



*Il Gruppo Divulgazione Scientifica  
presenta*

# ***Note di Scienza***



*Seconda edizione  
stagione 2012-2013  
Vol. 2*

*in collaborazione con*

***Radio Belluno***

# Indice

<b>Numerazione binaria</b>	<b>65</b>
<i>Chapter 24 (Pink Floyd)</i>	
<b>Il paradosso dei gemelli</b>	<b>69</b>
<i>L'astronauta (Federico Stragà)</i>	
<b>Bentornati, dinosauri!</b>	<b>73</b>
<i>Dinosauro (Litfiba)</i>	
<b>Entropia e freccia del tempo</b>	<b>77</b>
<i>2nd Law - Unsustainable &amp; Isolated System (Muse)</i>	
<b>L'elettricità</b>	<b>81</b>
<i>Electricity (Elisa)</i>	
<b>I teoremi</b>	<b>84</b>
<i>Teorema (Marco Ferradini)</i>	
<b>I dinosauri in Italia</b>	<b>89</b>
<i>L'animale (Franco Battiato)</i>	
<b>La temperatura</b>	<b>92</b>
<i>Fever (Aerosmith)</i>	
<b>Stranezza e fascino nel mondo dei quark</b>	<b>96</b>
<i>Quark, Strangeness and Charm (Hawkwind)</i>	
<b>L'infinito in matematica</b>	<b>100</b>
<i>Echi d'infinito (Antonella Ruggiero)</i>	
<b>L'aspirina</b>	<b>104</b>
<i>La domenica mattina (Marioska)</i>	

<b>Mary Anning scopre i draghi</b> <i>Crazy Mary (Pearl Jam)</i>	<b>107</b>
<b>Simmetrie del Tempo</b> <i>Starálfur (Sigur Rós)</i>	<b>110</b>
<b>Il principio di Bernoulli</b> <i>I'm like a bird (Nelly Furtado)</i>	<b>114</b>
<b>L'uomo di Piltdown</b> <i>Il primo uomo (Raf)</i>	<b>117</b>
<b>Gli occhi su un nuovo mondo</b> <i>Eppur si muove (Haggard)</i>	<b>120</b>
<b>Il cubo</b> <i>Me gusta la cubista (Pitura Freska)</i>	<b>124</b>

# Numerazione binaria

Ing. Paolo Alessandrini

---

Titolo: **Chapter 24**

Autore: *Pink Floyd*

Album: *The piper at the gates of dawn*

Anno di pubblicazione: 1967

Durata: 3' 43"

---

*A movement is accomplished in six stages  
And the seventh brings return.  
The seven is the number of the young light  
It forms when darkness is increased by one.  
Change returns success  
Going and coming without error.  
Action brings good fortune.  
Sunset.*

*The time is with the month of winter solstice  
When the change is due to come.  
Thunder in the other course of heaven.  
Things cannot be destroyed once and for all.*

*Change returns success  
Going and coming without error.  
Action brings good fortune.  
Sunset, sunrise.*

*A movement is accomplished in six stages  
And the seventh brings return.  
The seven is the number of the young light  
It forms when darkness is increased by one.  
Change returns success  
Going and coming without error.  
Action brings good fortune.  
Sunset, sunrise.*

## **Questa è la volta dei Pink Floyd...**

Sì, le note che abbiamo ascoltato appartengono ad una delle canzoni dell'album d'esordio dei Pink Floyd, "The piper at the gates of dawn", che uscì nel 1967 e fu realizzato nei leggendari studi londinesi di Abbey Road, proprio negli stessi giorni in cui i Beatles lavoravano all'epocale album "Sgt. Pepper's Lonely Hearts Club Band". Questo album fu realizzato quasi esclusivamente da Syd Barret: è uno dei risultati più notevoli della stagione del rock psichedelico, molto sperimentale sia dal punto di vista musicale che da quello poetico.

## **Come si intitola la canzone che abbiamo ascoltato?**

Si intitola "Chapter 24", cioè "Capitolo 24". Credo si tratti di uno dei brani meno noti dell'intero album, ma è un brano molto significativo, soprattutto per quanto riguarda il testo.

## **A cosa si riferisce questo "Capitolo 24"?**

Andiamo per gradi. La canzone inizia con alcuni misteriosi versi di Syd Barrett, che tradotti in italiano suonano più o meno così: *Un movimento si compie in sei stadi, e il settimo riconduce al principio. Il sette è il numero della luce giovane. Si forma quando l'oscurità è aumentata di uno.*

## **Sembrano versi molto ermetici. A cosa si riferiva Syd Barrett?**

Beh, in effetti sarebbe impossibile capirci qualcosa se non si tenesse conto che nello scrivere

questa canzone Barrett fu ispirato dal famoso “I Ching”, detto anche “Libro dei Mutamenti”, uno dei testi più antichi della storia del pensiero cinese, risalente, secondo la tradizione, a circa mille anni prima di Cristo.

### ***Cosa contiene questo antico libro?***

“I Ching” venne considerato da Confucio come un libro di saggezza, ma è noto popolarmente soprattutto come libro divinatorio. Il libro fornisce infatti dei responsi che si basano su sorteggi casuali, effettuati di solito attraverso lanci di monete oppure estrazioni di steli di una pianta chiamata achillea. Entrambi i metodi determinano il sorteggio di linee, che possono essere continue oppure spezzate. La contrapposizione tra linee continue e spezzate riflette la dialettica tra i due principi cosmici dello *yang*, associato alle idee di forza, di giorno, di maschio, di caldo, e così via, e dello *yin*, legato all’idea opposta di cedevolezza, di notte, di femmina, di freddo, e così via. La contrapposizione, la complementarità e la reciproca trasformazione tra i due principi *yang* e *yin* viene raffigurata nell’antico simbolo del Taijitu, centrale in tutta la filosofia e la cultura dell’Estremo Oriente.

