . Perché il 14 marzo? Beh, secondo la grafia inglese 14 marzo è 3.14, che è la classica approssimazione di π ! Un'altra curiosità è legata alle filastrocche ideate per imparare a memoria le prime cifre di π ; ad esempio su alcuni vecchi libri di scuola potreste trovare frasi come "*Ave o Roma o madre gagliarda di latine virtù che tanto luminoso splendore prodiga spargesti con la tua saggezza*" oppure "*Già: è bene e utile ricordare le dodici cifre del greco parametro*": contando le lettere delle parole che le compongono si ottengono i primi decimali di π . A proposito di decimali, sul Guinness dei Primati si trovano i nomi dei recordmen che sanno recitare a memoria il maggior numero di cifre decimali di π : l'attuale detentore del primato è il cinese Lu Chao, con 67.890 cifre recitate in 24 ore e 4 minuti!

Quindi anche oggi c'è chi dedica la vita a questo numero!

E c'è anche chi deve la vita a π ! Beh, almeno nella fantascienza... In un episodio della serie classica di Star Trek, una misteriosa entità aliena prende il controllo del computer principale dell'astronave Enterprise e minaccia di uccidere tutti i componenti dell'equipaggio. Il capitano Kirk ordina allora al computer di calcolare π fino all'ultima cifra: l'entità si rende conto che il compito è impossibile e quindi, per evitare di impazzire, non può fare altro che abbandonare il computer, restituendo la tranquillità a Kirk e compagni. Che dire? Lunga vita e prosperità... a π !

La “super” fisica di LHC

Dott. Alex Casanova

Titolo: **Supercollider**

Autore: *Radiohead*

Singolo: *Supercollider/The Butcher*

Anno di pubblicazione: 2011

Durata: 6' 54"

Super collider

Dust in a moment

Particles scatter

Parting from the soup

Swimming upstream

Before the heavens crack open

Thin pixelations

Coming out from the dust

In a blue light

In a green light

In a half light

In a work light

In a B-spin

Flip flopping

In a pulse wave

Outstepping

To put the shadows back into

The boxes

I am open

I am welcome

For a fraction

Of a second

I have jettisoned my illusions

I have dislodged my depressions

I put the shadows back into

The boxes

Questa settimana andiamo in Inghilterra...

La canzone di questa settimana è molto recente e mi permette di parlare degli ultimi sviluppi della fisica delle particelle. Si tratta di una canzone dei Radiohead pubblicata come singolo quest'anno anche se suonata dal vivo già dal 2008. Questo singolo si affianca all'ultimo album della band inglese, “*The king of limbs*”. La canzone si intitola “*Supercollider*” e si riferisce ai grandi acceleratori di particelle di ultima generazione, quali il Tevatron al Fermilab di Chicago e soprattutto l'LHC al CERN di Ginevra. L'inizio della canzone è eloquente (mi scuso per la traduzione personale): “*Super acceleratore, polvere istantanea / Diffusione di particelle / Che risalgono dalla zuppa / Nuoto controcorrente / Prima che nel Cielo si apra una crepa / Sottile trasformazione in pixel / Che risalgono dalla polvere*”. L'inizio di questa canzone fa riferimento agli urti tra particelle che avvengono all'interno di un acceleratore, particelle che emergono da una sorta di zuppa di quark e gluoni prodotta dagli scontri fra protoni, particelle che poi si trasformano in pixel, ovvero che lasciano il segno del loro passaggio nei rivelatori appositamente costruiti.

Ma cosa sono quindi questi supercollider?

I supercollider sono i grandi acceleratori di particelle che hanno dominato e dominano tuttora il palcoscenico della fisica delle particelle. Sono i grandi laboratori dove, paradossalmente, si

studia l'infinitamente piccolo, cioè le particelle elementari che costituiscono il mondo che ci circonda, ma che sono totalmente invisibili ai nostri occhi. Per vederle dobbiamo dotarci di grandi strumenti, gli acceleratori per l'appunto. Per vedere il mondo microscopico abbiamo bisogno di energie molto grandi e quindi di macchine in grado di sviluppare queste energie, in grado di farci capire come funziona il mondo e farci scoprire nuove particelle. Negli ultimi 30 anni circa la scena della fisica delle alte energie è stata dominata da giganti quali il Tevatron al Fermilab di Chicago, il LEP e l'LHC del CERN di Ginevra. Cominciamo a dare qualche numero: il Tevatron è costituito da un anello circolare lungo più di 6 km mentre il LEP era alloggiato in un tunnel circolare lungo ben 27 km. Oggi questo tunnel ospita il più potente acceleratore del mondo, l'LHC. Possiamo quindi capire come queste macchine occupino spazi enormi e le notevoli dimensioni sono solo uno dei record che possiamo attribuire ai supercollider.

Andiamo con ordine. Per prima cosa, a cosa serve un supercollider?

Un acceleratore fa due cose: accelera particelle e produce urti fra queste particelle accelerate. Accelerare significa far aumentare la velocità di particelle quali elettroni, positroni, protoni ed anti-protoni a valori prossimi a quelli della luce. Aumentare la velocità di queste particelle significa aumentare la loro energia; uno dei parametri fondamentali per ogni acceleratore è proprio l'energia massima che le particelle accelerate possono raggiungere. Sempre per dare i numeri, il Tevatron raggiungeva energie pari a 2 TeV (il TeV è una particolare unità di misura dell'energia usata in fisica delle particelle), mentre l'LHC nell'ultimo anno ha lavorato con fasci di protoni accelerati fino a 3,5 TeV. L'energia è importante perché Einstein ci ha insegnato che è equivalente alla massa. Una volta accelerate le particelle vengono fatte scontrare l'una contro l'altra e l'energia che hanno a disposizione può essere convertita in massa. Un acceleratore quindi permette di produrre altre particelle in base all'energia che riesce a sviluppare; questa conversione di energia in massa durante gli urti permette ai fisici di scoprire nuove particelle ancora sconosciute, di capire come le particelle interagiscono fra loro, di capire quali sono i costituenti elementari della materia che ci circonda.

Come funzionano i supercollider?

I moderni "super"-acceleratori di particelle sono macchine complesse e delicate; possiamo comunque individuare cinque componenti principali: 1. il primo elemento è una sorgente di particelle, cioè un oggetto in grado di produrre un fascio di particelle, un gruppo di particelle da accelerare. Per esempio, all'LHC i protoni vengono prodotti a partire da idrogeno gassoso contenuto in una piccola bombola; 2. il secondo elemento è una serie di tubi a vuoto all'interno dei quali le particelle prodotte vengono convogliate; il vuoto è necessario affinché le particelle non urtino con le molecole dell'aria contenuta nei tubi così da evitare inutili perdite di energia e dannose diminuzioni di velocità; 3. il terzo elemento è un dispositivo di guida per le particelle, che, utilizzando campi magnetici, mantiene le particelle in prossimità di un'orbita o di una traiettoria ben determinata all'interno dei tubi a vuoto; 4. il quarto elemento essenziale alla costruzione della macchina è un sistema di accelerazione che permetta l'aumento della velocità delle particelle e, come detto, l'aumento della loro energia; 5. infine, il quinto ed ultimo elemento è costituito dai rivelatori, cioè complesse macchine fotografiche che fissano le immagini dell'urto tra le particelle accelerate e permettono di identificare tutte le altre particelle che emergono, come "polvere istantanea", da questo urto.

Ecco, hai parlato di un sistema di accelerazione, ma come faccio ad accelerare le particelle di un fascio?

Diciamo che il principio alla base è piuttosto semplice: le particelle cariche utilizzate all'interno dei supercollider possono essere facilmente accelerate grazie ad un campo elettrostatico generato per esempio da due piastre metalliche collegate ad una batteria. Facciamo un esempio: collegando due piastre metalliche ai poli di una batteria, una piastra si caricherà positivamente, l'altra negativamente. Un elettrone carico negativamente posto fra le due piastre sarà respinto dalla piastra negativa ed attratto dalla piastra positiva. Questa forza di attrazione produrrà sul nostro elettrone un'accelerazione. Ripetendo successivamente più volte lo stesso meccanismo è possibile raggiungere velocità elevate. Il problema è che bisogna disporre in linea retta molti elementi acceleranti e per raggiungere energie sempre più elevate bisognerebbe costruire acceleratori lunghi molti chilometri. È possibile adottare un'altra strategia, la strategia che adottano i supercollider: utilizzando opportuni campi magnetici è possibile far girare le particelle cariche lungo un'orbita circolare prestabilita e in alcuni punti di quest'orbita disporre gli elementi acceleranti in modo tale che ad ogni giro dia-no una spinta al fascio di particelle.

Hai citato più volte l'LHC; sai dirci qualcosa di più?

Diciamo che citare l'LHC è inevitabile per un fisico: ad oggi l'LHC è il più potente acceleratore del mondo e per questo le aspettative sul suo programma scientifico sono molto alte. Tra l'altro, bisogna ricordare che lo statunitense Tevatron è andato in pensione il 30 settembre 2011 e quindi l'LHC è l'unico grande acceleratore che continua ad accumulare dati in attesa di annunciare scoperte fondamentali per la fisica delle particelle. L'LHC costituisce un progetto ambizioso, una vera sfida non solo scientifica, ma anche tecnologica. Già a metà degli anni '80 si parlava di questo ambizioso progetto, ma solo il 16 dicembre 1994 il CERN approvò la costruzione di questo acceleratore. Da quella data è iniziata una lunga fase di test, di approvazione dei programmi scientifici, di costruzione dei vari componenti dell'acceleratore: i 1.232 magneti per deviare i protoni all'interno dell'anello lungo 27 km, i componenti dei rivelatori e naturalmente la posa e la messa in opera di tutti questi componenti. Le difficoltà tecniche ed ingegneristiche non mancarono, tant'è che il progetto tardò a partire e subì diversi rinvii. La prima accensione avvenne nel 2008, tra l'altro con un bel circo mediatico al seguito, ma ci fu subito un guasto tecnico; lo stop portò ad un nuovo rinvio, ma nel 2009 finalmente l'LHC è partito e da allora non si è più fermato, anzi le sue prestazioni sono notevolmente migliorate e questo fa ben sperare per i prossimi mesi.

Qualche record di questa macchina?

Dare i numeri in effetti permette di realizzare la grandezza di questo supercollider: · come detto è il più grande acceleratore sulla Terra con i suoi 27 km di lunghezza (se per ipotesi il centro di questo anello fosse a Belluno, il tunnel passerebbe sotto gli abitati di Salce, Limana, Cirvoi, Levego-Sagrona, Fiammoi-Safforze, Tiso, Sois); · detiene il record di energia raggiunta da un fascio di particelle: 3,5 TeV (con ampi margini di miglioramento); · è il posto più freddo sul pianeta: i tubi dove corrono i protoni sono raffreddati ad elio liquido raggiungendo i -271° C (non possiamo più lamentarci dell'inverno freddo); · le dimensioni dei rivelatori arrivano fino a 46 m di lunghezza per 25 di altezza (un palazzo di 8 piani). Un vero gigante, complesso e delicato.

Qual è la missione scientifica di LHC, di questo gigante?

Gli obiettivi scientifici di LHC sono tanti. Il principale e il più pubblicizzato è la ricerca del bosone di Higgs. Due esperimenti sono dedicati a questa ricerca, ATLAS e CMS. Ma questi due esperimenti rivolgono lo sguardo anche ad altre sfide della fisica moderna: la comprensione della natura della materia oscura e dell'energia oscura attraverso test alla cosiddetta supersimmetria, la caccia ad eventuali extra dimensioni spaziali come test per la teoria delle stringhe. Ma LHC non si ferma qui: altri due esperimenti cercano risposte a domande fondamentali sul mondo che ci circonda. ALICE studia quella "zuppa" di quark e gluoni (giusto per citare nuovamente la canzone dei Radiohead) che caratterizzava il nostro universo pochi istanti dopo il Big Bang, mentre LHCb cerca di capire quale sia la differenza fra materia ed antimateria e perché l'Universo così come lo conosciamo sia dominato dalla materia e non dall'antimateria. Un programma molto ampio che in qualche modo guarda al passato, volendo testare ulteriormente il Modello Standard, ma che è pronto ad accogliere segnali inaspettati di nuova fisica.

Sai dirci qualcosa sui recenti progressi nella caccia al bosone di Higgs?

Nelle ultime settimane ed in particolare nel mese di dicembre l'attenzione mediatica è nuovamente ricaduta sul CERN; si rincorrevano le voci di una possibile scoperta del bosone di Higgs. Diciamo subito che non c'è stata nessuna scoperta, ma la caccia al bosone tanto famoso ha compiuto dei netti miglioramenti nell'ultimo anno. Questo perché l'LHC ha lavorato molto bene, senza intoppi di rilievo e quindi sono stati accumulati moltissimi dati fra i quali cercare un segnale della presenza del bosone di Higgs. In questi mesi i fisici impegnati negli esperimenti ATLAS e CMS hanno analizzato i dati e i risultati di queste analisi sono stati resi pubblici il 13 dicembre scorso. Bisogna ricordare che la ricerca del bosone di Higgs è molto complessa perché è una particella molto difficile da produrre e che decade subito in altre particelle, produzione e decadimento dipendono dalla sua massa che tuttavia è incognita. Bisogna quindi cercare fra i dati i segnali teoricamente noti del suo passaggio in funzione della massa. I risultati presentati al CERN il 13 dicembre hanno evidenziato alcuni timidi segnali tra particolari valori della massa: l'esperimento ATLAS ha osservato un primo segnale per una massa compresa fra i (115-131) GeV, mentre l'esperimento CMS ha osservato un segnale fra i (115-127) GeV. Tuttavia bisogna sottolineare che questi segnali sono ancora troppo deboli per poter annunciare una scoperta; sono necessari altri dati ed altre analisi, ma la ricerca del bosone di Higgs sta facendo passi avanti e l'ottimo comportamento dell'LHC fa ben sperare per i prossimi mesi.

Il litio

Dott. Fabiano Nart

Titolo: **Lithium**

Autore: Nirvana

Album: Nevermind

Anno di pubblicazione: 1992

Durata: 4' 16"

*I'm so happy because today
I've found my friends ...
They're in my head
I'm so ugly, but that's okay, cause so are you...
We've broken our mirrors
Sunday morning is everyday for all I care...
And I'm not scared
Light my candles in a daze...
Cause I've found god - yeah (6x)
I'm so lonely but that's okay I shaved my head...
And I'm not sad
And just maybe I'm to blame for all I've heard...
But I'm not sure
I'm so excited, I can't wait to meet you there...
But I don't care
I'm so horny but that's okay...
My will is good - yeah (6x)
I like it - I'm not gonna crack*

*I miss you - I'm not gonna crack
I love you - I'm not gonna crack
I kill you - I'm not gonna crack
(2x)
I'm so happy cause today
I've found my friends ...
They're in my head
I'm so ugly, but that's okay, cause so are you...
We've broken our mirrors
Sunday morning is everyday for all I care...
And I'm not scared
Light my candles in a daze...
Cause I've found god - yeah (6x)
I like it - I'm not gonna crack
I miss you - I'm not gonna crack
I love you - I'm not gonna crack
I kill you - I'm not gonna crack
(2x)*

Oggi Fabiano hai deciso per “Lithium”, canzone dei Nirvana del 1992, come mai?

Eh sì, da buon chimico come sono ho pensato a questa canzone che richiama la tavola periodica, in particolare l'elemento chimico litio.

Sbaglio o il litio viene utilizzato per la cura di alcuni disturbi mentali?

Dici bene, il nome della canzone non viene a caso, ma deriva proprio dall'uso del litio come stabilizzatore dell'umore. Infatti il testo è spesso interpretato come una descrizione del disturbo bipolare. Cobain, il cantante dei Nirvana, affermava di essere affetto da disturbo bipolare e per questo avrebbe scritto la canzone, ma ci sono comunque molti punti d'incertezza riguardo alla giusta interpretazione del testo. C'è comunque da aggiungere che i Nirvana non furono gli unici ad intitolare una canzone “Lithium”, o almeno ad inserire questo elemento chimico nel titolo; ad esempio una canzone analoga fu scritta dagli Evanescence e Sting ha scritto “Lithium Sunset” all'interno dell'album “Mercury Falling”.

Beh, visto che sei un chimico, parlaci piuttosto della chimica del litio!

Che dire, il litio è il terzo elemento chimico della tavola periodica, quindi uno dei primi, in particolare è il primo solido e tra i solidi il più leggero. Come suggeriscono il suo numero atomico di 3 e numero di massa di 6, è composto da tre elettroni, tre protoni e tre neutroni, ma esistono altri isotopi con un numero maggiore di neutroni, in particolare quello con quattro neutroni, quindi con numero di massa 7, è il litio primordiale formatosi durante il Big Bag che poi è decaduto nel litio ordinario e stabile. Il litio, come tutti gli elementi che si trovano sotto di lui, quindi sulla stessa colonna, appartiene agli elementi alcalini.

Sai forse dirci da cosa deriva il nome litio?

Il nome deriva dal greco *lithos* che vuol dire terra, difatti venne scoperto da Johan Arfvedson nel 1817. Arfvedson trovò il nuovo elemento all'interno dei minerali di spodumene, lepidolite e petalite che stava analizzando sull'isola di Utö in Svezia, mentre gli altri metalli alcalini vennero rintracciati nei tessuti vegetali. L'elemento non venne isolato fino a quando William Thomas Brande e Sir Humphery Davy non impiegarono l'elettrolisi sull'ossido di litio.

E la produzione industriale?

La produzione commerciale del litio cominciò nel 1923 con la compagnia tedesca Metallgesellschaft AG attraverso l'uso dell'elettrolisi, questa volta, sul cloruro di litio e sul cloruro di potassio fusi.

Parli di rocce quindi che contengono il litio, ne esiste molto sulla Terra?

Il litio, a differenza di tante altre risorse è, per fortuna, largamente disponibile, ma a causa della sua elevata reattività non si trova in natura allo stato metallico, bensì si trova sempre legato ad altri elementi o composti. Si trova in minima parte in quasi tutte le rocce ignee ed anche in molte salamoie naturali. A partire dalla fine della seconda guerra mondiale, la produzione di litio è cresciuta notevolmente. Il metallo viene separato dagli altri elementi dalle rocce ignee appunto, ma è anche estratto da alcune sorgenti di acqua minerale. Come detto all'inizio, i minerali principali sono la lepidolite, lo spodumene, la petalite e, aggiungo ora, la amblygonite.

E dove si trova?

Quasi il 50% delle riserve disponibili di litio, commercialmente sfruttabili, si trovano in Bolivia, nei laghi salati prosciugati delle Ande. Il litio metallico, di colore argenteo come sodio, potassio e gli altri membri della serie dei metalli alcalini, è prodotto per elettrolisi da una miscela di cloruro di litio e cloruro di potassio fusi. Il costo di questo metallo è di circa 7.000 US\$ alla tonnellata.

Il fatto che il suo nome voglia dire terra, vuol dire che non si trova nel regno biologico?

No, non vuol dire che non si possa trovare in biologia, ad esempio si trova in tracce in numerose piante, nel plancton e negli invertebrati con concentrazioni che vanno dalle 5 alle 69 parti per miliardo. Nei vertebrati la concentrazione è più bassa; comunque tutti i tessuti ed i fluidi corporali hanno concentrazioni variabili di litio. Gli organismi marini inoltre tendono ad accumulare litio più di quelli terrestri. Non è ancora noto tuttavia se il litio ha un ruolo psicologico in ognuno di questi organismi, ma studi nutrizionali sugli animali indicano la sua importanza per la salute, suggerendo che sia classificato come elemento essenziale in tracce con una razione giornaliera raccomandata di

1 mg/giorno. Osservazioni condotte in Giappone nel 2011 suggeriscono che il litio naturalmente contenuto nelle acque potrebbe aumentare la durata della vita.

Prima però hai detto che il litio non si presenta tal quale per la sua reattività eccessiva, mi viene quindi da pensare che oltre ad essere utile per la vita possa anche essere pericoloso.

Come gli altri metalli alcalini, il litio nella sua forma pura è altamente infiammabile e leggermente esplosivo se esposto all'aria e soprattutto all'acqua, con la quale reagisce in maniera violenta producendo idrossido di litio e idrogeno, che a contatto con l'ossigeno atmosferico esplose. Questo metallo è anche corrosivo e deve essere maneggiato evitando il contatto con la pelle. Per quanto riguarda lo stoccaggio, deve essere conservato immerso in idrocarburi liquidi, come la nafta o il gasolio, che essendo immiscibili con l'acqua sono un'ottima barriera. Il litio è considerato leggermente tossico; mentre lo ione litio è coinvolto negli equilibri elettrochimici delle cellule del sistema nervoso e viene spesso prescritto come farmaco nelle terapie per il trattamento di sindromi maniaco-depressive. Le intossicazioni da sali di litio, più gravi e frequenti nei pazienti con compromissione della funzione renale, si trattano efficacemente con infusione di cloruro di sodio, urea ed acetazolamide o, in alternativa, con l'emodialisi.

Oltre all'utilizzo medicale, ci sono altri utilizzi del litio?

A causa del suo calore specifico, che è il più alto tra i solidi, il litio è usato in applicazioni per il trasferimento di calore, come i nuovi sistemi di concentrazione dei raggi solari per la produzione di energia. Grazie al suo alto potenziale elettrochimico il litio è inoltre un importante materiale anodico delle batterie (le cosiddette batterie agli ioni litio) nelle quali in genere compare sotto forma di sale, come il carbonato di litio (Li_2CO_3) e il perclorato di litio (LiClO_4). Sempre il carbonato, oppure il citrato di litio sono gli stabilizzatori d'umore usati nel trattamento di malattie mentali, come il più volte citato disturbo bipolare dell'umore. Il cloruro di litio e il bromuro di litio sono altamente igroscopici e frequentemente usati come essiccanti. Lo stearato di litio è un comune lubrificante generico ad alte temperature. Il litio è inoltre un agente legante usato per sintetizzare composti organici e in applicazioni nucleari, ma trova applicazioni anche nei vetri e nelle ceramiche.

Ci sono applicazioni più esotiche?

Ad esempio l'idrossido di litio è impiegato per estrarre l'anidride carbonica dall'aria e rilasciare ossigeno nelle navicelle spaziali e nei sottomarini. In lega con alluminio, cadmio, rame e manganese viene impiegato per alcune parti aeronautiche ad alte prestazioni. L'idruro di litio può essere usato come accumulatore termico nelle batterie a fissione spontanea per applicazioni su cuore artificiale. Con un occhio al futuro potrebbe essere un elemento fondamentale nei reattori a fusione nucleare per la generazione del trizio, isotopo dell'idrogeno. Il dilithio è una molecola biatomica formata da due atomi di litio uniti da un legame covalente; è proprio questa molecola, e quindi varchiamo i confini della fantascienza, a fornire l'energia di propulsione per la navicella spaziale di Star Trek. Il litio può formare inoltre dei cluster molecolari, come ad esempio nelle molecole di Li_6 .

Buchi neri ed evoluzione del Sole

Dott. Alex Casanova

Titolo: **Black Hole Sun**

Autore: *Soundgarden*

Album: *Superunknown*

Anno di pubblicazione: 1994

Durata: 5' 11"

In my eyes, indisposed

In disguises no one knows

Hides the face, lies the snake

The sun in my disgrace

Boiling heat, summer stench

'Neath the black the sky looks dead

Call my name through the cream

And I'll hear you scream again

[Chorus]

Black hole sun

Won't you come

And wash away the rain

Black hole sun

Won't you come

Won't you come

Stuttering, cold and damp

Steal the warm wind tired friend

Times are gone for honest men

And sometimes far too long for snakes

In my shoes, a walking sleep

And my youth I pray to keep

Heaven sent hell away

No one sings like you anymore

[Chorus]

Hang my head, drown my fear

Till you all just disappear

Di che canzone si tratta?

Con questa canzone siamo tornati indietro nel tempo, ma non di tantissimo... si tratta della canzone forse più famosa dei Soundgarden, un gruppo del panorama grunge di Seattle di fine anni '80-inizio anni '90. Per capirci, lo stesso scenario dove si muovevano Nirvana e Pearl Jam, giusto per fare due nomi a caso. La canzone che abbiamo ascoltato in parte è del 1994 e si intitola "*Black Hole Sun*". È tratta dal quarto album della band e costituisce un punto di svolta per il gruppo di Seattle che raggiunge le vette delle classifiche anche grazie al video di questa canzone.

Il titolo sembra essere un bel gioco di parole...

Diciamo che i Soundgarden hanno mescolato due oggetti diversi, il Sole e i buchi neri. Nel testo della canzone viene invocato un Sole-buco nero per ripulire il mondo dalle aberrazioni della società moderna e del genere umano. Il video della canzone aiuta a capire meglio: il Sole si trasforma in un buco nero che, come una grande tempesta, ripulisce il mondo da usi e costumi paradossali ed aberranti di una società finta fatta di plastica.

Ma cosa sono i buchi neri?

Quando si parla di buchi neri la mente corre subito a qualche storia di fantascienza; fin dagli

anni '60 i buchi neri hanno riempito le sceneggiature di film, telefilm e libri: spesso visti come mostri divoratori, altre volte porte per universi paralleli o tunnel spaziotemporali. Recentemente i buchi neri sono apparsi anche sul nostro pianeta: tra giornali e telegiornali rimbalzava la notizia che un mini buco nero prodotto al CERN di Ginevra avrebbe posto fine al nostro pianeta. Nel bene o nel male i buchi neri sono entrati nell'immaginario collettivo, avvolti da un fascino misterioso che incute qualche timore.

Dobbiamo aver paura realmente di questi oggetti? Qual è la loro natura scientifica?

Certamente non dobbiamo aver paura. Un buco nero è una particolare regione dello spaziotempo, delimitata da una superficie detta orizzonte degli eventi; questa regione è caratterizzata da un campo gravitazionale così intenso da non permettere nemmeno alla luce di fuggire. Il buco nero è dunque la massima espressione della forza di gravità e quando si parla di gravità si deve parlare di Relatività Generale. Secondo questa teoria la forza di gravità si manifesta come la curvatura dello spaziotempo. Questo significa che una sorgente di un campo gravitazionale determina una distorsione dello spazio e del tempo che la circonda, è come se un pianeta o una stella piegassero quell'invisibile tessuto che è lo spaziotempo; tale distorsione determina poi il movimento dei corpi nei paraggi di questa sorgente. Se la sorgente in questione è un corpo la cui massa si concentra tutta in un punto, ecco che si parla di buco nero: le distorsioni provocate da una così particolare sorgente sono tali da creare una regione all'interno della quale si può entrare, ma dalla quale non si può uscire. L'orizzonte degli eventi diventa un punto di non ritorno, una membrana semipermeabile: è possibile attraversarla in entrata, ma non in uscita. Chiariamo quindi bene una cosa: un buco nero è una previsione matematica della Relatività Generale; una particolare soluzione di quelle equazioni che costituiscono il cuore pulsante della teoria sviluppata da Einstein tra il 1907 ed il 1915.

Come si possono formare buchi neri?

I buchi neri, abbiamo detto, sono previsioni della Teoria Generale della Relatività; è ragionevole chiedersi se in Natura esistano sorgenti tali da produrre quelle distorsioni dello spaziotempo che portano alla formazione di un buco nero. Essendo questi oggetti espressione suprema della forza di gravità, la loro formazione si lega a processi dinamici dove questa forza trionfa sulle altre interazioni fondamentali della Natura. Le prime teorie sviluppate negli anni '30 del secolo scorso collocavano i buchi neri nella linea evolutiva di stelle massicce.

Come possono trasformarsi delle stelle in buchi neri?

Una stella è il frutto di un equilibrio fra due forze: da un lato la gravità che tenderebbe a schiacciare la stella, dall'altro una spinta verso l'esterno prodotta dalle reazioni di fusione nucleare che costituiscono il motore della stella. Possiamo dire che fino a quando c'è carburante nucleare da bruciare una stella non viene schiacciata dal proprio peso...

...e quando finisce il combustibile?

Dopo l'esaurimento di tutto il combustibile nucleare, però, una stella dotata di una massa molto grande collassa sotto il proprio peso. La densità dell'oggetto sempre più piccolo diverge, diventa sempre più grande; se non si innescano altre reazioni nucleari, il trionfo della gravità permette di comprimere tutta la materia in un solo punto, raggiungendo così densità infinite. Lo spazio-

tempo circostante risponde a tale evoluzione deformandosi e piegandosi fino a formare una sorta di voragine, il buco nero per l'appunto.

Quali sono le proprietà fisiche di un buco nero?

Dopo il processo di formazione un buco nero è essenzialmente caratterizzato da tre proprietà fisiche: la massa, la carica elettrica e il momento angolare. Il campo gravitazionale ed il campo elettromagnetico esterni ad una sorgente che produce un buco nero sono unicamente determinati da queste tre proprietà. Si parla di *no hair theorem*, cioè un buco nero si spoglia di tutto ciò che non è essenziale. La massa è l'unica proprietà dalla quale non possiamo prescindere; in tal modo si distinguono tre diversi tipi di buchi neri: il buco nero di Schwarzschild è caratterizzato dalla sola massa, il buco nero di Reissner-Nordström da massa e carica elettrica, il buco nero di Kerr-Newman è caratterizzato da massa, carica elettrica e momento angolare. Naturalmente la deformazione e la curvatura dello spaziotempo attorno al buco nero risultano differenti in questi tre casi; in particolare, la soluzione di Kerr è piuttosto interessante: rappresenta un buco nero rotante privo di carica elettrica caratterizzato da una particolare regione, chiamata ergosfera, dalle proprietà davvero curiose...

Beh, quali sono queste curiose proprietà dell'ergosfera?

L'ergosfera è una regione dello spaziotempo che circonda un buco nero rotante. Si tratta di una particolare zona che contraddistingue la funzione che Roy Kerr, matematico neozelandese, ottenne nel 1963 risolvendo le equazioni di Einstein per un oggetto rotante. L'ergosfera circonda il buco nero e, a differenza dell'orizzonte degli eventi, un corpo può entrare ed uscire da questa regione; in particolari circostanze può addirittura guadagnare qualcosa da questo ipotetico viaggio nei pressi di un buco nero rotante. Infatti esiste un particolare processo, detto processo di Penrose, che permette di estrarre energia da un buco nero rotante. L'etimologia del termine ergosfera deriva in realtà proprio da questa curiosa proprietà: se un corpo penetra all'interno dell'ergosfera gettando opportunamente qualcosa oltre l'orizzonte degli eventi può uscire dall'ergosfera con un'energia maggiore rispetto all'energia che aveva quando è entrato. Un processo straordinario che permette di gettare spazzatura in un buco nero guadagnando energia. Questo processo teorico tuttavia ha un limite dovuto al fatto che progressivamente il buco nero perde parte della sua massa; in linea teorica è possibile estrarre fino al 29% circa dell'energia associata alla massa iniziale del buco nero. Alla luce di questa proprietà un buco nero rotante potrebbe risolvere molti problemi: si potrebbero eliminare molti rifiuti indesiderati guadagnando addirittura energia. Ma anche in questo caso stiamo correndo troppo con la fantasia.

A questo punto mi chiedo: cosa c'entrano i buchi neri con la nostra stella, il Sole?

In realtà, il Sole produce un campo gravitazionale analogo a quello di un buco nero; semplicemente il campo gravitazionale del Sole è molto più debole rispetto a quello prodotto da un buco nero. Il fatto è che la materia all'interno del Sole è poco concentrata, cioè non è tutta concentrata in un unico punto come nel caso di un buco nero. Vorrei comunque sottolineare come la soluzione matematica che porta ai buchi neri descriva anche il campo gravitazionale all'esterno della nostra stella; questa soluzione fornisce spiegazioni per alcuni fenomeni già noti nel 1800, la precessione degli equinozi e la deflessione dei raggi luminosi. La precessione degli equinozi consiste in una ro-

tazione dell'orbita ellittica di un pianeta, mentre la deflessione dei raggi luminosi si riferisce al fatto che il cammino della luce subisce una deviazione quando passa vicino ad una stella. Entrambi i fenomeni sono stati spiegati dalla Relatività Generale, decretandone il successo: le misure effettuate concordano con le previsioni estratte dalle equazioni matematiche, quelle stesse equazioni matematiche che prevedono i buchi neri.

Ma il Sole potrà mai diventare un buco nero?

Effettivamente bisogna capire se i Soundgarden hanno attinto bene nel bagaglio scientifico a disposizione. La risposta è no, il nostro Sole non può trasformarsi in un buco nero. In realtà il Sole è una stella troppo piccola. Quando il Sole esaurirà il suo combustibile nucleare, l'idrogeno, andrà incontro ad una fase evolutiva che lo porterà a trasformarsi in una gigante rossa: il nucleo centrale andrà incontro ad collasso gravitazionale che innescherà la fusione dell'elio in carbonio, mentre i gas degli strati esterni si espanderanno producendo un aumento di luminosità ed una diminuzione della temperatura superficiale. Il Sole si sarà trasformato in una gigante rossa, una stella molto più grande, più luminosa, ma più fredda, almeno in superficie. Una volta esaurito anche l'elio, il nostro Sole, ormai con connotati molto diversi da come lo vediamo oggi, andrà incontro all'ultimo collasso gravitazionale dando vita ad una nana bianca ed espellendo verso l'esterno i gas residui. Questi gas residui formeranno una nebulosa planetaria, mentre una nana bianca è una piccola stella delle dimensioni della Terra con alta concentrazione di massa. Questa piccola stella è il frutto del bilanciamento fra il suo peso e la pressione degli elettroni degeneri, che, per motivi legati ai principi della meccanica quantistica, non possono essere compressi oltre un certo limite. Affinché una stella possa evolvere a formare un buco nero la sua massa deve essere almeno 5-6 volte la massa del Sole.

Breve storia della chimica

Dott. Fabiano Nart

Titolo: ***Un chimico***

Autore: *Fabrizio De Andrè*

Album: *Non al denaro non all'amore né al cielo*

Anno di pubblicazione: 1971

Durata: 3' 02"

*Solo la morte m'ha portato in collina
Un corpo fra i tanti a dar fosforo all'aria
Per bivacchi di fuochi che dicono fatui
Che non lasciano cenere, non sciolgon la brina.
Solo la morte m'ha portato in collina.*

*Da chimico un giorno avevo il potere
Di sposare gli elementi e di farli reagire,
Ma gli uomini mai mi riuscì di capire
Perché si combinassero attraverso l'amore.
Affidando ad un gioco la gioia e il dolore.*

*Guardate il sorriso guardate il colore
Come giocan sul viso di chi cerca l'amore:
Ma lo stesso sorriso lo stesso colore
Dove sono sul viso di chi ha avuto l'amore.
Dove sono sul viso di chi ha avuto l'amore.*

*È strano andarsene senza soffrire,
Senza un voto di donna da dover ricordare.
Ma è fosse diverso il vostro morire*

*Vuoi che uscite all'amore che cedete all'aprile.
Cosa c'è di diverso nel vostro morire.*

*Primavera non bussa lei entra sicura
Come il fumo lei penetra in ogni fessura
Ha le labbra di carne i capelli di grano
Che paura, che voglia che ti prenda per mano.
Che paura, che voglia che ti porti lontano.*

*Ma guardate l'idrogeno tacere nel mare
Guardate l'ossigeno al suo fianco dormire:
Soltanto una legge che io riesco a capire
Ha potuto sposarli senza farli scoppiare.
Soltanto la legge che io riesco a capire.*

*Fui chimico e, no, non mi volli sposare.
Non sapevo con chi e chi avrei generato:
Son morto in un esperimento sbagliato
Proprio come gli idioti che muoion d'amore.
E qualcuno dirà che c'è un modo migliore.*

Questa bella canzone di De Andrè, Un chimico. Se non erro tu sei un chimico, ma guarda che coincidenza...

Eh già, sono proprio un chimico e per me ascoltare questa canzone di De André del 1971 è come seguire una lezione di chimica all'università. È semplicemente un concentrato di pillole di chimica che spiegano alcuni fenomeni naturali un po' strani, come i fuochi fatui, poi tratta delle analogie tra gli elementi chimici ed il comportamento umano, insomma un bignami della chimica.

La chimica, questa affascinante disciplina che però a volte spaventa tante persone; ci racconti come nacque?

La chimica (dall'arabo *al kimiaa*, e da qui la parola alchimista) è la scienza o, più precisamente, quella branca delle scienze naturali, che interpreta e razionalizza la struttura, le proprietà e le trasformazioni della materia. La chimica ha interessato, anche per motivi pratici derivanti dalle sue

applicazioni tecnologiche, le varie popolazioni dell'umanità fin dai tempi antichi. Dal II secolo a.C. si sviluppò, a partire dall'Egitto tolemaico, l'alchimia, un insieme di conoscenze sulla materia e le sue trasformazioni legate a convinzioni filosofiche ed esoteriche; da essa derivò la chimica moderna (in seguito alla rivoluzione scientifica, e più precisamente alla rivoluzione chimica alla fine del XVIII secolo). Anche nel periodo seguente la chimica continuò ad evolversi, perché sempre nuove scoperte ne ampliarono i campi di interesse e i metodi impiegati.

Ma nello specifico, cosa studia la chimica?

Oggetto di studio della chimica sono le proprietà e le strutture dei costituenti della materia (atomi, molecole, cristalli) e le loro interazioni reciproche. Tale studio della materia non è limitato alle sue proprietà e struttura in un dato istante, ma riguarda anche le sue trasformazioni, in questo caso si parla di reazioni chimiche. Sono studiati anche gli effetti di tali proprietà e interazioni tra i componenti della materia su quelle degli oggetti e della materia con cui comunemente abbiamo a che fare, e le relazioni tra di essi, il che determina un'ampia importanza pratica di tali studi. Si tratta quindi di un campo di studi molto vasto, i cui settori sono tradizionalmente suddivisi in base al tipo di materia di cui si occupano o al tipo di studio. La chimica è anche stata definita come "la scienza centrale" o *central science* perché connette le altre scienze naturali, come l'astronomia, la fisica, le scienze dei materiali, la biologia e la geologia.

Insomma sembra una scienza di vecchia data, ci puoi fare una breve cronistoria?

Bisogna secondo me scindere in due periodi: quello dell'alchimia e quello della chimica moderna. Cominciamo parlando del primo periodo. Due erano le principali scuole di pensiero della filosofia naturale elaborata dai Greci: Democrito sosteneva che la natura fosse formata da corpuscoli indivisibili (gli atomi) che si uniscono e separano in uno spazio vuoto, mentre Aristotele ipotizzava la struttura continua della materia risultante dalla combinazione degli elementi acqua, aria, terra e fuoco. Tra il II e V secolo d.C. si sviluppa ad Alessandria d'Egitto l'alchimia, che conservava le origini filosofiche unite a una forte connotazione esoterica. In questo contesto l'alchimista, o "mago naturale", si poneva come tramite tra macrocosmo e microcosmo, divino e umano. Due erano gli obiettivi fondamentali degli alchimisti, da realizzare con l'ausilio della pietra filosofale: la trasmutazione dei metalli in oro, che corrispondeva anche all'elevazione verso la perfezione delle qualità spirituali umane, e la possibilità di curare ogni genere di malattia e creare la vita. Nel XVI secolo assumeva autonomia propria la branca definita iatrochimica, che ebbe i maggiori contributori in Paracelso e Jean Baptiste van Helmont e che si prefissava di correlare i processi chimici che avvengono all'interno dell'organismo umano con gli stati patologici e con i possibili rimedi.

E cosa ci dici allora per la vera chimica, come la conosciamo oggi?

Le basi per lo sviluppo della chimica moderna si pongono nel XVII secolo, con la prima definizione delle reazioni chimiche (nel "*Tyrocinium Chymicum*" di Jean Béguin) e il graduale sviluppo del metodo sperimentale, grazie a diversi scienziati tra i quali spicca Robert Boyle. Lo spartiacque simbolico tra alchimia e chimica può essere considerato l'anno 1661, con l'uscita del libro di Boyle "*Il chimico scettico*" ("*The Sceptical Chemist*"), in cui vengono introdotti i concetti di elemento chimico e composto chimico. Successivamente il lavoro di Antoine Lavoisier, che enunciò per primo la legge della conservazione della massa e confutò la teoria del flogisto, segnò il definitivo su-

peramento dell'alchimia. Nel 1807 Jöns Jacob Berzelius fu uno dei primi a utilizzare il termine "chimica organica" in riferimento alla chimica che caratterizzava i composti prodotti dal regno animale, contrapposti a quelli di origine minerale e di pertinenza della chimica inorganica; sarà Friedrich Wöhler nel 1828 a dimostrare che i composti organici possono essere ottenuti anche da sintesi in laboratorio, riuscendo a sintetizzare l'urea a partire da sostanze inorganiche.

E la tavola periodica come la collochiamo?

Nel 1869 Dmitrij Mendeleev e Julius Lothar Meyer ordinarono gli elementi chimici sistemandoli all'interno della tavola periodica, disposti ordinatamente in base al loro peso atomico. Nel 1937 l'italiano Emilio Segrè scoprì il tecnezio, primo elemento chimico artificiale, e negli anni seguenti verranno sintetizzati artificialmente molti altri nuovi elementi che andranno ad arricchire la tavola periodica.

Ho sentito un termine particolare, il flogisto. Ma cos'è?

La teoria del flogisto sulla combustione dei materiali è una teoria elaborata nel XVII secolo con l'intento di spiegare i processi di ossidazione e combustione, successivamente smentita e abbandonata dopo che fu resa pubblica la legge della conservazione della massa di Antoine Lavoisier. La teoria in sostanza sosteneva che i materiali combustibili e i metalli arroventati si trasformavano in "calci" (oggi diremmo semplicemente che si ossidano) producendo durante il processo di combustione o di calcinazione, il "flogisto", un misterioso principio di infiammabilità o principio solforoso, che noi oggi chiamiamo calore o nel caso più generale energia. Tale teoria di un principio di infiammabilità fu elaborata inizialmente dal chimico tedesco Johann Joachim Becher e successivamente sviluppata e formulata dal connazionale Georg Ernst Stahl, grande medico appassionato di chimica. Oggi sappiamo che i combustibili non bruciano perché liberano il flogisto, ma perché reagiscono con un comburente, tipicamente l'ossigeno.

Immagino che oggi la chimica abbia diversi indirizzi, quali sono?

I principali indirizzi della chimica sono quattro: analitico, organico, inorganico e chimico-fisico. La chimica analitica applica un insieme di tecniche, strumentali e non, allo scopo di riconoscere e quantificare un dato analitico. Nello specifico l'analisi qualitativa si occupa del riconoscimento della sostanza oggetto di indagine, mentre l'analisi quantitativa determina la quantità di sostanza presente in un dato campione. In passato l'analisi qualitativa era condotta manualmente in modo sistematico, sfruttando opportuni reattivi; oggi giorno le tecniche strumentali, quali quelle spettroscopiche, hanno soppiantato tale approccio sistematico e puramente manuale da parte dell'analista. Nell'ambito dell'analisi quantitativa invece convivono tecniche puramente affidate all'operatore, quali le classiche titolazioni, con svariate tecniche strumentali automatizzate, più comunemente spettroscopiche, cromatografiche, elettroanalitiche, o termiche. Occorre sottolineare che la chimica analitica si occupa anche della corretta elaborazione statistica del dato analitico, nonché della qualità e affidabilità di tale dato.

Invece la chimica organica ed inorganica?

La chimica organica studia i composti del carbonio. La sistematica raggruppa le classi di composti organici in base alla presenza di determinati gruppi funzionali, studiandone le proprietà chimico-fisiche, le metodologie di sintesi e le reazioni caratteristiche. La stereochimica e i meccani-

smi di reazione sono un ambito di studio fondamentale in chimica organica. I metodi fisici applicati alla chimica organica (NMR, spettroscopia IR, spettrometria di massa, spettroscopia UV) consentono il riconoscimento dei principali gruppi funzionali e della struttura molecolare. La chimica inorganica si occupa dello studio dei composti inorganici, ovvero dei composti non formati da atomi di carbonio (anche se in realtà una ristretta classe di composti del carbonio sono considerati inorganici). Essa tratta lo studio del legame chimico e della simmetria delle molecole; si sofferma sulla caratterizzazione strutturale ed energetica dei solidi cristallini e di quelli metallici. In modo sistematico viene descritta la chimica degli elementi, raggruppando gli elementi chimici in base ai gruppi della tavola periodica.

Aspetta, ne manca una, fammi pensare... la chimica fisica!

La chimica fisica si propone di studiare e descrivere le reazioni e i fenomeni chimici utilizzando le metodologie e gli strumenti propri della fisica. Vengono studiate le fasi della materia e le transizioni di fase, ponendo enfasi sulle leggi che governano lo stato gassoso, sulla struttura dei solidi cristallini e sui diagrammi di fase. La termodinamica viene affrontata in modo dettagliato così come le sue implicazioni nell'ambito delle reazioni chimiche, arrivando a stabilire la spontaneità o meno di una reazione in base al calcolo dell'energia libera di Gibbs di reazione. Ed ancora, partendo dalle basi della meccanica quantistica, si giunge a descrivere il legame chimico in modo rigoroso su basi matematiche. Dalla struttura atomica si passa alla struttura molecolare, determinata applicando l'approssimazione di Born-Oppenheimer. La spettroscopia e le varie tecniche spettroscopiche vengono trattate evidenziandone i fondamenti fisici, piuttosto che le applicazioni pratiche.

Immagino però che i confini della chimica non siano solo questi.

In effetti hai ragione. Gli indirizzi che ho appena citato sono i quattro indirizzi classici, ma come ho detto in apertura, la chimica è definita una *central science* perché connette discipline diverse. Oltre a connetterle diventa parte integrante di queste discipline. Ad esempio, si sono sviluppate negli anni diverse chimiche, come la biochimica, la chimica farmaceutica, la chimica industriale, la chimica dei polimeri e delle macromolecole, la chimica degli alimenti, la chimica dello stato solido e delle superfici, l'astrochimica, la cosmochimica, l'elettrochimica, la geochimica, la citochimica, l'istochimica, la chimica clinica, la radiochimica, la chimica delle radiazioni, la chimica metallorganica, la stereochimica, la chimica ambientale, la chimica verde, la fotochimica, la sonochimica, la chimica del suolo, la chimica dell'atmosfera, la chimica radiofarmaceutica, l'aerothermochimica, la chimica del restauro, la chimica dei beni culturali, la strutturistica chimica, la magnetochimica, la chimica quantistica, la femtochimica, la chimica dei colloidi, la chimica delle interfasi, la chimica combinatoria, la chimica computazionale, la chimica matematica, la chemioinformatica, la chemiometria, la chimica dei materiali, la merceologia. Insomma di chimica ce n'è veramente tanta, anche nelle canzoni di De Andrè.

Extra Dimensioni

Dott. Alex Casanova

Titolo: ***Fifth Dimension***

Autore: *The Byrds*

Album: *Fifth Dimension*

Anno di pubblicazione: 1966

Durata: 2' 33"

*Oh, how is it that I could come out to you,
And be still floatin',
And never hit bottom but keep falling through,
Just relaxed and paying attention?
All my two-dimensional boundaries were gone,
I had lost to them badly,
I saw that world crumble and thought I was
dead,
But I found my senses still working
And as I continued to drop through the hole,
I found all surrounding,
To show me that joy innocently is,
Just be quiet and feel it around you
(Bridge)*

*And I opened my heart to the whole universe,
And I found it was loving,
And I saw the great blunder my teachers had
made,
Scientific delirium madness
I will keep falling as long as I live,
Ah, without ending,
And I will remember the place that is now,
That has ended before the beginning
Oh, how is it that I could come out to you,
And be still floatin',
And never hit bottom but keep falling through,
Just relaxed and paying attention?*

Con questa canzone siamo tornati negli anni '60, vero Alex?

Sì, è una canzone pubblicata nel 1966 dai Byrds, un gruppo statunitense che raggiunse il successo proprio nella seconda metà degli anni '60. Nella formazione iniziale troviamo Gene Clark (chitarra, tamburello, armonica e voce), Roger McGuinn (chitarra, banjo e voce) e David Crosby (chitarra e voce). I Byrds tuttavia non ebbero vita lunga: alcune incomprensioni tra i componenti portarono allo scioglimento del gruppo già nei primi anni '70, tra l'altro dopo diversi cambi di formazione... La canzone si intitola "*Fifth Dimension*" – "*Quinta dimensione*". Sembra qualcosa di esotico... I Byrds in effetti avevano delle sonorità esotiche che richiamavano l'oriente e anche la copertina dell'album all'interno del quale si trova il pezzo che abbiamo appena ascoltato conferma questo lato esotico e, perché no, psichedelico della band californiana. In realtà nel testo della canzone si fa riferimento alla Teoria della Relatività di Einstein e il titolo richiama le extra dimensioni dello spazio, quindi qualcosa di esotico anche per la fisica.

Quindi una canzone costruita con intenti divulgativi?

Diciamo che l'autore del pezzo, Roger McGuinn, ha liberamente tratto ispirazione dalla Teoria della Relatività, una teoria che all'inizio del 1900 ha rivoluzionato il modo di pensare lo spazio e il tempo ben oltre il senso comune. Facile quindi che un artista possa ispirarsi a questa teoria per cantare di un mondo che va oltre quello che vediamo, fatto anche da una quinta dimensione.

Mi parli di una quinta dimensione; ma cosa significa?

Quando parliamo di dimensioni parliamo del tempo e dello spazio. Noi siamo abituati alle tre dimensioni dello spazio. Giusto per capire: possiamo muoverci avanti e indietro, a destra e sinistra, verso l'alto o verso il basso, tre movimenti che corrispondono alle tre usuali dimensioni dello spazio. A queste tre dimensioni spaziali dobbiamo aggiungere il tempo, che corrisponde ad una quarta dimensione.

Aspetta Alex, tre dimensioni dello spazio più il tempo, abbiamo quattro dimensioni e la quinta?

Beh, la quinta dimensione è una dimensione spaziale aggiuntiva, cioè una dimensione lungo la quale potremmo muoverci se fossimo in grado di vederla ed osservarla... in realtà è invisibile. Lo so, sembra un trucco, ma i fisici già nei primi anni del 1900 avevano introdotto una dimensione aggiuntiva, una quinta dimensione: serviva per unificare tutte le forze allora note, la gravità e l'elettromagnetismo. Allora i fisici erano disposti ad introdurre anche oggetti strani pur di trovare una teoria del tutto che da sola potesse spiegare tutti i fenomeni noti.

Teoria del tutto, è un'espressione spesso associata alla Teoria della Stringhe, giusto?

Dici bene. La teoria della stringhe ha proprio l'obiettivo di unificare tutte le forze; sembra strano, ma le extra dimensioni sono una delle previsioni di questa teoria. Quindi il mondo che ci circonda potrebbe contenere delle dimensioni aggiuntive invisibili ai nostri occhi. In altre parole non siamo in grado di vedere l'universo nel suo complesso: per farlo dobbiamo liberarci dei nostri confini bidimensionali, così come cantavano i Byrds nella loro "Fifth Dimension"...

Stavamo parlando di dimensioni aggiuntive invisibili grazie ai Byrds. Rimane il dubbio di come spiegare la loro invisibilità...

Per spiegare l'invisibilità delle extra dimensioni i fisici teorici parlano di dimensioni compatte. Questo significa che la quinta dimensione è, a differenza delle altre, microscopica, talmente piccola che non riusciamo a vederla e talmente piccola che risulta impossibile muoverci su di essa. È come se questa dimensione spaziale aggiuntiva fosse arrotolata su sé stessa, in tal senso compatta: possiamo pensare, giusto per fare un esempio, di arrotolare un foglio di carta in maniera così stretta da far sì che una dimensione svanisca in quanto molto più piccola dell'altra. Solo con opportuni esperimenti in grado di vedere l'infinitamente piccolo è possibile "sentire" la presenza delle extra dimensioni.

Ecco, da un punto di vista sperimentale, com'è possibile osservare un'extra dimensione?

Le extra dimensioni costituiscono un qualcosa che esce dal nostro mondo visibile; non siamo in grado di vederle, ma la forza di gravità ha particolari proprietà in grado di sentire la presenza delle extra dimensioni. Alcuni esperimenti all'LHC di Ginevra, l'acceleratore più potente al mondo, possono, in linea di principio, produrre dei fenomeni in cui alcune particelle legate alla forza di gravità possono o "sparire" nelle extra dimensioni o decadere producendo particolari segnali. Quello che si può misurare in tali circostanze è la perdita di energia che "finisce" nelle extra dimensioni o il segnale atteso dal decadimento in fotoni di queste particelle legate alla forza di gravità.

Sono stati ottenuti dei risultati positivi in tal senso all'LHC?

No, per il momento non ci sono evidenze sperimentali di queste extra dimensioni. Anche le più recenti analisi dell'esperimento CMS non hanno prodotto risultati positivi in tal senso. Tuttavia le extra dimensioni costituiscono un tema affascinante: la storia della fisica ci insegna come questa idea sia in circolo ormai da quasi un secolo e si leghi in modo indissolubile al tentativo dell'uomo di cercare una strada per l'unificazione di tutti i fenomeni naturali.

Diciamo che le extra dimensioni, se ho ben inteso, ripropongono il tema di un mondo che può essere diverso da come lo percepiamo...

Direi di sì ed in fondo, se vogliamo dare un'interpretazione alla canzone dei Byrds, è quello che ci dice il testo di "*Fifth Dimension*". A guardare bene le extra dimensioni nascono nel contesto della teoria della relatività a cui i Byrds si ispirano. Questa teoria effettivamente ha cambiato il modo di vedere le cose: lo spazio può piegarsi per effetto degli oggetti presenti al suo interno, la massa diventa energia, due eventi simultanei per un osservatore possono non esserlo più per un secondo osservatore in moto rispetto al primo, correndo molto veloce diventiamo più pesanti. Stranezze lontane dal senso comune, follie scientifiche direbbero i Byrds, ma che la scienza ha verificato sperimentalmente. E quindi, perché no, lasciamo una porta aperta alle extra dimensioni.

La tavola periodica

Dott. Fabiano Nart

Titolo: ***The elements***

Autore: *Tom Lehrer*

Album: *Tom Lehrer in Concert*

Anno di pubblicazione: 1959

Durata: 1' 25"

*There's yttrium, ytterbium, actinium, rubidium,
And boron, gadolinium, niobium, iridium,*

There's strontium and silicon and silver and samarium,

And bismuth, bromine, lithium, beryllium, and barium.

Isn't that interesting?

I knew you would.

I hope you're all taking notes, because there's going to be a short quiz next period...

There's holmium and helium and hafnium and erbium,

And phosphorus and francium and fluorine and terbium,

And manganese and mercury, molybdenum, magnesium,

Dysprosium and scandium and cerium and cesium.

And lead, praseodymium and platinum, plutonium,

Palladium, promethium, potassium, polonium, And tantalum, technetium, titanium, tellurium, And cadmium and calcium and chromium and curium.

There's sulfur, californium and fermium, berkelium,

And also mendelevium, einsteinium, nobelium,

And argon, krypton, neon, radon, xenon, zinc and rhodium,

And chlorine, carbon, cobalt, copper, tungsten, tin and sodium.

These are the only ones of which the news has come to Harvard,

And there may be many others but they haven't been discovered.

Questa canzone l'hai scovata tu, io non la conosco. Il cantante parla molto veloce ma posso riconoscere tra le parole alcuni elementi chimici.

Questa è una vecchia canzone di Tom Lehrer del 1959, in cui il cantante elenca una lista di elementi chimici su una base musicale di pianoforte. Lehrer è un matematico laureato con lode all'università di Harvard. Nonostante la sua formazione scientifica, tra il 1950 e il 1960 si dedica alla musica scrivendo canzoni umoristiche o scherzose, attratto dal teatro musicale. Le basi musicali sono da lui suonate, essendo anche un pianista. Nel 1962 ritorna al suo pieno ruolo di insegnante, prima al MIT e poi all'università della California a Santa Cruz, terminando la sua carriera nel 2001 con una lezione sull'infinito.

Molto simpatica questa canzone, ma anche la storia eccentrica di questo matematico. Io collego gli elementi chimici alla tavola periodica. Cosa ci puoi dire su di essa?

Credo che un po' tutti noi abbiamo incontrato nella nostra vita, a scuola, ovvero sui libri, la tavola periodica degli elementi chimici. Per molti è stata una brutta bestia da domare durante il pe-

riodo scolastico, qualcuno come Primo Levi la prese come spunto per scrivere uno dei suoi più importanti libri, *“Il sistema periodico”* del 1975. La tavola periodica è ad oggi una raccolta ragionata di tutti gli elementi chimici noti, naturali e sintetici, strumento essenziale per i chimici che vedono in essa molte chiavi di lettura, ma tutte con un minimo comune denominatore: la periodicità. Molti furono i tentativi iniziali e molti i miglioramenti apportati.

Ma quando si decise di scrivere la tavola periodica?

Attorno al 1850 gli elementi chimici noti erano 63 e la lista era in continua crescita, venivano riconosciute proprietà simili tra alcuni di loro e ci si chiese se ci fosse un modo di ordinarli secondo una logica comune. A tal proposito un tentativo venne fatto dal chimico tedesco Johann Wolfgang Döbereiner, il quale descrisse triadi di elementi dove le proprietà dell'elemento centrale erano circa uguali alla media delle proprietà di due elementi ai lati, ad esempio la massa atomica. Venivano riconosciute delle affinità chimiche; non è un caso che il poeta Goethe, amico di Döbereiner, si ispirò al suo lavoro per scrivere *“Affinità elettive”*. Nel 1865 il chimico inglese John Alexander Newlands propose un lavoro analogo, ma utilizzando gruppi di otto elementi chimici, metodo allora noto come *“legge delle ottave”*. Sicuramente al lettore che conosce in maniera un po' più approfondita la tavola periodica, non suonerà nuovo il termine *“ottave”* che incontreremo più avanti. Si inizia quindi a riconoscere un certo ordine intrinseco della materia, ma ancora non era compreso appieno.

Questi che hai elencato sono dei tentativi mi, pare di capire, ma quando nacque la tavola vera e propria?

Questi sono anni molto concitati; proprio nel 1860 al congresso di Karlsruhe venne reso noto da parte del chimico Cannizzaro il principio di Avogadro (guarda caso un altro chimico italiano, di Torino), secondo il quale volumi uguali di gas diversi alle stesse condizioni di temperatura e pressione contengono lo stesso numero di particelle (il numero di Avogadro, $6,022 \cdot 10^{23}$). A questo congresso parteciparono due chimici, il russo Dmitri Ivanovič Mendeleev ed il tedesco Julius Lotar Meyer, che ritornarono a casa con una copia del lavoro di Avogadro.

E una volta a casa?

I due chimici nel 1869 scoprirono la legge periodica: disponendo in ordine crescente di massa atomica gli elementi chimici fino ad allora noti, ovvero 63, si poteva osservare un andamento regolare e periodico delle proprietà chimico-fisiche. Mendeleev cercò un giorno di organizzare in maniera compatta e più precisa gli elementi allora noti, ma non ci riuscì; come raccontò lui, si addormentò e si risvegliò con una nuova idea: ordinare gli elementi chimici per ordine di massa atomica crescente, ma cominciare una nuova riga, andando a capo sotto la precedente, non appena le proprietà si ripetono.

Quindi la tavola scritta nel 1869 è la stessa che possiamo vedere oggi?

Rispetto alla tavola moderna le righe erano scambiate con le colonne, inoltre c'erano dei punti di domanda. Infatti, seguendo scrupolosamente la legge periodica, venivano a crearsi dei buchi, ovvero sembravano mancare degli elementi chimici all'appello e Mendeleev non utilizzò il trucco di spostare indietro di una casella gli elementi davanti, ma lasciò un punto di domanda affiancato alla sua previsione della massa atomica del nuovo elemento chimico che secondo lui si sarebbe scoperto in futuro. Ad esempio, tra silicio ed arsenico c'era un buco e Mendeleev ipotizzò un nuovo elemento

chimico, l'ekasilicio (= simile al silicio), prevedendone le maggiori proprietà chimico-fisiche sapendo le proprietà del silicio e dell'arsenico e sapendo come queste cambino in maniera periodica.

E non ci furono dei problemi in seguito?

Come per tutte le nuove scoperte, non tardarono i primi problemi che sembravano far vacillare il neonato sistema periodico degli elementi chimici. Il problema nacque con la scoperta dell'argon (Ar) con massa atomica simile a quella del Calcio (Ca), circa 40; tuttavia l'Ar è un gas inerte, mentre il Ca un metallo molto reattivo. Apparentemente l'Ar non sembrava trovar posto all'interno della tavola periodica. La soluzione al problema si trovò nel 1913 quando il fisico inglese Henry Moseley (allievo del fisico e Nobel Ernest Rutherford, che morì a soli 27 anni il 10 agosto 1915 nella battaglia di Gallipoli, in Turchia, mentre serviva l'esercito inglese) analizzando gli spettri dei raggi X si accorse che diversi isotopi di un elemento chimico hanno sempre la stessa carica nucleare (il numero dei protoni, oggi detto numero atomico). La soluzione era pronta: ordinare gli elementi chimici in ordine di numero atomico crescente e non di massa atomica; così facendo l'Ar trovò la sua corretta collocazione nella tavola periodica.

Di solito si sente parlare sempre di Mendeleev e non di Meyer, perché?

Il motivo per cui oggi la tavola periodica è ricondotta sempre a Mendeleev, mentre Meyer è finito nel dimenticatoio, è dovuto al fatto che Mendeleev ebbe il grande merito di prevedere nuovi elementi chimici mentre Meyer, nonostante un primo tentativo del 1865, quindi quattro anni prima di Mendeleev, si limitò ad organizzare i diversi elementi.

Guardano la tavola periodica si vedono tante caselle corrispondenti agli elementi chimici, divise per righe e colonne. C'è qualche convenzione sulla loro organizzazione?

Certo che sì e possiamo cercare di imparare facilmente la nomenclatura utilizzata dai chimici quando tra di loro si trovano a discutere. Ogni riga è chiamata periodo, il numero aumenta dall'alto al basso (da 1 a 7) e questo corrisponde in meccanica quantistica al numero quantico principale n . Ogni colonna è un gruppo, il numero aumenta da sinistra a destra (da I a VIII secondo la vecchia nomenclatura IUPAC che esclude il blocco centrale più basso) e questo corrisponde al numero di elettroni sull'orbitale esterno. L'insieme di più gruppi che condividono lo stesso orbitale esterno è detto blocco (ad esempio il blocco s corrisponde ai primi due gruppi, quello p agli ultimi 6) e questo in meccanica quantistica corrisponde al numero quantico azimutale l . Esistono poi gli elementi di transizione che sono tutti gli elementi che si trovano nel blocco centrale abbassato, ovvero tra i blocchi s e p .

Come hai detto all'inizio, la tavola periodica è così chiamata perché le proprietà chimico-fisiche degli atomi si ripetono; puoi farci degli esempi?

Un esempio di proprietà periodica è il raggio atomico che misura la grandezza degli atomi. Il raggio atomico diminuisce procedendo da sinistra a destra lungo un periodo, mentre aumenta dall'alto al basso lungo un gruppo. Andando da sinistra a destra lungo un periodo prevale l'effetto della carica positiva del nucleo, che attrae gli elettroni di volta in volta aggiunti e quindi ne riduce le dimensioni, mentre andando dall'alto verso il basso lungo un gruppo non si fa altro che salire di un livello energetico (ci si sposta verso gli strati esterni dell'atomo, che possiamo assimilare ad una ci-

polla), per cui le dimensioni aumentano. Alcuni raggi atomici sono pressoché costanti: niente paura, nessuna violazione della legge periodica; semplicemente si tratta degli elementi di transizione, dove intervengono strutture atomiche più complesse, ma che esulano dallo scopo di oggi.

Interessante la similitudine che hai citato tra l'atomo e la cipolla. Potresti spiegarla meglio?

Gli atomi sono costituiti da un nucleo centrale dove sono contenuti i protoni ed i neutroni e dagli elettroni che ruotano attorno al nucleo. Sono proprio gli elettroni o, meglio, la loro posizione nell'atomo a determinarne le proprietà chimico-fisiche. Scontato quindi chiedersi come si costruisce ogni atomo dato il nucleo e gli elettroni da aggiungerci all'esterno. Per fare questo dobbiamo prima capire qual è la struttura atomica e per lo scopo odierno è sufficiente il modello planetario di Bohr: gli elettroni ruotano attorno al nucleo come i pianeti attorno al Sole, descrivendo orbite circolari ben definite. Immaginando che l'atomo ha una struttura a cipolla, dove ogni strato rappresenta un'orbita, bisogna capire come disporre i vari elettroni sulle varie orbite. Per fare questo due principi fondamentali ci vengono in aiuto. Il “principio di esclusione di Pauli” afferma che su ogni orbita possono trovare spazio non più di due elettroni con spin opposto. Lo spin è una proprietà intrinseca degli elettroni dovuta al fatto che sono carichi e che ruotano su loro stessi. Gli elettroni sono come delle trottole e la rotazione può avvenire in senso orario (spin $+1/2$) oppure in senso antiorario (spin $-1/2$). Il secondo principio sul quale ci appoggiamo per costruire l'atomo è il “principio di Hund”, che tradotto in parole povere vuol dire: prima si distribuiscono gli elettroni in modo che ad ogni orbitale sia associato un elettrone, poi gli eventuali elettroni rimanenti vengono accoppiati, ma con spin opposto (per non violare la sopracitata regola di Pauli).

Bene, con questi due principi siamo quindi a posto!

Eh no, in realtà ho mentito. Oltre a questi due principi si deve obbedire ad uno schema che ci dice l'ordine sequenziale con cui occupare gli orbitali, è il principio dell'Aufbau (dal tedesco costruzione, architettura). Con questi tre principi base, partendo dall'idrogeno che ha un solo elettrone, si procede lungo la tavola periodica da sinistra a destra e dall'alto in basso aggiungendo per ogni casella un elettrone fino all'ultimo elemento. Ogni volta che si raggiungono otto elettroni sull'orbitale più esterno, questo è completo, si è giunti alla fine della riga (provate a contare quante caselle ci sono lungo i primi due periodi, proprio otto!) ed è ora di andare a capo e di cominciare un nuovo livello che conterrà nuovi orbitali (un nuovo strato della cipolla). Questa regola molto semplice degli otto elettroni è nota come “regola dell'ottetto” ed è interessante ricordare che già nel 1865 Newlands propose la legge delle ottave... Ma ora direi di fermarci per non rischiare che tu mi faccia domande che mi porteranno ad indagare temi più complicati...

Una pioggia di raggi cosmici

Dott. Alex Casanova

Titolo: ***Have you ever seen the rain?***

Autore: *Creedence Clearwater Revival*

Album: *Pendulum*

Anno di pubblicazione: 1970

Durata: 2' 40"

*Someone told me long ago
There's a calm before the storm
I know; it's been comin' for some time.
When it's over so they say
It'll rain a sunny day
I know; shinin' down like water.*

[Chorus:]

I want to know

Have you ever seen the rain?

I want to know

Have you ever seen the rain

Comin' down on a sunny day?

*Yesterday and days before
Sun is cold and rain is hard
I know; been that way for all my time.
'Til forever, on it goes
Through the circle, fast and slow,
I know; it can't stop, I wonder.*

[Chorus:]

Yeah!

[Chorus:]

Di che canzone si tratta?

Siamo nel 1970 e questa canzone sarà nota a molti; si tratta di “*Have you ever seen the rain?*” uno dei pezzi più famosi dei Creedence Clearwater Revival, la band californiana dei fratelli (John e Tom) Fogerty che ottenne grande successo a cavallo tra gli anni '60 e '70. Il titolo di questa canzone è una domanda: “Hai mai visto la pioggia?” (o “Avete mai visto la pioggia?”) ci chiede John Fogerty, l'autore del pezzo. La domanda sembra banale, ma la canzone ha un significato metaforico...

A cosa si riferivano i Creedence?

Come detto siamo nel 1970 e gli Stati Uniti in quegli anni erano impegnati nella guerra del Vietnam, che, come sappiamo, creò non pochi problemi e polemiche. Fogerty nella sua canzone si riferisce alla pioggia di bombe proprio durante questo conflitto, quindi, come detto, una pioggia metaforica. Ed è su questa metafora che mi sono concesso una licenza poetica...

Di cosa si tratta, Alex?

Ho voluto dare la mia personale interpretazione a questa pioggia metaforica riferendomi ad un particolare fenomeno fisico la cui scoperta compie quest'anno 100 anni... quindi una licenza poetica dettata da una ricorrenza speciale, la scoperta dei raggi cosmici.

Cosa sono questi raggi cosmici?

I raggi cosmici sono una radiazione di origine extra terrestre che penetra nell'atmosfera terrestre. Oggi sappiamo che sono costituiti principalmente da protoni dotati di grande energia che bombardano continuamente il nostro pianeta. La loro scoperta avvenne tra il 1910 ed il 1912 con degli esperimenti davvero particolari.

Beh, raccontaci un po' la storia della loro scoperta...

Nei primi anni del '900 era ben noto il fenomeno della radioattività, cioè l'emissione di radiazione e particelle da parte di alcune sostanze. Col tempo ci si era resi conto che esisteva una sorta di fondo di radiazione anche in assenza di specifiche sostanze radioattive da laboratorio. All'epoca si pensava alla radiazione naturale del terreno, ma accadde un fatto strano: salendo in cima alla Torre Eiffel il segnale prodotto dalla radiazione del terreno diminuiva meno del previsto, cioè allontanandomi dal terreno mi aspettavo che la radiazione diminuisse fino a scomparire, invece diminuiva meno del previsto. Quindi doveva esistere un'altra fonte di radiazione e la conferma arrivò poco tempo dopo, in mongolfiera...

Mongolfiere? In che senso?

Dopo essere saliti in cima alla Torre Eiffel bisognava salire più in alto con la strumentazione in grado di captare il segnale della radiazione. Si pensò così ad un pallone aerostatico. Fu così che il 7 agosto 1912 Victor Franz Hess salì sul pallone e cominciò la sua salita alla scoperta dell'origine di quella misteriosa radiazione. Man mano che il pallone saliva il segnale diminuiva meno del previsto fino a quando, dopo i 1.500 metri dal suolo, cominciò addirittura a crescere. Era la conferma che esisteva una fonte di radiazione esterna alla Terra. Una scoperta sensazionale con cui Hess vinse il Nobel nel 1936.

Ma da dove provengono questi raggi cosmici?

L'origine dei raggi cosmici non è ancora del tutto chiara. Come detto, oggi sappiamo che sono costituiti principalmente da protoni (circa il 90%), ma l'energia di queste particelle varia su 12-14 ordini di grandezza, quindi un intervallo molto ampio. Questo significa che esistono diversi processi di produzione dei raggi cosmici che possono avvenire sia all'interno della nostra galassia che all'esterno; si pensa che alla base della produzione dei raggi cosmici meno energetici ci siano le esplosioni di supernovae (cioè esplosioni legate agli ultimi istanti di vita di alcune stelle), mentre per i raggi cosmici ad alta energia si pensa a fenomeni fisici prodotti da buchi neri supermassicci che si trovano al centro di alcune galassie che popolano il nostro Universo. Quindi possiamo dire che i raggi cosmici sono i messaggeri di eventi molto violenti che si scatenano nel nostro Universo.

Stiamo parlando di raggi cosmici. Cosa succede quando penetrano nella nostra atmosfera?

I protoni altamente energetici che costituiscono la componente principale della radiazione cosmica primaria interagiscono ad alta quota (circa 15-20 km) con gli atomi e le molecole della nostra atmosfera producendo una cascata, una pioggia per richiamare la canzone dei Creedence Clearwater Revival, di particelle secondarie. Queste particelle a loro volta interagiscono con l'atmosfera o decadono spontaneamente producendo altre particelle. Alcune di queste particelle vengono assorbite dagli strati intermedi della nostra atmosfera, altre raggiungono il suolo: fotoni, elettroni,

positroni, neutrini, ma anche altre strane particelle (pioni, kaoni, soprattutto muoni) raggiungono la superficie del nostro pianeta, pronte ad essere captate nei laboratori di ricerca.

Quindi i raggi cosmici costituiscono una pioggia in cui siamo immersi...

Sì, i raggi cosmici penetrando nell'atmosfera producono un complesso sciame di particelle e una piccola frazione di questo sciame raggiunge la superficie: elettroni, positroni e fotoni da un lato costituiscono la cosiddetta componente soffice della radiazione cosmica secondaria, mentre i muoni costituiscono la componente dura. Giusto per fare un esempio, possiamo stimare in circa 500.000 le particelle dello sciame cosmico (soprattutto muoni) che avranno attraversato questo studio di registrazione nell'arco di questa trasmissione. Diciamo una pioggia davvero intensa, ma che non riusciamo a vedere se non grazie ad un'opportuna strumentazione di laboratorio.

A proposito di laboratori, sai dirci qualcosa sugli studi sperimentali sui raggi cosmici?

I raggi cosmici sono stati una fonte davvero importante di conoscenza; studiare i raggi cosmici per capirne l'origine e la natura ha permesso di effettuare molte scoperte sulle particelle elementari che costituiscono la materia che ci circonda. L'esempio più famoso è la scoperta nel 1931 del positrone, uno dei componenti dei raggi cosmici che arrivano a terra, che valse allo scopritore, Carl Anderson, il premio Nobel proprio insieme a quel Victor Hess "padre" dei raggi cosmici stessi. Tra l'altro, lo studio dei raggi cosmici impegnò i fisici ad alta quota: infatti per studiare meglio la radiazione cosmica i fisici utilizzarono particolari laboratori in alta montagna; un esempio: il laboratorio sul Pic du Midi, sui Pirenei, a 2.887 m s.l.m. Altri laboratori protagonisti di importanti scoperte si trovano sulle Alpi, altri sulle Ande, ad altitudini superiori anche ai 3.000 m.

E oggi cosa bolle in pentola?

Oggi gli studi sui raggi cosmici sono molteplici e differenziati, nel tentativo di capire la loro origine e composizione, soprattutto per quello che riguarda i raggi cosmici ad alta energia. Nel corso degli ultimi anni sono stati utilizzati sia numerosi satelliti al di fuori dell'atmosfera terrestre che laboratori estesi su grandi superfici a terra. Vorrei citare solo alcuni esperimenti in corso fra i molti volti allo studio dei raggi cosmici: l'esperimento AMS-02 installato nel maggio dello scorso anno sulla Stazione Spaziale Internazionale, l'osservatorio Auger, installato su una superficie di circa 3.000 chilometri quadrati in Argentina e l'esperimento Argo installato sull'altopiano del Tibet a circa 4.300 m s.l.m. Quindi dopo 100 anni i raggi cosmici sono ancora protagonisti di importanti esperimenti che ci permetteranno di capire meglio il nostro Universo.

Le formule chimiche

Dott. Fabiano Nart

Titolo: **Formula chimica**

Autore: *Neri per Caso*

Album: *Strumenti*

Anno di pubblicazione: 1996

Durata: 2' 04"

Io più te come tu più me

Siamo una formula chimica

Io più te come tu più me

Equazione matematica

Io su te come tu su me

Un'immagine simmetrica

Io su te come tu su me

È perfetta la meccanica

Come si fa io non lo so

Come si può dirti di no

Aspetto te decidi tu

Quando ti va come ti va

Io più te come tu più me

Siamo una formula chimica

Io più te come tu più me

Una sintesi anatomica

Io su te come tu su me

Congiunzione metafisica

Amo te e tu ami me

Come conseguenza logica

Sai cosa c'è che dopo di te

Io non saprei amare di più

Perché sei tu la novità

La schiavitù la libertà

Sai cosa c'è che dopo di te

Io non saprei amare di più

Perché sei tu la novità

La schiavitù la libertà

Io su te come tu su me

È perfetta la meccanica

Io su te come tu su me

Un'immagine simmetrica

Io più te come tu più me

Equazione matematica

Io più te come tu più me

Una sintesi anatomica

Amo te e tu ami me

Come conseguenza logica

Io più te come tu più me

Siamo una formula chimica

Ancora una canzone sulla chimica per te Fabiano.

Purtroppo non riesco a nascondere la mia formazione di chimico, vengo subito scoperto! Oggi ho voluto proporre questa canzone dei Neri per caso dal titolo eloquente, “*Formula chimica*”, contenuta nell'album “*Strumenti*” del 1996.

Visto che te la sei voluta, ci spieghi cosa sono le formule chimiche!

Le formule chimiche sono il modo che il chimico ha di rappresentare gli oggetti di cui si occupa, ovvero le molecole, evidenziandone caratteristiche costitutive utili per la comprensione delle stesse. Sarebbe errato affermare che la funzione principale di una formula chimica sia quella di consentire di scrivere o menzionare in modo semplificato una molecola: se è vero che scrivere H_2O è sicuramente più breve che scrivere “acqua” ed $NaCl$ è più breve di “sodio cloruro”, la casistica più

generale, specie quando si considera la chimica organica, smentirebbe clamorosamente questo modo di vedere le cose, in quanto è quasi la norma il fatto che una formula risulti più elaborata e, detto concretamente, “difficile da scrivere” che non il nome di una molecola, specie se per questa esiste un nome comune o volgare.

Ma c'è qualche connessione con le formule, ad esempio, della fisica?

In fisica in primo luogo, ma anche in moltissime altre discipline scientifiche, applicazioni tecnologiche e, perché no, anche nella stessa chimica, esistono “formule” di tipo matematico che mettono in relazione quantitativa alcune entità misurabili con altre. Si tratta di fatto di equazioni algebriche, quindi di oggetti matematici, immediatamente identificabili per la presenza del segno di uguaglianza posto fra i due membri di un'equazione. Se noi scriviamo $E = mc^2$ significa che sostituendo ad E , ad m ed a c i loro valori numerici nelle relative unità di misura idonee, e svolgendo i calcoli richiesti si otterrà da una parte e dall'altra del segno di uguale lo stesso valore numerico. Se conosciamo solo i valori delle variabili che stanno in un membro, ovvero da un lato del segno di uguaglianza (nel caso dell'esempio se conoscessimo solo il valore di m e di c) la formula in questione ci consentirebbe di calcolare il valore esatto di E . Una relazione usatissima in fisica, ma anche in chimica, è l'equazione di stato dei gas perfetti, in formula $pV = nRT$. Digressioni a parte, il concetto fondamentale è che le formule di questo tipo equivalgono a relazioni fra entità o grandezze fisiche diverse, sono di tipo quantitativo e possono essere trattate con gli strumenti di calcolo messi a disposizione dalla matematica.

Invece per le formule chimiche?

Parlando di formule chimiche ci troviamo invece in un ambito della conoscenza completamente diverso. Le formule chimiche sono da intendersi come delle pure rappresentazioni: a seconda dei criteri utilizzati (formule elementari, formule brute, formule di struttura, formule spaziali, ecc.) potranno contenere ed evidenziare in modo esplicito un numero più o meno elevato di informazioni relative alla molecola alla quale si riferiscono, ma in un modo o nell'altro si tratta pur sempre di raffigurazioni stilizzate e convenzionali di un oggetto concreto, ovvero di una molecola, uno ione, un radicale o comunque di una qualche specie chimica. In questo in fondo una formula chimica non differisce molto, dal punto di vista concettuale, da un pittogramma o addirittura da un geroglifico: se volessimo rappresentare un uomo, potremmo disegnare l'omino con tanto di volto, espressione del viso, connotati e vestiti; semplificando potremmo limitarci a differenziare il maschio dalla femmina come nei simboli stilizzati utilizzati sulle porte dei servizi igienici pubblici; semplificando ancor più potremmo delineare una figura umana unisex fatta solo da una linea per il corpo, una pallina per la testa e quattro trattini per braccia e gambe. Siamo quindi liberi di semplificare quanto vogliamo, oppure esagerare la quantità di informazioni che vogliamo trasmettere.

Qual è la formula chimica base, se mi passi il termine?

La formula chimica in assoluto più semplice è la cosiddetta formula elementare, detta appunto anche “minima”: essa ci dice semplicemente di quali elementi è fatta una molecola ed in che rapporto si trovano fra loro. La formula elementare del glucosio per esempio è CH_2O che significa che è costituito da atomi di carbonio (C), idrogeno (H) ed ossigeno (O) e che per ogni atomo di carbonio presente ve ne sarà uno di ossigeno e due di idrogeno. Ma non ci spiega se gli atomi rispettivamente di C, H ed O sono di fatto 1, 2, 1 oppure 2, 4, 2 o anche 3, 6, 3 o altre combinazioni analoghe.

E quindi se volessimo sapere la esatta quantità di ogni atomo costituente il glucosio?

Un livello di definizione solo leggermente superiore è quello della formula bruta: in essa non si riportano semplicemente i rapporti relativi fra i diversi elementi contenuti, ma il numero effettivo ed esatto di ciascuno di essi. La formula bruta del glucosio per esempio è $C_6H_{12}O_6$. Come si vede essa rappresenta un caso specifico all'interno del rapporto 1, 2, 1 che appunto era indicato dalla formula elementare prima riportata.

Vista l'antifona sono certa che le informazioni sul glucosio possono aumentare in un altro tipo di formula più specifica.

Un salto di livello descrittivo lo abbiamo invece quando iniziamo ad interessarci della struttura della molecola, ovvero di come sono legati fra loro i diversi atomi che compongono la molecola. La formula di struttura evidenzia proprio come questi atomi sono organizzati fra loro attraverso legami chimici. La formula di struttura si potrebbe definire "completamente esplicita", dove cioè sono riportati tutti gli atomi che compongono la molecola di glucosio, anche quelli che il chimico riterrebbe più scontati, come ad esempio gli idrogeni, separati uno dall'altro da legami, che nello specifico potranno essere di tipo semplice, doppio o triplo. Nel caso specifico del glucosio si osserva, come è giusto che sia in relazione alle relative valenze, che il carbonio stringe complessivamente quattro legami, l'ossigeno due e l'idrogeno uno soltanto.

Quindi sembra fin troppo dettagliata!

Per la stragrande maggioranza dei contesti operativi questa formula di struttura (o, come si dice in linguaggio chimico, semplicemente "struttura") risulta eccessivamente appesantita, complessa da scrivere e piena di particolari che, oltre ad essere nel complesso poco informativi, rischiano di distogliere l'attenzione visiva dalle parti più salienti della molecola.

E allora come scrivete le formule voi chimici?

Si può procedere a semplificare questo tipo di rappresentazione con alcuni accorgimenti convenzionali. Uno dei più frequenti è quello di identificare gruppi di atomi legati fra loro in modo tipico e caratteristico, ovvero ricorrente in moltissime strutture molecolari: questi gruppi di atomi prendono il nome di gruppi funzionali. Ad esempio per il nostro caso del glucosio, rispettivamente il CHO è detto gruppo aldeidico ed il CH_2OH è detto gruppo alcolico primario. Inoltre gli atomi di idrogeno legati ad un ossigeno sono rappresentati fusi con questo in un altro piccolo gruppo funzionale, OH detto ossidrile. Un ultimo grado di semplificazione, molto in voga negli ultimi anni specie fra gli addetti ai lavori, è quello di sottintendere ciascun atomo di carbonio, facendolo graficamente "scompare" dalla formula di struttura: al suo posto si vedranno semplicemente i legami che esso stabilisce, quasi come se nella rappresentazione esso fosse diventato così piccolo da essere praticamente puntiforme. In questo contesto di semplificazione anche gli atomi di idrogeno legati direttamente al carbonio vengono eclissati, risultando per il chimico scontati dal momento che si sa che ogni carbonio dovrebbe stringere comunque 4 legami, quindi ogni legame mancante è inteso come un legame con idrogeno.

Quello che scrivete sulla carta quindi rappresenta totalmente la realtà delle molecole?

Al chimico tocca fare i conti con il fatto che il foglio di carta sul quale scrive la formula, così come il monitor del PC nel caso di una rappresentazione via software, è pur sempre una superficie bidimensionale, mentre la maggior parte delle molecole sono degli oggetti perfettamente tridimensionali. In certi casi la proiezione bidimensionale della molecola sul piano del foglio non porta a grosse distorsioni o semplificazioni eccessive, mentre in altri casi quello che ne risulta a livello grafico può apparire davvero paradossale. Consideriamo ancora la nostra molecola di glucosio: in natura è normale che una molecola di glucosio, come quella della maggior parte degli altri monosaccaridi, vada incontro ad una reazione intramolecolare detta di semiacetalizzazione, dove le due estremità della molecola interagiscono fra loro con l'eliminazione di una molecola di acqua e la formazione di un anello chiuso. La struttura così formata prende anche il nome di struttura semiacetalica del glucosio.

Ma come si può rappresentare graficamente l'unione tramite un nuovo legame chimico di due atomi posti in zone inizialmente lontane sulla stessa molecola?

Si usano le proiezioni di Fisher, che non sono così soddisfacenti in quanto indicano sì quali sono gli atomi che si legano fra loro ed in che modo, ma non forniscono affatto un'idea realistica, ovvero una rappresentazione pittografica, per quanto semplificata, della nuova forma che verrà ad assumere la molecola: non è infatti realistico pensare che i nuovi legami formati dalla reazione siano almeno 5 volte più lunghi di tutti gli altri presenti sulla stessa molecola! Cosa succede in realtà è che, esattamente come quando si congiungono gli estremi di una catena, la molecola si chiude ad anello o, meglio ancora, in un poligono avente per vertice un atomo di carbonio ed eventualmente di ossigeno.

Come si fa allora a cercare di replicare il più possibile il vero?

Si utilizza il metodo delle stereo-proiezione. Oltre alla struttura poligonale chiusa ad anello (dove i lati e quindi i legami hanno lunghezza paragonabili fra loro), questo tipo di rappresentazione di una struttura molecolare evidenzia un'altra informazione importantissima, qualcosa che inizia, seppur timidamente, a dare un carattere di profondità alla struttura anche nella terza dimensione. In luogo dei trattini per indicare i legami chimici, si usano dei triangolini neri pieni per indicare che l'atomo connesso esce sopra il piano del foglio o dei triangolini tratteggiati per indicare che l'atomo connesso entra sotto il piano del foglio. Tutto il resto della molecola che rimane sul piano del foglio viene indicata con connessioni tra gli atomi attraverso il tradizionale trattino.

Insomma, mi sembra che questa rappresentazione sia al livello maggiore della scala della raffinatezza!

Si può fare di meglio! Un ulteriore e per lo più decisivo salto di qualità (ma, ahimè, anche di difficoltà di scrittura!) lo si ha con le formule di struttura che mostrano la cosiddetta conformazione molecolare, ovvero gli atomi ed i legami in una posizione più naturale e rispettosa della forma effettiva della molecola. La maggior parte delle molecole infatti non è rigida, ma al contrario, specie in soluzione (ad esempio per lo zucchero, in soluzione acquosa) o allo stato di vapore, si muove flettendosi intorno ad alcuni punti di snodo, che nel caso del glucosio dell'esempio sono tutti gli atomi

di carbonio e quello di ossigeno che fanno parte dell'anello esagonale. Molecole lineari aperte o chiuse ad anello, salvo alcuni casi particolari, sono libere di fluttuare intorno alle loro "articolazioni", pur senza modificare disposizione e lunghezza dei legami presenti. Certe posizioni (che il chimico è solito chiamare conformazioni), e quindi certe forme spaziali della stessa molecola, spesso anche semplicemente una soltanto, possono però risultare particolarmente favorite in quanto ad esse corrispondono condizioni di più elevata stabilità, come se in esse la molecola risultasse per così dire "più comoda": più correttamente dovremmo dire che queste conformazioni corrispondono al minimo di energia interna alla molecola. Nel caso del glucosio si possono avere le conformazioni "a sedia" e "a barca", quest'ultima meno stabile.

A questo punto mi sento di concludere che col computer si può raffigurare la vera realtà.

Hai ragione, con adeguati software di grafica molecolare si possono creare i modelli corrispondenti alla realtà, non solo come forma, ma come lunghezza dei legami, angoli di legami etc... Credo di aver dato i rudimenti sulle formule chimiche!

Spirali, dall'infinitamente grande all'infinitamente piccolo

Dott. Alex Casanova

Titolo: **Lateralus**

Autore: *Tool*

Album: *Lateralus*

Anno di pubblicazione: 2001

Durata: 9' 24"

*Black then white are all I see in my infancy.
Red and yellow then came to be, reaching out to
me.*

Lets me see.

As below, so above and beyond, I imagine

Drawn beyond the lines of reason.

Push the envelope. Watch it bend.

*Over thinking, over analyzing separates the body
from the mind.*

*Withering my intuition, missing opportunities and I
must*

*Feed my will to feel my moment drawing way ou-
tside the lines.*

Black then white are all I see in my infancy.

*Red and yellow then came to be, reaching out to
me.*

Lets me see there is so much more

*And beckons me to look through to these infinite
possibilities.*

As below, so above and beyond, I imagine

Drawn outside the lines of reason.

Push the envelope. Watch it bend.

*Over thinking, over analyzing separates the body
from the mind.*

Withering my intuition leaving all these opportuni-

ties behind.

*Feed my will to feel this moment urging me to cross
the line.*

Reaching out to embrace the random.

Reaching out to embrace whatever may come.

I embrace my desire to

Feel the rhythm, to feel connected

Enough to step aside and weep like a widow

To feel inspired, to fathom the power,

To witness the beauty, to bathe in the fountain,

To swing on the spiral

Of our divinity and still be a human.

With my feet upon the ground I lose myself

Between the sounds and open wide to suck it in,

I feel it move across my skin.

I'm reaching up and reaching out,

*I'm reaching for the random or what ever will
bewilder me.*

*And following our will and wind we may just go
where no one's been.*

*We'll ride the spiral to the end and may just go
where no one's been.*

Spiral out. Keep going, going

Abbiamo appena ascoltato l'inizio di una canzone dei Tool , vero Alex?

Sì Donatella, una canzone dei Tool, una band californiana che di solito si sente poco in radio. Una band che potrebbe essere inserita nel movimento del rock progressivo con canzoni spesso dai toni cupi, lunghe, articolate, spesso accompagnate da video piuttosto inquietanti. Una band nata a

Los Angeles nei primi anni '90 attorno alla figura del cantante e leader del gruppo Maynard James Keenan. La canzone che abbiamo ascoltato si intitola “*Lateralus*” ed è tratta dall’omonimo album del 2001.

Perché è così particolare questo pezzo?

“*Lateralus*” è una canzone complessa e articolata, dura più di nove minuti. La particolarità sta nella costruzione del testo, nella metrica utilizzata dal cantante. Infatti le prime strofe si basano sui primi numeri della successione di Fibonacci...

Fibonacci, un nome che ritorna...

Già... il mio bravissimo compagno di avventura Paolo Alessandrini aveva parlato di Fibonacci in una precedente puntata del nostro programma, citando tra l’altro proprio questa canzone. Ma vista la mia passione per i Tool non potevo non approfondire il discorso riferendomi alla loro “*Lateralus*”.

Giusto per riprendere il discorso, ci vuoi ricordare in breve che cos’è la successione di Fibonacci?

La successione di Fibonacci è una particolare sequenza di numeri costruita nel seguente modo: parto da due numeri iniziali e il successivo lo trovo facendo la somma dei due numeri che lo precedono. Per esempio: parto con 1 e 1, sommandoli trovo il termine successivo, cioè 2, poi $2 + 1 = 3$, $3 + 2 = 5$, $5 + 3 = 8$, $8 + 5 = 13$. È proprio sui numeri 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13 che è costruita “*Lateralus*”.

In che modo?

Il testo di “*Lateralus*” è costruito in modo tale che il numero di sillabe dei versi della canzone ricalchi i primi numeri della successione di Fibonacci. La prima parte della canzone che abbiamo appena ascoltato è costruita dapprima in modo crescente, cioè con un numero crescente di sillabe (1, 1, 2, 3, 5, 8, 13), poi decresce, cioè il numero di sillabe diminuisce sempre seguendo i numeri di Fibonacci letti al contrario (si parte con un verso con 13 sillabe, poi uno con 8 sillabe, 5, 3, 2, 1, 1).

Beh, una costruzione davvero singolare e complessa...

...e non è finita. Perché nella canzone si fa riferimento esplicito ad un movimento lungo una spirale. Ora, più o meno tutti sanno quale sia la forma di una spirale. Quello che forse non tutti sanno è che i numeri di Fibonacci permettono di costruire una spirale, la cosiddetta spirale logaritmica. La costruzione non è semplicissima: bisogna disegnare dei quadrati il cui lato è dato dai numeri di Fibonacci e tracciare all’interno di ognuno di questi quadrati un quarto di circonferenza di raggio pari al lato del quadrato. Unendo tutti questi tratti di circonferenza è possibile costruire una spirale logaritmica. Ripeto, la costruzione non è immediata, bisogna incastrare bene i quadrati; il fatto importante è che i numeri di Fibonacci si legano ad una spirale e i Tool hanno colto questo legame. La suggestione suggerita da “*Lateralus*” è quella di muoverci lungo questa spirale: verso l’esterno, diciamo verso l’infinitamente grande, quando abbiamo un numero crescente di sillabe, e poi verso l’interno, quindi verso l’infinitamente piccolo, quando abbiamo un numero decrescente di sillabe. Un modo per vedere il mondo in modo diverso, una visione per così dire laterale che ci permette di cogliere l’essenza della Natura che ci circonda.

Abbiamo sentito il finale di “Lateralus”, con il suo ritmo incalzante e con le sue suggestioni tra l’infinitamente grande e l’infinitamente piccolo...

Sull’onda di questa suggestione perché non fare un piccolo excursus sulle leggi fisiche e le scale della Natura che ci circonda... magari partendo dall’infinitamente grande... partendo dall’Universo. Ma quanto è grande l’Universo? Per farla breve non possiamo dirlo, potrebbe essere infinito oppure no. Quello che possiamo valutare è la dimensione dell’Universo osservabile, tenendo conto della velocità della luce e dell’espansione dell’Universo stesso. Facendo un po’ di conti il risultato è di circa 50 miliardi di anni luce, cioè l’orizzonte oltre il quale l’Universo non è più osservabile è pari alla distanza percorsa dalla luce in 50 miliardi di anni, un numero infinitamente grande. Siamo nel regno della cosmologia dove la forza di gravità descritta dalla Relatività Generale domina su tutte le altre forze fondamentali della Natura.

L’Universo poi è popolato da galassie, giusto?

Certo, per la cosmologia che studia tutto l’Universo, la sua origine e la sua evoluzione, le galassie sono i mattoni di base; siamo a scale decisamente più piccole, ma domina incontrastata la gravità. Diamo i numeri: la nostra galassia, la Via Lattea, che tra l’altro ha la forma di una spirale giusto per rimanere in tema, è lunga 78.500 anni luce, cioè viaggiando alla velocità della luce impiegheremmo poco meno di 80.000 anni per andare da un capo all’altro della nostra galassia, un viaggio di esplorazione decisamente lungo.

Poi il Sole e il nostro pianeta...

Certo, scendiamo di scala, cerchiamo la nostra stella in un braccio della spirale della nostra galassia, un po’ in periferia. Entriamo nel sistema solare e atterriamo sulla Terra, la forza di gravità ci ha accompagnato fin qui, ma ora alle scale più piccole lascia il posto all’elettromagnetismo. Quando entriamo nella materia troviamo molecole e atomi ed è la forza elettromagnetica che assume il ruolo chiave in discipline come la chimica o la biologia.

Siamo arrivati quindi agli atomi...

Siamo arrivati a dimensioni di circa 10^{-10} m, siamo su scale molto piccole. Ma il nostro viaggio verso l’infinitamente piccolo non si ferma perché all’interno dell’atomo ci sono gli elettroni che ruotano intorno ad un nucleo molto più piccolo dell’atomo. E nel nucleo troviamo protoni e neutroni costituiti a loro volta da quark. Siamo in un altro mondo, il mondo dominato dalle forze nucleari.

Ci fermiamo o il viaggio continua?

Chissà, questo rapido excursus ci ha portato dall’Universo immenso dominato dalla gravità a piccole particelle elementari dove la gravità non conta più nulla. Ma forse a dimensioni più piccole potrebbero esistere delle stringhe, nuovi enti elementari in grado di farci scoprire l’importanza della gravità anche su scale infinitamente piccole... e in fondo quindi cambiare il nostro modo di vedere il mondo aprendoci ad una “visione laterale”...

Australophithecus e LSD

Dott. Fabiano Nart

Titolo: *Lucy in the sky with diamonds*

Autore: *Beatles*

Album: *Sgt. Pepper's Lonely Hearts Club Band*

Anno di pubblicazione: 1967

Durata: 1' 40"

*Picture yourself in a boat on a river
With tangerine trees and marmalade skies.
Somebody calls you, you answer quite slowly,
A girl with kaleidoscope eyes.*

*Cellophane flowers of yellow and green
Towering over your head.
Look for the girl with the sun in her eyes
And she's gone.*

*Chorus:
Lucy in the sky with diamonds
Lucy in the sky with diamonds
Lucy in the sky with diamonds, ah, ah*

*Follow her down to a bridge by the fountain
where rocking horse people eat marshmallow pies.*

*Everyone smiles as you drift past the flowers
That grow so incredibly high.*

*Newspaper taxis appear on the shore
Waiting to take you away
Climb in the back with your head in the clouds
And you're gone.*

Chorus

*Picture yourself on a train in a station
With plasticine porters with looking glass ties,
Suddenly someone is there at the turnstile,
The girl with kaleidoscope eyes.*

Chorus

Wow, una canzone dei Beatles del 1967 che tanto ha fatto parlare!

Scritta da John Lennon (ma accreditata alla coppia Lennon/McCartney), la canzone ha creato infatti parecchie controversie per il suo titolo, che venne interpretato come una possibile allusione all'LSD. Secondo questa teoria, il titolo della canzone sarebbe l'acronimo della sopracitata droga. (Le iniziali dei sostantivi presenti nel titolo sono infatti L, S, D). Lennon invece affermò che l'ispirazione del titolo gli venne da un disegno di suo figlio Julian. In questo disegno si vede una compagna di classe di Julian che passeggia in un cielo pieno di diamanti.

Ricordo che a uno dei primi ritrovamenti di australophithecus, tra l'altro donna, venne dato il nome di Lucy. C'è una relazione con la canzone?

Nel novembre del 1973, ad Afar in Etiopia, Yves Coppens, Donald Johanson, Maurice Taïeb e Tom Gray rinvennero i resti di un esemplare di femmina adulta dell'età apparente di 25 anni, vissuta almeno 3,2 milioni di anni fa. La chiamarono Lucy, in onore di "*Lucy in the sky with diamonds*" dei Beatles dato che gli scopritori in quel momento stavano ascoltando quella canzone; in amarico è nota come Dinqinesh, che significa "Tu sei meravigliosa", mentre il suo nome in codice è A.L. 288.

In quegli anni, come detto precedentemente, Lenon fu accusato di assumere LSD, ma cos'è precisamente? Ne approfitto dato che tu sei un chimico...

L'LSD è una fra le più potenti sostanze psichedeliche conosciute. Il nome LSD è un'abbreviazione della parola tedesca *Lysergesäurediethylamid* (acido lisergico dietilamide). Una dose di appena 25 milionesimi di grammo può causare alterazioni della percezione e dell'umore per più di 10 ore. Non causa tipicamente "allucinazioni" in senso proprio, ma amplificazioni dei sensi e distorsioni della percezione della realtà.

Come venne scoperto l'LSD?

Fu sintetizzato per la prima volta nel 1938 nei Laboratori Sandoz di Basilea da Albert Hofmann ed è basato sull'acido lisergico, che si trova nell'ergot, un fungo parassita della segale. Le caratteristiche escrescenze che si formano in seguito alla crescita di questo particolare fungo hanno portato a definire le piante di segale, che da esso vengono colpite, segale cornuta. L'ingestione dell'ergot o della segale cornuta o di prodotti che da essa derivano causano la cosiddetta "febbre del pellegrino", o ergotismo, i cui sintomi sono deliri allucinatori e forti dolori alle gambe. Introdotto dalla Sandoz (ora Novartis) come farmaco psichiatrico venne successivamente bandito a causa della diffusione del suo uso extra-clinico. Però Hofmann mi sa che si divertiva un pochino con questa nuova sostanza...

Perché, cosa accadde?

Hofmann stava effettuando ricerche sugli alcaloidi presenti nella scilla marina e nella segale cornuta nel tentativo di ricavare sostanze utilizzabili come farmaci. Le sue proprietà psichedeliche non vennero però riconosciute fino al 16 aprile 1943, quando a Hofmann cadde sulla mano una goccia della sostanza che, una volta traspirata, gli provocò forti giramenti di testa e allucinazioni. È la prima esperienza di un uomo con l'LSD. Hofmann racconta: "*Come sospeso in un sogno, con gli occhi chiusi perché trovavo la luce del sole troppo abbagliante, visto un flusso ininterrotto di immagini meravigliose, forme straordinarie con un intenso gioco caleidoscopico di colori*". L'esperienza durò circa due ore. Questa esperienza lo condusse a testare personalmente gli effetti psicoattivi dell'LSD (da lui chiamato LSD-25 perché proveniente dal campione numero 25).

No dai, non ci credo, testava su se stesso gli effetti allucinogeni!

Fu proprio così, tre giorni dopo, il 19 aprile, noto come "giorno della bicicletta", Hofmann assume intenzionalmente 250 µg di LSD, da lui considerato il dosaggio minimo efficace, sbagliando la stima di un ordine di grandezza, vale a dire 10 volte tanto e provocandosi un'esperienza molto più potente di quanto aveva previsto. È il primo utilizzo intenzionale della sostanza. Successivamente al test, Hofmann si dedica integralmente allo studio della sostanza...

Spero tanto che i suoi studi abbiano avuto un seguito.

Possiamo dire che le sue esperienze hanno sicuramente aperto un nuovo indirizzo di studio. Nel 1947 viene pubblicato il primo articolo scientifico sull'LSD sul "*Swiss Archives of Neurology*". Nel 1949 il dottor Max Rinkel porta l'LSD negli USA e inizia un lavoro sistematico sulla sostanza nei suoi laboratori di Boston. Nello stesso periodo il dr. Nick Bercel inizia a lavorarci a Los Angeles. Il primo articolo americano in merito è pubblicato nell'"*American Psychiatric Journal*" nel 1950. La comunità scientifica è letteralmente esaltata: tra il 1950 e il 1960 verranno pubblicati centinaia

di studi sull'LSD. I possibili utilizzi in psichiatria e terapia si mostrano subito molteplici. Anche la CIA nel 1951 inizia a sperimentare l'LSD. Nel 1952 il dottor Charles Savage pubblica il primo studio riguardo l'uso di LSD per facilitare la psicanalisi nella cura della depressione. Dal 1953 il dottor Humphrey Osmond cura gli alcolisti dalla dipendenza con l'LSD. Nel 1953 viene aperta in Inghilterra dal dr. Ronald Sandison, la prima clinica di psicoterapia con LSD. Di lì a poco venne bandito.

Venne bandito, ma poi l'utilizzo al di fuori dell'ambito clinico purtroppo continuò.

Tra il 1955 e il 1959 intellettuali di spicco quali lo scrittore Aldous Huxley, lo psicoterapeuta e docente di Harvard Timothy Leary e l'esponente della controcultura Allen Ginsberg sperimentano l'LSD. Nella prima metà degli anni sessanta, col diffondersi della cultura "beat", l'LSD si diffonde anche fuori dai circuiti medici e "alternativi". Il congresso americano approva una legge che rende l'LSD un farmaco vietato fuori dal mondo della ricerca e della psicoterapia. Nel 1963 Timothy Leary e un altro professore universitario, Richard Alpert, vengono licenziati da Harvard a causa dei ripetuti esperimenti di massa con LSD. Nel 1966 Leary fonda la "Lega dello Sviluppo Spirituale", una sorta di *ashram* che usa l'LSD come sacramento. L'uso di acido, all'epoca in gocce sciolte nell'acqua o in zuccherini impregnati della sostanza, si diffonde a macchia d'olio, col conseguente allarme mediatico e il ritiro da parte della Sandoz dei campioni dai laboratori onde tutelare la propria immagine pubblica. Nel 1967 l'LSD viene vietato negli USA mentre la diffusione non si ferma; l'uso di LSD diventa parte integrante e fondamento della cultura del movimento hippie. Nella prima metà degli anni settanta, per effetto della proibizione, sparisce l'acido in gocce e in zuccherini ed appaiono le forme "commerciali" contemporanee di acido lisergico illegali, ovvero francobolli (*blotter*) e gelatine (*windowpane*). Per concludere questa piccola cronologia, nel 1979 Albert Hofmann pubblica il celebre libro "*LSD: il mio bambino difficile*".

Ma poi questo Hofmann uscì dalla scena?

Direi di no, anche perché, nonostante l'utilizzo improprio della droga, fu molto longevo. Nel 2006 a Basilea, in occasione del centesimo compleanno di Hofmann, si è tenuto il primo congresso multidisciplinare sull'LSD. Hoffmann sperimentò l'LSD con finalità curative, sostenendo che potesse aiutare a comprendere i percorsi e i processi associativi della mente umana, così come la struttura e le origini dell'immaginazione. Il convegno si è ripetuto nel 2008, sempre a Basilea, pochi mesi prima della morte di Hofmann, a 102 anni.

Hai detto all'inizio che l'LSD si ricava dall'ergot, un fungo della segale, forse per il suo facile reperimento era usato anche in passato?

In realtà gli effetti psichedelici dell'ergot erano già conosciuti dagli Assiri che, in una tavoletta del 500 a.C., fanno menzione di una "pustola nociva della spina di grano". Molti studiosi, come G. Wasson, ne ipotizzano inoltre l'uso rituale all'interno delle cerimonie dell'antica Grecia conosciute come "Misteri Eleusini", dove l'ergot sarebbe stato utilizzato come ingrediente base all'interno della bevanda sacra chiamata kykeon, che permetteva agli iniziati di avere visioni divine e introspezioni filosofiche. In Europa, specialmente in area tedesca e fiamminga, si hanno notizie storiche dell'ergot nel primo medioevo, come responsabile di intossicazioni di massa, tramite la panificazione di farina fatta con grano non ripulito dal fungo. I quadri di Hieronymus Bosch sono generalmente indicati come ispirati dall'ergot, i cui alcaloidi (chimicamente le droghe sono degli alcaloidi) sono resi-

stenti anche alle alte temperature dei forni di cottura del pane. Anche le testimonianze di fenomeni di stregoneria registrate a fine seicento a Salem negli USA (testimonianze che dettero il via alla tristemente famosa caccia alle streghe di Salem) sono considerate da molti studiosi come derivanti dall'involontario consumo di pane con segale cornuta.

Hai usato il termine alcaloide, chimicamente cos'è?

Il termine è più di tipo farmacologico e medico che di tipo chimico, dato che i vari alcaloidi provengono da una serie di composti organici non legati tra di loro e l'unico dato chimico che li accomuna è la presenza di un gruppo azotato a reazione alcalina. Possiamo classificarli dal punto di vista chimico, biosintetico oppure rispetto alla loro attività biologica. Una definizione soddisfacente è impossibile, dato che non esiste una divisione netta tra alcaloidi e ammine complesse naturali, ma elencheremo di seguito alcuni punti che le varie sostanze hanno in comune. Contengono azoto, solitamente derivato da un amminoacido, sono amari, generalmente solidi bianchi (una eccezione è la nicotina che è un liquido di colore dal bianco al giallo), precipitano con metalli pesanti; la maggior parte degli alcaloidi precipitano in soluzione neutra o debolmente acida con il reagente di Mayer dando un precipitato color crema; il reagente di Dragendorff con gli alcaloidi causa un precipitato arancio; sono basici e formano sali insolubili in acqua. La maggior parte degli alcaloidi sono sostanze cristalline ben definite che si uniscono agli acidi per formare sali. Si ritrovano in un numero limitato di piante (ad esempio la morfina esiste solo in una specie).

Identità e formule “ecumeniche”

Dott. Alex Casanova

Titolo: **Mathematics**

Autore: *Van Der Graaf Generator*

Album: *A grounding in numbers*

Anno di pubblicazione: 2011

Durata: 3' 42"

*Here be numbers transcendental,
On an imaginary axis spun,
Decimal places without limit
And zero and one.*

*Mathematics,
Simply pure beyond belief.*

*E to the power of i times π plus one is zero
E to the power of i times π plus one is zero
E to the power of i times π is minus one*

E to the power of i times π is minus one

*A single function, exponential,
Just one addition must be done...
Multiplication in completion
Of zero, of one.*

*Mathematics,
Just so "wow" it brooks belief.*

(You'd better believe, you'd better believe it.)

Questa settimana cominciamo con una canzone un po' particolare...

Sì, una canzone particolare per un gruppo particolare. Direi un brano che difficilmente si sente in radio nonostante sia molto recente, essendo stato pubblicato lo scorso anno. Una canzone dei Van der Graaf Generator, un gruppo inglese in realtà nato verso la fine degli anni '60 ed etichettato come una delle band di riferimento per il rock progressivo. Il nome stesso di questo gruppo è tutto un programma...

Ecco Alex, a cosa si riferiscono i Van der Graaf Generator con il loro curioso nome?

Beh, si riferiscono ad un particolare strumento usato in fisica, il generatore di Van der Graaf. È una macchina in grado di accumulare cariche elettriche su una grande sfera di metallo tramite un nastro scorrevole, in altre parole è una macchina elettrostatica capace di generare una tensione, cioè una differenza di potenziale in grado, per esempio, di accelerare un fascio di particelle.

Quindi un gruppo particolare sicuramente affascinato dalla scienza...

Direi di sì e l'ultimo album lo dimostra pienamente. La canzone che abbiamo ascoltato si intitola “*Mathematics*” ed è un vero tributo alla matematica...

In che senso, Alex...?

Beh, partiamo dal testo... la canzone fa riferimento preciso ad una formula matematica piuttosto famosa, la cosiddetta identità di Eulero: “*e* alla *i* volte π greco più uno è uguale a zero”. Lo so,

sembra complessa e difficile da immaginare, ma è quello che nel testo Peter Hammill, leader carismatico del gruppo, ripete più volte. E in questa formula c'è tutto, ci sono lo zero e l'uno, i numeri trascendenti e i numeri immaginari... forse è il caso di smontarla, vero Donatella?

Direi di sì... partirei dai numeri trascendenti, ci vuoi dire cosa sono?

Nella formula citata ci sono due numeri trascendenti, il numero indicato con la lettera e , detto numero di Eulero o Nepero, e il famoso "pi greco"... i numeri trascendenti sono numeri irrazionali, cioè con un numero infinito di cifre decimali senza periodo o, come cantano i Van der Graaf Generator, "cifre decimali senza limite". I numeri trascendenti, però, godono di un'altra proprietà: non possono essere soluzioni di equazioni polinomiali a coefficienti razionali... Il numero di Nepero e il pi-greco sono numeri ricorrenti in molte formule e in molte leggi fisiche e quindi sono due numeri fortemente legati ai fenomeni naturali.

Hai citato prima i numeri complessi...

Sì, nella formula cantata dai Van der Graaf Generator si fa riferimento anche ai numeri complessi. Possiamo definirli come un'estensione di quei numeri reali con cui abbiamo a che fare tutti i giorni. Anzi, possiamo definire un numero complesso come una coppia di numeri reali: il primo elemento della coppia costituisce la cosiddetta parte reale di un numero complesso, mentre il secondo elemento della coppia costituisce la parte immaginaria. Questi due numeri reali possono essere combinati in modo da costruire un numero complesso non appena viene definito un piccolo elemento di legame, quel numero immaginario puro indicato solitamente con la lettera i che si trova all'interno dell'identità di Eulero.

Quindi per ricapitolare, nella formula ci sono numeri reali, irrazionali, complessi...

Sì, in questa formula troviamo un po' di tutto. Ci sono i numeri reali rappresentati dai numeri irrazionali trascendenti pi-greco e dal numero di Nepero, ci sono i numeri complessi e ci sono poi i numeri interi rappresentati dallo zero e dall'uno. Opportunamente combinati possono essere condensati in questa formula che diventa a dir poco ecumenica, la più bella mai scritta, in grado di unire l'aritmetica con l'algebra, la trigonometria con la geometria...

Con questa canzone abbiamo potuto raccontare, anche se brevemente, la bellezza dell'identità di Eulero e la sua capacità di abbracciare tutta la matematica... e in fisica troviamo qualcosa di analogo?

L'identità di Eulero, dici bene Donatella, abbraccia tutta la matematica e tutte le sue declinazioni. Bisognerebbe trovare in fisica qualche formula in grado di combinare le diverse branche della fisica; si può pensare, per esempio, ad una formula che combini diverse costanti che assumono un significato importante in ognuna di queste discipline e una formula c'è: è la lunghezza di Planck.

Bene Alex e com'è fatta questa formula?

Beh, in realtà non è semplice, soprattutto doverla "dettare" per radio, quindi preferisco dire quali sono i mattoni che permettono di costruire questa particolare grandezza: sono tre costanti fondamentali, la velocità della luce (c), la costante di Planck (h) e la costante di gravitazione universale di Newton (GN). Ognuna di queste costanti si lega ad un particolare ambito della fisica...

Come prima, andiamo con ordine... hai parlato di velocità della luce...

Sì, la prima costante è la velocità della luce e con essa ci riferiamo alla Relatività Speciale di Einstein del 1905. Teoria dagli esiti bizzarri... ecco, quando ci muoviamo a velocità prossime a quella della luce, che ricordo per chi non lo sapesse vale circa 300.000 km/s, il tempo scorre più lentamente e la nostra massa cresce, in altre parole diventiamo più pesanti e i secondi passano più lentamente.

Poi ti riferivi alla costante di Planck, se non sbaglio...

Dici bene; la costante di Planck si lega invece alla Meccanica Quantistica che serve per descrivere il mondo dell'infinitamente piccolo. Molecole, atomi e particelle sono soggette alle leggi della meccanica quantistica, dove, per esempio, non possiamo conoscere contemporaneamente la posizione esatta e la velocità di un elettrone all'interno di un atomo e dove, come conseguenza, entra in gioco il concetto di probabilità. Quindi qualcosa di strano e bizzarro anche in questo caso...

Per ultimo la costante di gravitazione universale...

...che, come dice il nome, si associa alla forza di gravità. In tal caso stiamo prendendo in considerazione l'infinitamente grande, diciamo pianeti, stelle e galassie. Il regno della Relatività Generale che descrive la gravità conferendo allo spaziotempo un ruolo dinamico, ma che non contempla la Meccanica Quantistica...

Torniamo alla lunghezza di Planck... qui sembra che tutto si combini, perché mette insieme tutte queste diverse discipline fisiche...

In un certo senso la lunghezza di Planck, combinando queste costanti associate alla Teoria della Relatività Speciale, alla Teoria della Relatività Generale e alla Meccanica Quantistica, cerca di far coesistere teorie che non sembrano andare d'accordo, visto che alcune riguardano il mondo dell'infinitamente piccolo, altre il mondo dell'infinitamente grande. In altre parole, una formula ecumenica che tanto ha a che fare con l'unificazione. Per chiudere, vorrei proprio dare un senso fisico a questa grandezza: è la lunghezza alla quale la forza di gravità diventa importante anche per particelle infinitamente piccole, ovvero dove Meccanica Quantistica e gravità dovrebbe incontrarsi per dar vita ad una teoria unificata di tutti i fenomeni naturali.

L'atomo

Dott. Fabiano Nart

Titolo: ***In ogni atomo***

Autore: *Negrita*

Album: *Reset*

Anno di pubblicazione: 1999

Durata: 2' 30"

Hai le carte e passi

Giocati i tuoi assi

Punta pure ciò che hai

Pensi troppo a cosa fai

Perché a quelli come noi

Serve spazio ed aria sai

Troppo poco quel che c'è

Troppo poco anche per te

Sei uguale a me

Altro che no

Sei come me

In ogni atomo

Maledetti fragili

Che si fanno scrupoli

Che si sciupano da se

Siamo vuoti a perdere

Ma stavolta è colpa tua

Prendi al volo e metti via

Che di donne come te

Lascia stare non ce n'è

Sei uguale a me

Altro che no

Sei come me

In ogni atomo

Sei uguale a me

Altro che no

Sei come me

In ogni atomo

Hai le carte e passi

Giocati i tuoi assi

In due il rischio è minimo

Siamo in condominio

Che chi mangia polvere

Lascia i denti mordere

Perché quelli come noi

Non li schiacceranno mai

E se ti abbandonerai

Io ti curerò

Medicine come noi

Non le inventeranno mai

Siamo soci

I'll give you all my love

Sei uguale a me

Altro che no

Sei come me

In ogni atomo

Per te oggi Fabiano una canzone dei Negrita! Ci conosciamo da anni e sapendo che sei un chimico non è un caso se hai scelto "In ogni atomo".

Canzone non nuovissima, risale infatti al 1999 ed era contenuta nell'album "Reset", il quarto album dei Negrita. A dir il vero è uscita anche come singolo ed in quel caso nell'album erano contenute quattro canzoni, una delle quali era "I'm your man", una delle colonne sonore del film "Così è la vita" del trio Aldo, Giovanni e Giacomo ed uscito a fine 1998.

Dato che la canzone richiama l'elemento principale della chimica, vuoi raccontarci qualcosa dell'atomo?

L'atomo è il costituente fondamentale della materia ed è costituito da un nucleo centrale, composto da neutroni e protoni, e dagli elettroni che ruotano attorno al nucleo. Essendo l'atomo elettricamente neutro, il numero di elettroni con carica negativa è uguale al numero di protoni con carica positiva, avendo i neutroni carica nulla. Fino a cento anni fa si pensava che l'atomo fosse indivisibile (atomo deriva dal greco e vuol dire proprio indivisibile), oggi invece riusciamo a scinderlo nelle componenti fondamentali. Dalla fisica delle particelle sappiamo inoltre che le componenti dell'atomo sono a loro volta costituite da particelle ancora più piccole, chiamate quark e queste ultime potrebbero essere rappresentate nella teoria delle stringhe.

Ho delle reminiscenze scolastiche o l'ho letto da qualche parte, ma ricordo che secondo alcune teorie l'atomo non potrebbe esistere. A te risulta?

Ricordi molto bene! Infatti la fisica classica ad inizi '900 descriveva l'atomo secondo il cosiddetto sistema dell'atomo planetario, ovvero ogni elettrone ruota attorno al nucleo centrale. Un po' come il nostro sistema solare in cui i pianeti ruotano attorno al Sole, da qui il nome di sistema planetario. Ma un oggetto carico come l'elettrone, continuando a ruotare attorno al nucleo emette radiazione elettromagnetica e quindi perde energia. Questo processo non può continuare all'infinito, in quanto l'elettrone a forza di perdere energia rimpicciolisce la sua orbita descrivendo una spirale che prima o poi cade sul nucleo. Però noi esistiamo, quindi vuol dire che la descrizione planetaria dell'atomo è solo una banale approssimazione. In effetti la fisica classica non era adeguata a descrivere i fenomeni microscopici; l'avvento della meccanica quantistica, in cui il concetto fondamentale è quello di probabilità e quindi non di un'orbita di rotazione ben definita, risolve il problema e permette all'atomo di esistere.

Veramente affascinante. Ma come si sviluppò il concetto di atomo?

La storia dell'atomo ha circa 2.600 anni, più o meno lunga come il programma di storia che normalmente si svolge alle scuole secondarie superiori, quindi impossibile da raccontare in queste poche righe; il lettore dovrà quindi accontentarsi di un percorso storico per "capitoli". Possiamo far risalire la nascita della parola atomo (dal greco *atomos* = indivisibile) tra il 470 ed il 370 a.C., quando Democrito pensò la materia come costituita da particelle piccolissime, in continuo movimento ed indivisibili, gli atomi appunto. Gli atomi erano considerati come il più piccolo costituente della materia avente le stesse proprietà della materia stessa.

Beh, immagino che come spesso accade, le prime teorie vengano ben presto superate e sostituite da nuove e più dettagliate. Vero?

Questa volta Donatella devo smentirti parzialmente, in quanto questa descrizione della materia durò, pensa un po', per più di 2.000 anni, quando nel 1796 Henry Becquerel intraprese uno studio sistematico di un nuovo fenomeno naturale: la radioattività. Studiando la radioattività di un minerale di uranio, che ora in suo nome si chiama Becquerelite, si accorse che questo minerale era in grado di impressionare una lastra fotografica. Interpretò il fenomeno come dovuto a delle radiazioni emanate dal minerale, ma allora, se così è, voleva dire che gli atomi non erano così indivisibili. Il concetto di indivisibilità dell'atomo cominciava a lacerarsi e divenne ancora più incerto nel 1833, quando l'inglese Michael Faraday si accorse che l'acqua pura è isolante, ma è in grado invece

di condurre la corrente elettrica quando in essa si discioglie una piccola quantità di NaCl (sale da cucina). Il fenomeno chimico che accompagna lo scioglimento del sale in acqua si chiama idrolisi e consiste nella separazione degli atomi di sodio e di cloro che diventano cationi (Na^+) ed anioni (Cl^-), ovvero specie ioniche con carica positiva e negativa. Fenomeno dovuto all'acquisizione e alla perdita di un elettrone (caricato negativamente) da parte degli atomi. Ecco quindi che gli atomi paesano ancora la loro capacità di dividersi; se così non fosse, gli atomi non si trasformerebbero in ioni.

Lasciami indovinare, mi parli di cariche negative, immagino allora che legato a quanto tu hai detto ci sia la scoperta dell'elettrone!

Indovinato, brava! Fu l'inglese J. Stoney nel 1891 ad interpretare il fenomeno dell'idrolisi con il termine elettrone con il significato che tutti noi oggi conosciamo. Gli anni sono molto concitati, le sperimentazioni proseguono incessantemente in tutti i principali laboratori del mondo e, finalmente, nel 1897 Joseph Thomson scoprì l'elettrone utilizzando un vecchio antenato del più noto tubo catodico delle televisioni e chiamato tubo di Crookes.

Ed il protone, la particella carica positivamente?

Bisogna andare indietro di tredici anni, quando il tedesco Eugen Goldstein scoprì, con un analogo esperimento, l'antagonista dell'elettrone, il protone. Ora erano noti il protone, carico positivamente e l'elettrone, carico negativamente. Correttamente Thomson notò come la materia fosse neutra ed elaborò il primo modello atomico oggi noto come modello a panettone di Thomson.

Modello a panettone, sono troppo curiosa!

È molto semplice: l'atomo è costituito da una massa gelatinosa carica positivamente e dagli elettroni negativi dispersi all'interno di questa massa come l'uvetta nel panettone. Pensa un po'...

L'elettrone è carico, giusto? Come venne misurata la sua carica?

Fu Millikan non molti anni più tardi a determinare la carica e la massa dell'elettrone attraverso (a mio avviso) uno degli esperimenti più belli della fisica. Il principio, molto semplice, ma non altrettanto da realizzare all'epoca, merita di essere illustrato: un liquido come l'olio, quando nebulizzato e carico elettrostaticamente, è destinato a cadere verso il basso a causa della forza di gravità; ma se si applica una forza contraria, come quella di un campo elettrico, si può trovare il punto di equilibrio fino ad ottenere la goccia sospesa in aria. Sapendo la forza di gravità g , l'intensità del campo elettrico E , il volume della goccia V e le densità del liquido e dell'aria, ρ_l e ρ_a rispettivamente, si calcola la carica elettrica. Millikan utilizzò una sorta di "pentola a pressione" per attrezzare l'esperimento!

Pensa come con semplici cose si possano studiare le particelle infinitamente piccole! Però in principio parlavi di una terza particella, il neutrone.

Dati delle masse degli elettroni, dei protoni e dei nuclei alla mano, ci si accorse che la massa dei nuclei atomici era circa il doppio della massa dei protoni in esso contenuti. Doveva quindi esserci una nuova particella all'interno del nucleo per rendere conto della sua massa; in particolare questa nuova particella doveva essere elettricamente neutra dato che le cariche dell'atomo erano già compensate dagli elettroni e dai protoni e doveva avere una massa circa uguale a quella del protone. Questa nuova particella fu denominata giustamente neutrone, ma fu scoperta solo molti anni

più tardi, nel 1932 dall'inglese James Chadwick. La ricetta dell'atomo era a questo punto pronta: protoni e neutroni a formare il nucleo ed elettroni che ruotano attorno.

Propagazione della luce ed illusioni ottiche

Dott. Alex Casanova

Titolo: **Fata Morgana**

Autore: *Litfiba*

Album: *Terremoto*

Anno di pubblicazione: 1993

Durata: 5' 13"

Oh, vedo tutto attraverso sabbia rossa e deserto

Ho sete, ho sete di te che non sei qui

Stella caduta dagli occhi,

Che voli sul mio deserto

Ho sete, le nuvole mi cadono dentro,

Cerchio che ha perso il suo centro,

Perché ha smarrito ogni senso

Oh, sabbia rossa e deserto

Lunga scala d'aria che sale dal deserto

Non c'è confine tra l'occhio dentro e l'occhio fuori

Morgana

Lenta processione all'alba nel deserto

Fata Morgana ha già cambiato ogni profilo

Aspetto a parlare prima che l'illusione si sia mossa

Poi scopro il confine che dall'infinito vola dentro di

me

Morgana

Ho sete significa che sono vivo

Che importa se l'ultimo o il primo

Il cuore vuol battere ancora, ancora

Oh, sabbia rossa e deserto

La sento negli occhi, in fondo ai miei occhi,

Salire dal mare passando dal cuore

Oggi una canzone italiana... i Litfiba...

Sì Donatella, dopo alcune puntate legate a canzoni e gruppi stranieri volevo un po' di rock nostrano... sono i Litfiba del 1993. La canzone è "Fata Morgana" dall'album "Terremoto"... il titolo e il testo della canzone sono piuttosto eloquenti e mi permettono di allacciarmi subito con il tema di cui vorrei parlare oggi.

Ecco Alex... a me Fata Morgana fa venire in mente la mitologia o qualche leggenda...

In fondo non hai tutti i torti, ma quando parliamo di fata morgana parliamo di un particolare fenomeno fisico legato alla propagazione della luce, in particolare parliamo di un'illusione ottica che si sviluppa in prossimità di specchi d'acqua. Con la fata morgana si formano delle immagini di oggetti, quali navi o isolotti, che sembrano volare sopra il livello dell'acqua. È comprensibile che molti secoli fa un'illusione ottica di questo tipo potesse destare stupore e fosse difficile da interpretare; era naturale quindi trovare delle spiegazioni per mezzo di leggende o figure mitologiche.

Che tipo di leggende?

Ecco, mi sono documentato perché ero curioso di capire l'origine di questo nome particolare. Esistono diverse versioni sull'origine del termine: una prima versione, legata alla leggenda di Re

Artù, dice che la Fata Morgana, che in bretone significa “fata della acque”, era la fata che possedeva il potere di creare castelli in aria. Una seconda versione ha per protagonista lo stretto di Messina: durante le invasioni barbariche, in agosto, un re barbaro voleva raggiungere la Sicilia. Giunto a Reggio Calabria non sapeva come attraversare lo stretto quando la Fata Morgana fece apparire un'isola a due passi dalla costa. Il re si gettò in acqua, convinto di potervi arrivare con un paio di bracciate, ma l'illusione ottica svanì e il re morì annegato.

Questa la versione mitologica... ma la fisica cosa dice a proposito?

La fata morgana è un'illusione ottica che può essere spiegata grazie alla rifrazione della luce. La rifrazione è un fenomeno che si lega alla propagazione della luce attraverso mezzi con proprietà ottiche differenti. Quando un raggio di luce entra in casa attraverso una finestra, il suo percorso subisce una deviazione quando passa dall'aria al vetro e poi un'altra deviazione quando passa dal vetro all'aria che si trova all'interno della nostra abitazione. Alla stessa maniera la luce subisce una deviazione quando passa dall'acqua all'aria e viceversa ed è questa deviazione che ci fa apparire spezzato, per esempio, un cucchiaino immerso in un bicchiere d'acqua.

Quindi la rifrazione è un fenomeno comune sotto gli occhi di tutti...

Esatto... la fata morgana invece non è così comune perché devono sussistere delle condizioni particolari affinché si possa sviluppare. I Litfiba sono persi in un deserto di sabbia rossa, mentre le leggende della Fata Morgana si legano a qualche specchio d'acqua... come detto, la Fata Morgana è la fata delle acque... in tal senso i Litfiba sembrano aver collocato male questo fenomeno fisico da un punto di vista geografico. Nel deserto è più comune il miraggio, anche se la spiegazione dei due fenomeni è la stessa.

Torniamo a parlare della Fata Morgana e di come si può spiegare questo fenomeno...

Come detto è un fenomeno legato alla rifrazione della luce, cioè alla deviazione che la luce subisce passando da un mezzo di propagazione all'altro. In realtà, anche quando la luce si propaga nell'aria può subire delle deviazioni se attraversa strati di aria a temperatura diversa. Questo perché l'aria più calda è meno densa e la variazione di densità si lega ad un diverso comportamento ottico costringendo la luce a cambiare percorso...

...ecco, vuoi fare un esempio?

Ipotizziamo di trovarci in riva al mare. L'aria che si trova sopra il mare è più fredda, e quindi più densa, rispetto agli strati via via superiori. Pensiamo ad un raggio di luce che parte verso l'alto da una nave al largo della costa. Il raggio di luce attraverserà strati di aria via via meno densi. Ogni volta che passa da uno strato all'altro, il raggio luminoso viene deviato verso il basso tanto che ad un certo punto subisce una riflessione totale...

Intendi Alex una riflessione come quella di uno specchio?

Sì, è come se il raggio fosse riflesso da uno specchio e a quel punto si propaga verso il basso raggiungendo i nostri occhi. Tuttavia, a causa di questa inversione di rotta del raggio luminoso, ci sembra di vedere una nave capovolta, ribaltata, al di sopra del livello dell'acqua, come se volasse sospesa nell'aria.

Quindi la fata morgana non è un fenomeno molto comune...

No, proprio perché devono sussistere queste particolari condizioni di temperatura/densità fra i diversi strati di aria. È più diffuso in alcune zone costiere piuttosto che nei deserti, dove in quel caso si parla di miraggio. Anche il miraggio si spiega con la riflessione totale di un raggio luminoso che attraversa strati di aria a differenti temperature (volendo interpretare il testo, quella “*lunga scala d'aria che sale dal deserto*” a me fa pensare proprio a questi strati d'aria a differenti temperature). In questo caso l'aria a contatto con la sabbia del deserto è più calda rispetto agli strati superiori. Quindi un raggio proveniente da una palma che si propaga verso il basso viene riflesso totalmente verso l'alto per giungere agli occhi di un osservatore che, ingannato dal miraggio, pensa di vedere il riflesso della palma sulla superficie di uno specchio d'acqua.

L'energia

Dott. Fabiano Nart

Titolo: **Atomico pathos**

Autore: Renato Zero

Album: Artide Antartide

Anno di pubblicazione: 1981

Durata: 3' 59"

E noi siamo qui□
Terrorizzati siamo qui.
L'atomica è esplosa,
In una risata□
È meglio così!
Sembrava finisse,
Che questo mondo saltasse□
Questione di ore,
Il tempo di bere,
Un altro caffè.
Ma poi, il Presidente,
Con un sorriso accomodante,
Ha detto: " Per ora, non saltate in aria "
Che uomo, ch'è lui !!!
Bastava quel bottone rosso,
Perché scoppiasse tutto, adesso□
Adesso che ti amo.
Continua a muovere la mano.
È salva ormai la specie!
Mio figlio, è felice□
Il 20 ottobre nascerà!
Contro le previsioni,

Vivremo nuove emozioni!
Fiori nuovi, nella mia serra.
Un'alba nuova su questa terra.
È in crisi la mia specie!
Non c'è un minuto di pace□
Un altro ordigno è pronto già!
È fiero il Presidente.
Adesso cosa avrà in mente□
Il nostro amore mia cara Ivonne
È minacciato dalla bomba N!!!
Io Adamo tu Eva.
Sei ancora intatta ancora intera!
Schivata l'onda radioattiva,
Sei più dolce più viva□
La bomba non esiste più!
Io Adamo tu Eva.
Torna d'incanto primavera!
La fine è solo un ricordo
Mentre accarezzo un leopardo,
In piazza Cavour□
Evviva il nostro Presidente
Che non vede e manco ci sente! Hip Hip Hurrà!

Canzone molto particolare, "Atomico pathos" di Renato Zero.

Canzone molto particolare, ma a mio avviso molto bella e d'attualità come non mai. Infatti si fa ampio riferimento all'energia atomica e ai pericoli internazionali ad essa correlati.

Che cos'è l'energia?

L'energia è una grandezza fisica definita generalmente come la capacità di compiere lavoro. Pertanto, quando si parla di energia (termica, nucleare, etc...) o di fonti di energia (carbone, petrolio, etc...) si fa in genere riferimento a entità in grado di liberare una certa quantità di energia e quindi consentire l'effettuazione del relativo lavoro. Da un punto di vista fisico più generale l'energia si presenta sotto innumerevoli forme diverse che si trasformano l'una nell'altra e che acquistano

attributi diversi, spesso casualmente, in base al contesto in cui intervengono. Si parla quindi di energia di legame, nucleare, elettrica, etc... Dal punto di vista metodologico esistono quindi due modi diversi di parlare di energia; da una parte vi è il modo puramente formale di parlare di energia come un concetto astratto, fondamentalmente unitario di una funzione di alcune variabili del sistema, dall'altra vi è il modo tipico del linguaggio comune, ma anche scientifico, per il quale l'energia viene ad assumere il concetto di una "sostanza".

Ma se l'energia è anche un concetto a volte astratto, come la si misura?

Le unità di misura dell'energia più comunemente utilizzate sono l'elettronvolt, eV ed il Joule, J (convertibile in caloria, cal). L'elettronvolt trova più applicazioni nel campo della fisica delle particelle o nucleare. 1 eV è definito come l'energia cinetica acquisita da un elettrone che si muove in un campo elettrico uniforme sotto la differenza di potenziale di 1 Volt. Pertanto $1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$. In base alla relazione di equivalenza massa-energia, si usa spesso esprimere le masse delle particelle in eV o suoi multipli, ad esempio la massa di un elettrone è 0,511 MeV e quella di un protone di 939 MeV, quella del bosone di Higgs di 90 GeV. Il Joule è invece l'unità fondamentale del Sistema Internazionale ed è definito come il lavoro prodotto da una forza di 1 N (Newton) quando il suo punto di applicazione si sposta di 1 metro nella direzione della forza, pertanto $1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot 1 \text{ m}$. Come detto, il J è facilmente convertibile in caloria, in questo caso $1 \text{ J} = 4,1486 \text{ cal}$. Questa unità trova più spesso applicazione per la misura del calore e in applicazioni alimentari per indicare il contributo calorico dei cibi.

La canzone che hai scelto per questa puntata richiama il concetto dell'energia atomica o nucleare. Cosa puoi dirmi a tal proposito?

L'energia nucleare è la forma di energia che si manifesta durante le trasformazioni del nucleo atomico. Le trasformazioni che liberano quantità di energia interessanti ai fini pratici sono le fissioni, rotture dei nuclei pesanti e la fusione, unione di nuclei più leggeri. Anche nei decadimenti radioattivi si libera energia interna. Attualmente è possibile utilizzare soltanto l'energia che si libera nella fissione di nuclei come ad esempio ^{235}U e ^{239}Pu . L'energia nucleare per ogni nucleo che si spezza è di circa 200 MeV; tenendo conto che parte dell'energia viene sottratta dalle radiazioni γ , l'energia prodotta sotto forma di calore è circa $8 \cdot 10^{13} \text{ J/kg}$ di isotopo fissile. Uno degli obiettivi della ricerca è di controllare anche l'energia che si sprigiona nelle reazioni di fusione di nuclei leggeri (deuterio, D, trizio, T, elio, He e litio, Li), la quale a parità di quantità di materia è dello stesso ordine di grandezza di quella liberata dalle reazioni di fissione, ma con meno problemi gestionali.

Ecco perché tanti sforzi verso le reazioni di fusione nucleare. Ma torniamo all'energia nucleare, come mai si libera energia se si rompe l'atomo?

Per rispondere dobbiamo pensare ai costituenti del nucleo atomico e immaginarli fuori dal nucleo. Quando protoni e neutroni sono lontani possiedono una determinata massa. Quando invece si avvicinano ed entrano nel nucleo, si manifestano delle energie che permettono loro di coesistere in uno spazio molto piccolo. Se si misura la massa di un nucleo si troverà che è inferiore rispetto alla somma dei due nucleoni, si trova un difetto di massa Δm ; la quantità $\Delta m c^2$ rappresenta l'energia di legame del nucleo. Quando un nucleo viene adeguatamente bombardato, questo si scinde liberando le opportune particelle e radiazioni del caso, ma anche una quantità di energia $E = \Delta m c^2$. Qualcosa di analogo, giusto per darne il senso, accade con la fusione nucleare.

Le fonti di energia nucleare sono l'uranio e il plutonio. Dove si trovano le riserve di uranio?

L'uranio è un elemento che si rinviene nella crosta terrestre, in basse concentrazioni, praticamente in tutte le rocce, in tutti i terreni e nelle acque. È considerato più abbondante dell'antimonio, dell'oro, del mercurio e dell'argento, ha circa la stessa abbondanza dell'arsenico e del molibdeno. Si trova come elemento costitutivo principale in alcuni minerali come l'uraninite (o pechblenda, il minerale di uranio più comune), l'autunite, la carnotite, l'uranofane, la torbernite e la coffinite. Si possono riscontrare concentrazioni di uranio significative anche in alcuni giacimenti come i depositi di rocce fosfatiche, sabbie ricche in monazite in cui l'uranio è presente come vicariante del fosforo (è estratto commercialmente anche da queste fonti). Particolarmente ricche le sabbie delle dune del Niger. Inoltre è contenuto anche nel centro della Terra; si ipotizza che la principale fonte del calore che mantiene liquido il nucleo della Terra e il soprastante mantello provenga dal decadimento dell'uranio e dalle sue reazioni nucleari con il torio, generando così la tettonica a zolle. I minerali di uranio, perché l'estrazione mineraria di uranio sia remunerativa, devono contenere una concentrazione minima di ossido di uranio U_3O_8 che va dallo 0,05% allo 0,2%.

Percentuali veramente piccole se confrontati con altri metalli. E dove si trovano i giacimenti?

Giacimenti furono scoperti nello Utah nel 1952, anche se la concentrazione di uranio era comunque inferiore a quella osservata in campioni provenienti dal Congo belga o dal Sudafrica. Gli Stati Uniti d'America sfruttavano anche alcune miniere di vanadio nel Sud Ovest lungo il Colorado, ma per via della segretezza applicata nel periodo bellico, solo quest'ultimo figurava pubblicamente come prodotto delle miniere.

In Italia non c'è proprio nessun giacimento di uranio?

In Italia, a partire dagli anni '50 e poi più assiduamente nei '60, furono effettuate ricerche di giacimenti sfruttabili di uranio estese a buona parte del territorio nazionale. Il più importante giacimento fu rinvenuto dall'ENI (poi AGIP) nei pressi di Novazza (a circa 40 km a nord est di Bergamo). Si trattava di un giacimento di dimensioni ridotte e già negli anni '60 non fu giudicato in grado di coprire il fabbisogno delle centrali allora esistenti. Altre miniere si trovano non molto lontano da noi, in val Condino in Trentino ed altre nel piemontese.

Abbiamo detto dell'uranio, dove si trovano invece le riserve di plutonio?

Benché la quasi totalità del plutonio sia di origine sintetica, tracce molto tenui si trovano in natura nei minerali dell'uranio. Queste tracce provengono da un processo di cattura neutronica da parte di ^{238}U che si converte dapprima in ^{239}U , il quale subisce due decadimenti beta convertendosi in ^{239}Np e quindi in ^{239}Pu . Lo stesso processo è usato per produrre ^{239}Pu nei reattori nucleari. Una concentrazione significativa di plutonio naturale si trova nel sito del fiume Oklo, nel Gabon. Per via della loro lunga semivita (80 milioni di anni) alcune tracce di ^{244}Pu risalgono alla nascita del Sistema Solare, prodotte dalle esplosioni di supernova. Si calcola che dal 1945 le esplosioni nucleari abbiano rilasciato in atmosfera circa 10 tonnellate di plutonio!

10 tonnellate di plutonio in atmosfera, non è pericoloso per la salute?

Per il plutonio in atmosfera non ho delle notizie da riferire, ma è facile pensare che questo de-

canti sulla Terra e non stia sospeso in aria. Il plutonio è comunque estremamente pericoloso se non manipolato adeguatamente. Le particelle alfa che emette non penetrano la pelle, ma possono danneggiare gravemente gli organi interni se il plutonio viene inalato o ingerito. Particolarmente a rischio sono lo scheletro, sulla cui superficie il plutonio è assorbito, ed il fegato, dove viene raccolto e concentrato. Particelle finissime di plutonio (dell'ordine dei microgrammi) causano il cancro ai polmoni per inalazione.

Figure di interferenza e dualismo onda-corpuscolo

Dott. Alex Casanova

Titolo: ***Interference patterns***

Autore: *Van Der Graaf Generator*

Album: *Trisector*

Anno di pubblicazione: 2008

Durata: 3' 42"

*All that we see illusory
Every assumption based on blind faith alone....
On with the motley, bring it home!*

*Everything's formed from particles,
All that you see is a construction of waves.
Hold onto both thoughts,
Under general relativity
The cradle connected to the grave.*

*Luminous Aether dissipates,
Michelson-Morley with a point to disprove,
Millikan oil drops
And the cargo-cult science evaporates,
Improbable physics on the move.*

*Nearer and nearer,
It's clear that in interference
What happens when matter shatters
Is want only quantum and nature's got*

Some surprises in store right now.

*All that we are illusory,
Every observance based on physical law.
Only a fool would think us
Ready to face with certainty
All that our future's heading for.*

*Nearer and nearer,
It's clearer, we're only here for an eye-blink,
A psychic mind-trick.
The proofs that we use
Are at best projections
But let's hope they'll see us through.*

*The interference patterns help us to know
The gap between a simple "yes" and a "no",
The heart-felt beat that gets us ready to go
And, as above, we'll find out what is below
The interference patterns.*

Abbiamo ascoltato nuovamente i Van der Graaf Generator, dico bene?

Sì Donatella, dici benissimo. Ancora i Van der Graaf Generator che erano già stati protagonisti di un'altra puntata di Note di Scienza. Qualche puntata fa infatti avevamo ascoltato “*Mathematics*”, dove si parlava di matematica; oggi invece si parla di fisica con questa “*Interference patterns*”, brano recente, del 2008, tratto dall'album “*Trisector*”.

Sembra musica piuttosto particolare e ricercata...

Direi di sì, è una delle caratteristiche dei VdGG. Direi anche che non si smentiscono per quanto riguarda il loro interesse per la fisica e la matematica perché questa canzone trae ispirazione dal fenomeno fisico dell'interferenza. Il titolo infatti “*Interference patterns*” si può tradurre come “figure di interferenza”. E nel testo non mancano riferimenti precisi a fisici ed esperimenti particolari...

Ecco, mi pare di capire che dobbiamo “entrare” nel testo...

Sì, volevo fare riferimento proprio alla parte iniziale della canzone che abbiamo appena ascoltato: *“Everything's formed from particles / All that you see is a construction of waves”* - *“Ogni cosa è formata da particelle / Tutto ciò che vedete è una costruzione di onde”*. Poi la canzone prosegue facendo riferimento all'etere, all'esperimento di Michelson-Morley e all'esperimento di Millikan. Adesso non voglio entrare nel dettaglio ma i VdGG in questo modo ci portano indietro nel tempo, ci riportano in quel particolare periodo a cavallo tra fine 1800 ed inizio 1900, il periodo della crisi della fisica classica e del successivo avvento della Teoria della Relatività e della Meccanica Quantistica.

Tornando al verso della canzone, si parla di particelle e di onde e, al di là della licenza poetica, mi sembra un po' strano, contraddittorio...

Certo, sembra strano perché lo è... è un verso che ci dice che tutto è formato da particelle, ma al tempo stesso tutto è costituito da onde; in realtà è l'espressione del dualismo onda-corpuscolo, uno degli aspetti fondamentali della Meccanica Quantistica. Certamente una cosa bizzarra, ma che trova una sua verifica sperimentale.

Ok, dualismo onda-corpuscolo, ci spieghi brevemente in cosa consiste?

Quando parliamo di dualismo onda-corpuscolo ci riferiamo al fatto che una particella come l'elettrone, uno dei costituenti elementari di tutta la materia che ci circonda, si può comportare come un'onda, cioè possiamo associare all'elettrone un'onda analoga all'onda del mare con le sue creste e le sue gole. Alla stessa maniera la luce, che è un'onda, si può comportare come una particella e quindi i raggi luminosi non sono altro che un flusso di particelle. L'aspetto ondulatorio e corpuscolare diventano nella Meccanica Quantistica complementari: ci sono esperimenti in cui si evidenzia l'aspetto corpuscolare, altri dove si evidenzia l'aspetto ondulatorio di un certo fenomeno.

Parliamo allora di questi esperimenti, perché all'inizio della nostra chiacchierata parlavi di interferenza...

Sì, infatti l'interferenza è un fenomeno che si associa alla natura ondulatoria della luce o, visto il dualismo onda-particella, alla natura ondulatoria delle particelle...

Bene, ma in cosa consiste questo fenomeno?

L'interferenza è un fenomeno legato alla sovrapposizione di due onde prodotte da due diverse sorgenti (coerenti). Pensiamo a due sorgenti di luce; le due sorgenti producono onde elettromagnetiche che si propagano nello spazio; queste onde si sovrappongono e la sovrapposizione può essere costruttiva o distruttiva, cioè le onde si sommano determinando un aumento di luminosità, oppure si annullano a vicenda determinando in tal caso una diminuzione della luminosità. Su uno schermo raggiunto da queste due onde che interferiscono tra loro quello che si vede è una figura di interferenza, dove si alternano zone chiare più luminose e zone scure meno luminose.

Eravamo rimasti alla natura ondulatoria della luce stabilita grazie al fenomeno dell'interferenza...

Sì, il cosiddetto esperimento delle due fenditure condotto da Thomas Young nel 1801 che stabiliva, per l'appunto, la natura ondulatoria della luce.

Ecco, parlavamo anche di dualismo onda-corpuscolo, quindi la luce ha anche una natura corpuscolare...

Esattamente, la luce può essere pensata come un flusso di particelle, i cosiddetti fotoni. La natura corpuscolare della luce poi emerge in particolari esperimenti, su tutti l'effetto fotoelettrico e l'effetto Compton.

Bene, vuoi farci capire in cosa consistono?

L'effetto fotoelettrico era ben noto già verso la fine del 1800, anche se l'interpretazione basata su fotoni è opera di Einstein, 1905. L'effetto consiste nell'estrazione di elettroni da un metallo usando un fascio di luce; quello che si osserva è che illuminando una lamina di metallo con una luce di una ben determinata frequenza si riescono ad estrarre elettroni dal metallo, cioè i fotoni della luce trasportano un'energia sufficiente per strappare elettroni dalla struttura reticolare del metallo.

...e l'effetto Compton?

L'effetto Compton consiste in una variazione della frequenza della luce quando incide su elettroni. Questo fenomeno può essere spiegato pensando la luce come costituita da fotoni. Ciò che accade è un urto fra fotoni ed elettroni del tutto analogo, in termini di spiegazione e di calcolo matematico, all'urto fra due palline da biliardo. Quindi il dualismo onda-corpuscolo è suffragato da una serie di esperimenti che sono alla base della Meccanica Quantistica; ne manca uno...

Quale?

L'esperimento che sancisce la natura ondulatoria di particelle come gli elettroni... ancora una volta un esperimento di interferenza, ancora una volta una figura di interferenza, come cantano i VdGG. Si tratta dell'esperimento che Clinton Davisson e Lester Germer condussero nel 1927 presso i laboratori della Bell.

E in che cosa consisteva?

L'esperimento era così costruito: veniva prodotto ed accelerato un fascio di elettroni; questo fascio veniva fatto incidere su un cristallo di nichel e gli elettroni venivano deviati dal reticolo cristallino del nichel. Veniva poi misurata l'intensità degli elettroni così deviati in funzione dell'angolo di deviazione. Davisson e Germer si accorsero che l'intensità degli elettroni riproduceva una figura di interferenza del tutto analoga a quella di un'onda luminosa, stabilendo così la natura ondulatoria degli elettroni. Una scoperta che valse a Davisson il premio Nobel per la fisica nel 1937.

La meccanica quantistica

Dott. Fabiano Nart

Titolo: ***We are all made of stars***

Autore: *Mobi*

Album: *18*

Anno di pubblicazione: *2002*

Durata: *3' 42"*

Growing in numbers

Growing in speed

Can't fight the future

Can't fight what I see

People they come together

People they fall apart

No one can stop us now

'Cause we are all made of stars

Efforts of lovers

Left in my mind

I sing in the reaches

We'll see what we find

People they come together

People they fall apart

No one can stop us now

'Cause we are all made of stars

People they come together

People they fall apart

No one can stop us now

'Cause we are all made of stars

Slow slow slow, come come

Someone come come come

Even love is goin' 'round

You can't ignore what is goin' 'round

Slowly rebuilding

I feel it in me

Growing in numbers

Growing in peace

People they come together

People they fall apart

No one can stop us now

'Cause we are all made of stars

People they come together

People they fall apart

No one can stop us now

'Cause we are all made of stars

People they come together

(People they come together)

People they fall apart

(People they fall apart)

No one can stop us now

(No one can stop us now)

'Cause we are all made of stars

(We are all made of stars)

We are all made of stars

People they come together

We are all made of stars

(People they fall apart)

We are all made of stars

(No one can stop us now)

'Cause we are all made of stars

(We are all made of stars)

Una canzone in inglese, "We are all made of stars" di Mobi.

Sì, ho voluto scegliere proprio questa canzone in quanto l'autore disse di essersi ispirato alla meccanica quantistica in quanto, citando le sue parole originali "On a basic quantum level, all the matter in the universe is essentially made up of stardust." Tradotto in italiano: *a livello quantistico di base tutta la materia dell'universo è essenzialmente composta da polvere di stelle.* Lasciamo però ampio spazio alla sua interpretazione artistica della meccanica quantistica.

La meccanica quantistica è veramente qualcosa di affascinante e se non ricordo male il suo nome è riconducibile ai quanti, ma cosa sono i quanti?

I quanti si inquadrano appunto in quella che viene chiamata la meccanica quantistica e ne rappresentano una fondamentale unità di misura. Fino ai primi decenni del 1900 si pensava che la materia, costituita dagli atomi, fosse sempre costante ed omogenea ed in particolar modo potesse assorbire ed emettere energia in modo continuo (per fare un esempio, tutti i valori tra 1 e 10). Einstein studiando l'effetto fotoelettrico (che gli valse il Nobel) scoprì che la materia in realtà assorbe ed emette quantità cosiddette discrete di energia, chiamate quanti. Alternativamente si può dire che la materia assorbe ed emette energia a pacchetti, ovvero non più i valori possibili tra 1 e 10, ma quantizzati: 2, 4, 6, 8 e 10. Legato al concetto di quanto è il modello quantomeccanico dell'atomo.

Ricordo in una puntata passata di Note di Scienza si è parlato del modello planetario, ci illustri ora quello quantomeccanico?

Il modello planetario ideato da Niels Bohr è un modello che va molto bene per la descrizione dell'atomo di idrogeno, ma fallisce se applicato ad atomi più pesanti. Una descrizione migliore si ebbe con la nascita appunto della meccanica quantistica da parte dell'austriaco Erwin Schrödinger, il quale descrisse gli atomi ed i suoi costituenti come onde elettromagnetiche; questo concetto riposa nell'equazione di Schrödinger. Secondo questa interpretazione gli elettroni non si muovono secondo delle orbite prestabilite, ma occupano determinate regioni di spazio chiamate orbitali atomici. All'interno dell'orbitale atomico gli elettroni hanno una probabilità di trovarsi in una determinata regione e alcune regioni saranno più probabili di altre. Si perde quindi il concetto di posizione a discapito di quello di probabilità di trovare l'elettrone; se la probabilità è zero in una data regione vorrà dire che in quella regione non si troverà l'elettrone. Emergono quindi due concetti chiave: dualismo onda corpuscolo e principio di indeterminazione.

Che cos'è il dualismo onda-corpuscolo?

La materia, in particolare gli atomi che la costituiscono, può dimostrare la sua natura in base agli esperimenti che si eseguono. Così nei primi vent'anni del secolo scorso i fisici si trovarono di fronte a dei comportamenti anomali e bizzarri della materia. Nello specifico esperimenti eseguiti con delle onde elettromagnetiche fornivano dei comportamenti che in genere si osservavano trattando con gli atomi e quindi con la materia. Viceversa, lavorando con atomi od elettroni si ottennero comportamenti tipici delle onde, ad esempio luce. Questo suggerì agli scienziati che la natura ci serba una grossa sorpresa: la materia è anche composta da onde elettromagnetiche e le onde elettromagnetiche sono anche composte di particelle. Questo è il cosiddetto dualismo onda-corpuscolo che rappresentò la base per lo sviluppo della meccanica quantistica.

E cosa ci dici a proposito del principio di indeterminazione?

Il principio di indeterminazione fu sviluppato dal fisico bavarese Karl Werner Heisenberg ed è uno dei pilastri della meccanica quantistica. Il principio afferma che quando si tratta con particelle atomiche non si potrà mai sapere esattamente allo stesso tempo la posizione e la velocità delle stesse. Questo fa a cazzotti con le nostre concezioni di posizione e velocità: infatti di un'auto noi possiamo descrivere allo stesso tempo la sua posizione e velocità. Con le particelle atomiche più è precisa la conoscenza della sua posizione, più imprecisa sarà l'informazione sulla sua velocità e viceversa. Oppure possiamo conoscere esattamente l'energia della particella, ma non possiamo sapere per quanto tempo la particella esiste. Il principio di indeterminazione fu il tema di dottorato di Heisenberg che discusse il suo lavoro a soli 24 anni, vincendo il premio Nobel.

Vorrei con te ritornare al concetto di quanto, è misurabile?

Certo, è misurabile, o per lo meno definibile e si chiama "costante di Planck", anche detta quanto d'azione e indicata con h ; è una costante fisica il cui valore è equivalente alla quantità d'azione fondamentale (azione = quantità pari al prodotto energia*tempo). Ha le dimensioni di un'energia per un tempo e nel sistema di unità di misura delle unità atomiche rappresenta l'unità di misura del momento angolare. La costante di Planck permette la quantizzazione di concetti come l'energia, la quantità di moto e il momento angolare, e la sua definizione ha avuto, come si può immaginare, un ruolo determinante per la nascita e la successiva evoluzione della meccanica quantistica. La costante prende il nome da Max Planck, che la introdusse in seguito agli studi sullo spettro della radiazione di corpo nero. Il valore della costante è pari a $6,62606896 \cdot 10^{-34}$ Js. La costante di Planck inoltre, insieme alla carica dell'elettrone e alla velocità della luce, è una delle costanti fondamentali con le quali si definisce la costante di struttura fine, detta anche costante di Sommerfeld.

Immagino che la meccanica quantistica riserbi un sacco di fenomeni particolari...

Sì, hai ragione, ci sono tanti fenomeni particolari come quello dell'effetto tunnel!

Effetto tunnel?

L'effetto tunnel è un effetto quantistico e consiste nella capacità di una particella di attraversare una barriera di potenziale. Un esempio pratico potrebbe chiarire il concetto: se lancio una palla contro un muro, questa ritorna indietro non potendo la palla attraversare il muro; se volessi vedere un oggetto oltre il muro dovrei sparare una palla di cannone, a questo punto però il muro verrebbe demolito. Le particelle invece, potendole interpretare come delle onde ed avendo in meccanica quantistica sostituito il concetto di posizione con quello di probabilità di trovare una particella, possono attraversare una barriera di potenziale, sempre che questo muro sia sottile. Si dice quindi che la particella ha una probabilità non nulla di trovarsi al di là della barriera di potenziale. L'effetto tunnel non è solo un fenomeno teorico, ma un fenomeno che accade in natura: ad esempio molte reazioni chimiche in cui due atomi si scambiano elettroni avvengono per effetto tunnel. Addirittura c'è una tecnica microscopica basata sull'effetto tunnel detta appunto microscopia ad effetto tunnel.

Sempre in qualche tua puntata degli anni precedenti avevi parlato del gatto di Schrödinger, ce lo puoi risolvere?

La meccanica quantistica come abbiamo capito è l'interpretazione fisica del mondo microscopico.

pico e si basa sulla statistica; infatti, Donatella, se ricordi bene prima abbiamo parlato di probabilità ed abbiamo citato l'esempio della macchina e dell'elettrone. Non si avrà mai la sicurezza al 100% della posizione di una particella, l'unica certezza è che se la particella non c'è la probabilità è 0. Per spiegare questa interpretazione probabilistica della natura, il fisico viennese Erwin Schrödinger ideò l'esperimento concettuale del gatto nella scatola: un gatto chiuso in una scatola ed una pistola carica connessa ad un sistema in grado di azionarla se il gatto urta il congegno. Se parte il colpo c'è una probabilità del 50% che il gatto sia morto e del 50% che sia vivo, ma finché non si apre la scatola non si ha la certezza di quale sia lo stato vero del gatto, dovrò quindi considerare il mescolamento delle due probabilità e l'unica certezza è che la somma delle due probabilità sia il 100%. Nel mondo microscopico al posto del gatto ci sono le particelle, le cui probabilità di trovarsi in un posto o di avere una certa velocità sono mescolate, certi valori saranno più probabili ed altri meno probabili, ma solo indagando la particella con tecniche analitiche si saprà quale sarà la probabilità più alta per una certa grandezza. Fino al momento prima della misura tutti i valori sono equiprobabili. L'esperimento del gatto di Schrödinger ha acceso le proteste degli animalisti e ultimamente si è cercato di sostituire il gatto con un coniglio, ma senza risolvere il problema.

Draghi, fulmini e lenticchie: strane storie di fossili (1)

Dott. Manolo Piat

Titolo: ***Il fossile***

Autore: *Samuele Bersani*

Album: *L'oroscopo speciale*

Anno di pubblicazione: 2000

Durata: 3' 47"

Sono nato in un teatro e ho sempre fatto il fossile

Da dieci anni vesto i panni di un superstite che si risveglierà

Casualmente il giorno di natale del panettone al plastico

Gwyneth Paltrow ama un altro

E si ricovera in una clinica

Sono buono e vi perdono

Ma non voglio lacrime

Posso piangere da solo

È tanto che non torno a casa mia

Ma il mio cane non sa più annusare

Per la carne in scatola

Guarda fuori i muratori dalle impalcature far la spia

Scendi dal treno resta qui, spaventati

E punta un po' di soldi anche su Dio

Scommetti a nome mio

Non ti ricorderai

Chi sei

Di colpo cambierai

Abitudini

Non hai avuto le vertigini

Sopra la Torre Eiffel

Perché c'era foschia...

Ho tre madri e sette padri e un direttore artistico

Che mi sta per procurare un personaggio nuovo

E una pubblicità

La campagna elettorale mangia qualsiasi spazio libero

Sopra i muri non c'è traccia della mia faccia ma

In tutta la città

Sono buono e vi perdono

Ma non voglio lacrime

Posso piangere da solo

È tanto che non torno a casa mia

Tutti in coro è un capolavoro

La tua vena comica sembra prendere davvero di sicuro

La malinconia

Scendi dal treno, resta qui, spaventati

E punta un po' di soldi anche su Dio

Scommetti a nome mio

Non ti ricorderai chi sei

Di colpo cambierai

Abitudini

E dal silenzio ci comunichi

Che la felicità...

Buongiorno Manolo, oggi partiamo con Samuele Bersani.

Buongiorno Donatella e ben trovati agli amici all'ascolto. Questa è una canzone forse poco nota del cantautore di Rimini, intitolata "Il fossile" e contenuta nell'album "L'oroscopo speciale" del 2000. È questo l'album più personale e autobiografico di Bersani che in questa canzone tenta di ricostruire la propria storia individuale incollando frammenti di immagini e di vita vissuta, che si perdono tra finzione e sogno.

Immagino quindi che l'argomento di questa nostra chiacchierata saranno, appunto, i fossili.

Sì, parleremo proprio di questi oggetti geologici, dotati di un fascino particolare; da sempre l'uomo ha subito la suggestione del loro apparente mistero. Oggi, grazie alla scienza, gli enigmi in loro racchiusi non sono più tali, ma almeno fino alla seconda metà del XIX secolo i fossili fornivano lo spunto per leggende, teorie stravaganti e rappresentazioni di esseri bizzarri.

Allora la loro comprensione è una conquista recente nella storia della scienza?

Direi di sì. La stessa parola “fossile” è relativamente recente. A coniarla nel XVI secolo fu Giorgio Bauer, meglio noto come Agricola, grandissimo tecnico minerario che non era però altrettanto portato per i fossili, tant'è che con questo termine, che dal latino significa “cosa cavata dalla terra”, indicava tutto ciò che poteva essere oggetto di estrazione da parte dell'uomo, quindi sia i minerali (*fossilia nativa*) che i veri fossili (da lui indicati come *fossilia petrificata*), attribuendo l'origine di questi ultimi a una sorta di materia grassa, non meglio specificata, presente nelle rocce.

Per dirla con una battuta: poche idee, ma ben confuse, insomma.

La confusione in questo ambito ha regnato almeno fino alla prima metà del 1800, quando è nata la disciplina che studia i fossili, ossia la paleontologia, termine che significa “discorso sugli antichi organismi”. Questa parola venne coniata agli inizi del XIX secolo da due famosi paleontologi: Ducrotay de Blainville e Fischer von Waldheim ed entrò nell'uso comune grazie alla fondamentale opera del geologo inglese Charles Lyell, “*Principi di Geologia*”, pubblicata nel 1830.

E prima come ci si regolava?

Fino ad allora si parlava di orittologia, “discorso sulle cose scavate”, una disciplina pseudoscientifica che si proponeva di studiare qualsiasi cosa si potesse estrarre; il risultato era la creazione delle *wunderkammer*, le “stanze delle meraviglie” anticipatrici degli attuali musei, che erano appannaggio dei nobili e dei ricchi che dedicavano il tempo libero allo studio delle scienze naturali. In queste collezioni veniva raccolto e raggruppato di tutto; ai fossili veri e propri, che occupavano sempre un posto d'onore, si affiancavano i minerali, gli strumenti litici e anche cose fantastiche e straordinarie.

Mi incuriosisce quest'ultima definizione: cose fantastiche e straordinarie in che senso?

Mi spiego con un esempio; nella notoria collezione del duca Alberto V di Baviera (siamo quindi nel XVI secolo) erano presenti, tra l'altro, un uovo estratto da un altro uovo, un'idra e un basilisco! Dalle nostre parti il *basalisc* è uno spauracchio per tenere buoni i bambini capricciosi, mentre da un punto di vista tassonomico odierno il basilisco è un'iguana dell'America centrale; ma nel 1500 nessuno dubitava di quanto detto dagli studiosi: esso era descritto come un mostro che uccideva con lo sguardo, camminava con 8 zampe e che aveva in testa una corona da re! Si trattava di ricostruzioni fatte da abili artigiani, che fabbricavano anche altri esseri strani come sirene e draghi.

Ma quand'è che gli uomini hanno cominciato ad interessarsi ai fossili?

Il rapporto dell'uomo con i fossili è molto antico, possiamo dire innato. In Inghilterra sono

stati trovati degli strumenti litici in selce, risalenti a 400-200.000 anni fa, lavorati in modo tale che i fossili in essi presenti venissero a trovarsi esattamente nel centro. Sono forse il primo esempio del senso estetico dell'umanità. Risale invece a 30-35.000 anni fa la più antica raccolta nota di minerali e fossili, data da concrezioni di pirite e conchiglie trovate nella "Grotta della iena", in Borgogna. Nella stessa regione in una grotta chiamata da allora "del trilobite", insieme a resti umani e utensili di 15.000 anni fa è stato trovato un trilobite forato sui due lati per ottenere un pendaglio. Nacquero forse allora primi tentativi di spiegare la stranezza delle conchiglie racchiuse nella pietra.

Una storia d'amore molto longeva, quella tra uomini e fossili. E come procede?

L'archeologia ci rivela che l'incontro dell'uomo con i fossili proseguì nei tempi storici lasciando numerose tracce. Una delle più interessanti è costituita da un tronco fossilizzato di una cicadea, una pianta dell'era mesozoica simile a una palma, trovato in una tomba etrusca del II millennio a.C. presso Marzabotto, nell'Appennino a sud di Bologna. Sull'altra riva del Mediterraneo, in Egitto, la tomba del sacerdote Tanofre ha invece restituito un riccio di mare di 40 milioni di anni; sulla sua faccia inferiore sono impressi dei delicati geroglifici che dicono che Tanofre trovò l'oggetto in una cava nella penisola del Sinai. Questo indica che gli antichi egizi dedicavano ai fossili un interesse già approfondito e che, probabilmente, le loro idee in merito erano già avanzate.

Mi sembra di capire però che gli Egizi non abbiano lasciato nulla di scritto riguardo ai fossili.

In effetti, la prima vera descrizione di fossili intesi come resti di organismi realmente esistiti risale a molto più tardi, al VI-V sec. a.C. e la dobbiamo al filosofo greco Senofane di Colofone, il quale descrisse impronte di pesci, conchiglie e resti vegetali che egli stesso aveva raccolto in alcune isole del Mediterraneo. Invece la prima ricostruzione paleogeografica basata sui fossili è dovuta allo storico greco Erodoto, nel V sec. a.C.; basandosi su resti di gasteropodi, lamellibranchi e nummuliti, abbondanti nelle rocce del deserto egiziano, comprese che un tempo l'Egitto doveva essere stato un tratto di mare, "un'insenatura - disse - simile a quella del mare eritreo".

Erano delle osservazioni molto in anticipo sui tempi; non abbiamo detto che la paleontologia nasce solo nel XIX secolo?

Effettivamente queste notazioni così precise ci appaiono davvero notevoli se si pensa all'età lontana in cui vennero elaborate, ma soprattutto ci portano a pensare che lo studio dei fossili e la loro comprensione avessero la strada spianata; abbiamo visto però che il termine fossile e la disciplina che li studia, la paleontologia, sono qualcosa di molto più recente, questo perché le prime corrette deduzioni furono disgraziatamente dimenticate e sostituite da numerose bizzarre interpretazioni, alcune delle quali racconteremo nella prossima puntata.

Draghi, fulmini e lenticchie: strane storie di fossili (2)

Dott. Manolo Piat

Titolo: **The snake**

Autore: *The Cult*

Album: *Dreamtime*

Anno di pubblicazione: 1984

Durata: 8' 14"

Down down (x3)

Down The Snakes lie a new time a new time

Together they wrap around me

Down down

Like a snakeskin you're always you're always changing

The poisoned yellowy eyes the poisoned yellowy eyes (x4)

Down down (x3)

Down The Snakes lie a new sty a new time

Together they wrap around me

Down down

Like a snakeskin you're always you're always changing

The poisoned yellowy eyes the poisoned yellowy eyes (x4)

Down

Down down (x3)

Down The Snakes lie a new sty a new time

Together they wrap around me

Down down

Like a snakeskin you're always you're always changing

Down down (x2)

Always changing always changing

The poisoned yellowy eyes the poisoned yellowy eyes (x2)

The poisoned yellowy eyes

Stop

Down down down (x2)

Always changing changing changing

Down you take me you take me

Down down (x2)

The poisoned yellowy eyes the poisoned yellowy eyes (x2)

Yellowy eyes

Yes fucking rape me fucking baby down

Down down (x2)

And push me to the poison

Down down

Buongiorno Manolo, ci diamo al rock inglese?

Buongiorno a te Donatella e a tutti gli ascoltatori; oggi torniamo nel 1984, con una canzone tratta dal primo album dei The Cult, "Dreamtime", il cui sound coniuga il post punk/gothic rock delle origini con sonorità ispirate al rock psichedelico degli anni '70 (influenzati dai Doors e Jimi Hendrix), ma anche ispirato alla cultura degli indiani d'America.

Un netto cambiamento rispetto alle sonorità di Samuele Bersani della puntata scorsa.

Un bel salto, ma l'argomento rimane lo stesso, ossia i fossili. Questa volta andiamo a vedere come l'interpretazione di questi oggetti nei secoli passati abbia spesso prodotto teorie e rappresentazioni per lo meno bizzarre, per non dire assurde.

La canzone è “The snake”; cosa c'entrano i serpenti con i fossili?

Questi esseri sono stati spesso chiamati in causa per giustificare la forma o le caratteristiche di alcuni fossili, anche se si trattava dei resti di organismi totalmente differenti. Classico l'esempio delle ammoniti, molluschi cefalopodi estinti le cui conchiglie spiralate sono molto abbondanti nelle rocce del Mesozoico; in Inghilterra, durante il medioevo, si credeva che fossero serpenti pietrificati ad opera di Santa Hilda, badessa nello Yorkshire durante il VII secolo. Tale era la convinzione di questo fatto miracoloso che nello stemma della città appaiono proprio tre serpenti arrotolati, che altro non sono se non ammoniti del genere *Dactyloceras*, molto abbondanti nelle rocce della regione. Da questo racconto nacquero le *snakestones*, le "pietre serpentine", in quanto artigiani del luogo scolpivano sui fossili di ammoniti la testa di un serpente, per poi venderle come reliquie

Era più una suggestione, quindi, che una vera interpretazione.

Soprattutto era superstizione religiosa e mancanza di dati. Allora non si ipotizzava minimamente che la Terra avesse miliardi di anni, né che gli organismi si fossero evoluti e in alcuni casi estinti. E questo nonostante nell'antichità, come abbiamo visto la volta scorsa, alcuni studiosi avessero già intuito queste cose. Ad esempio, già nel V sec. a.C. Erodoto aveva compreso, tra le altre cose, la natura delle nummuliti, piccoli organismi marini dotati di un guscio di forma rotonda e appiattita che le fa assomigliare a delle monetine, da cui il nome; Erodoto le studiò in Egitto, perché le grandi piramidi sono edificate con blocchi di calcare ricchi di questi gusci; eppure Strabone, 4 secoli dopo, citando questi organismi, ridicolizza i propri contemporanei che li consideravano i resti pietrificati del cibo degli operai addetti alla costruzione delle piramidi: in pratica, lenticchie fossili.

Conchiglie scambiate per lenticchie? Questa è un'interpretazione davvero divertente!

E forse non è nemmeno la più assurda. Nella scorsa puntata abbiamo accennato ai ricci di mare. I fossili di questi organismi sono relativamente abbondanti, perciò è normale che su di essi si siano sviluppate numerose leggende; una di queste li indicava come “pietre di tuono” cadute dal cielo durante i temporali; si pensava che avessero grandi poteri magici e impedissero al latte di cagliare. Il particolare “disegno” a stella a cinque bracci che presentano sulla parte superiore, era paragonato a un Sole stilizzato, prova inconfutabile della loro origine celeste.

Sassi dal cielo? Pericoloso passeggiare durante gli acquazzoni!

Senza un buon ombrello sì! Anche perché durante i temporali cadevano pure le “pietre del fulmine” o folgoriti. Quelle che i nostri antenati interpretavano come le punte dei fulmini conficcate nelle rocce, altro non sono che ciò che resta delle belemniti, cefalopodi mesozoici lontani parenti delle seppie, che possedevano una conchiglia interna terminante con un rostro più o meno appuntito, la sola parte dell'organismo che in genere fossilizza e che si ritrova nei sedimenti. Ma anche durante le eclissi di luna era meglio uscire ben coperti; secondo Plinio il Vecchio, in quei momenti dal cielo cadevano le glossopetre; denti di squalo fossili che per il loro aspetto triangolare ed appuntito venivano interpretati come “lingue di pietra”.

Mi sembra di capire che i fossili hanno trovato spesso spiegazione nelle leggende, ma hanno anche contribuito a crearle?

Non solo leggende. Soprattutto in età medievale il ritrovamento di resti di animali estinti,

quindi sconosciuti, ha dato impulso a tutta la cultura, dalla scienza alla religione, dalla letteratura alla pittura. Ti cito tre esempi che sicuramente attireranno la tua curiosità: l'unicorno, i giganti, i draghi. Ognuna di queste creature ha una spiegazione di carattere paleontologico.

Ammetto che la spia della curiosità sta lampeggiando. Cosa mi puoi dire degli unicorni?

L'origine di questa leggenda si perde nella notte dei tempi; alcuni la fanno risalire ad un'errata interpretazione dei geroglifici, che rappresentavano le gazzelle di profilo e quindi apparentemente con un corno solo; altri dicono che derivi dalla scoperta dei rinoceronti; nel Nord Europa contribuì ad alimentarla il ritrovamento di denti di narvalo, un cetaceo armato di una lunga zanna spirale. In Occidente, però, essa si era diffusa soprattutto per l'incontro con zanne fossili di elefanti e di mammut, come si rivelò il presunto corno di unicorno che nei primi anni del secolo IX un ricco califfo inviò a Carlo Magno. Questa ipotesi è confermata anche da alcuni disegni e ricostruzioni, risalenti ai secoli XVII e XVIII, di presunti resti di unicorno, rivelatisi poi parti dello scheletro di mammut.

E i giganti, invece, come si conciliano con i fossili?

Di fronte ai resti dei grandi vertebrati estinti la fantasia dei nostri antenati partoriva ogni genere di creatura incredibile, dai mostri agli animali mitici e, soprattutto, giganti. Tra essi c'è una categoria particolare, quella dei Ciclopi, giganti con un solo occhio in mezzo alla fronte, che secondo la tradizione aiutavano Efesto, dio del fuoco, in un'immane fucina sotto l'Etna. L'immagine è dovuta a ritrovamenti fossili: se osserviamo il cranio di un elefante, al centro della fronte notiamo l'ampia cavità a cui si attaccava la proboscide, che può sembrare un'unica grande orbita; è perciò naturale che questi grandi crani venissero interpretati come i resti di giganteschi monocoli. Può sembrare strano, ma in Sicilia e in altre isole del Mediterraneo nel Pleistocene vivevano elefanti nani, come l'*Elephas falconeri*, alto appena 90 cm.

Non mi rimane che chiederti dei draghi. Come si spiega l'origine di queste creature?

Il miglior esempio documentato di come nascessero i draghi si trova a Klagenfurt, in Austria, dove esiste un monumento al drago (il *Lindwurmbrunnen*). Questa statua rappresenta un animale mostruoso, dal corpo serpentino irto di scaglie, con ali di pipistrello, coda ritorta e fauci paurose. L'opera fu inaugurata il 2 giugno 1636 e l'artista che l'aveva scolpita si era ispirato a un cranio di drago che da 3 secoli si conservava a Klagenfurt e che vi si conserva tuttora nel museo cittadino. Ma la "testa di drago" è, ancora una volta, un fossile di chiara identificazione: il cranio di un rinoceronte lanoso dell'età glaciale.