### ***Lo “I Ching” ha qualcosa a che fare con la matematica?***

Direi che questo antichissimo testo è intriso di matematica a tutti i livelli, e te lo dimostro subito. Se vogliamo combinare due linee, abbiamo in tutto 4 possibili combinazioni, che possiamo chiamare *bigrammi* e che sono rispettivamente: continua-continua, continua-spezzata, spezzata-continua, spezzata-spezzata. Nella tradizione cinese ognuna di queste 4 combinazioni è legata ad una delle quattro stagioni, a uno dei quattro punti cardinali e a uno delle quattro parti della giornata: tanto per fare un esempio, la combinazione linea continua-linea spezzata corrisponde alla primavera, all’oriente e al mattino.

### ***E se invece di due linee ne mettiamo insieme tre?***

Otteniamo dei *trigrammi*, e di combinazioni possibili stavolta ne abbiamo  $2^3 = 8$ . Nella tradizione cinese, gli otto trigrammi sono legati ai simboli del Tuono, del Fuoco, dello Stagno, del Cielo, del Vento, dell’Acqua, della Montagna e della Terra, e vengono solitamente disposti in uno schema ciclico, chiamato “Cielo Anteriore”, in cui ogni simbolo si trova in posizione opposta a quello che si ottiene trasformando le linee continue in linee spezzate, e viceversa.

### ***A questo punto, immagino, si possono considerare anche combinazioni più lunghe di linee...***

Certo! Ad esempio, possiamo ottenere in tutto 16 combinazioni di 4 linee, 32 combinazioni di 5 linee, e 64 combinazioni di 6 linee. In particolare, le 64 combinazioni di 6 linee sono fondamentali nello “I Ching”, e vengono chiamate *esagrammi*. Il libro stesso è diviso in 64 capitoli, ognuno quali descrive i presagi associati ad un particolare esagramma.

### ***Per ogni linea in più abbiamo raddoppiato le possibili combinazioni...***

Eh già. Siamo passati dai 2 tipi di linee singole ai 4 bigrammi, agli 8 trigrammi, ai 16 tetragrammi, ai 32 pentagrammi e infine ai 64 esagrammi. Ad ogni passo abbiamo, per così dire, dei *bi-vi*, e complessivamente ci ritroviamo con il doppio di combinazioni del passo precedente. Una struttura di questo tipo è molto familiare a noi informatici ed è chiamata albero binario, perché la radice si biforca in due rami principali, ciascuno di questi si biforca a sua volta in due, e così via. E

soprattutto, possiamo dire che tutta questa faccenda delle linee continue e spezzate costituisce una specie di antichissimo sistema di numerazione binario. La numerazione binaria utilizzata dai nostri computer, infatti, è basata sull'uso di cifre binarie, dette *bit*, che possono assumere soltanto due valori, ad esempio 0 e 1. Nello "I Ching", al posto degli zeri e degli uno abbiamo linee continue e spezzate, ma per il resto il meccanismo è identico.

### ***Quindi i cinesi di 3.000 anni fa avevano già imparato a usare la numerazione binaria dell'informatica moderna?***

Pare proprio di sì. Gli esagrammi dello "I Ching", ad esempio, non sono altro che combinazioni di 6 bit. Non è un caso che quando, nel 1679, il grande filosofo e matematico tedesco Gottfried Wilhelm von Leibniz, propose il sistema di numerazione binaria, lo fece citando esplicitamente lo "I Ching" come sua fonte di ispirazione. Successivamente fu George Boole, verso la metà dell'Ottocento, a riprendere gli studi di Leibniz e a costruire in modo strutturato la logica binaria, oggi chiamata anche, in suo onore, booleana.

### ***Paolo, possiamo ora svelare a cosa si riferisce il testo della canzone?***

Certo, il testo della canzone fa riferimento a un particolare esagramma tra quelli descritti nello "I Ching".

### ***Dal titolo della canzone, suppongo si tratti dell'esagramma descritto nel capitolo 24 del libro...***

Supponi giusto, Donatella. Si tratta appunto dell'esagramma n. 24: il "Ritorno", che il libro descrive con parole del tipo: "*Sentenza: Il Ritorno. Riuscita. Uscire e rientrare senza male. Amici arrivano. Nessuna sfortuna. La stessa è la via dell'andare e del tornare e al settimo giorno viene il ritorno. Propizio quando c'è un luogo in cui andare.*" Per comprendere a fondo il significato dei versi della canzone, però, devo introdurre il concetto di linea mutante.

### ***Che cos'è una linea mutante?***

Ogni linea dello "I Ching", indipendentemente dal fatto che sia intera, cioè *yang*, o spezzata, cioè *yin*, può essere sorteggiata come fissa oppure mutante. Se è mutante, tende al suo opposto: in altri termini, se è intera, essa "tende" ad una linea spezzata, e viceversa. Detto in termini informatici, il bit corrispondente a una linea mutante si inverte, come se passasse attraverso una porta logica di tipo NOT. Un esagramma che contenga una linea mutante, di conseguenza, tende a trasformarsi in un altro esagramma che differisce dal primo per una sola delle 6 linee.

### ***Quindi partendo da un esagramma, facendo mutare ogni volta una linea, possiamo costruire una catena di esagrammi...***

Esatto, e proprio per questo lo "I Ching" viene spesso chiamato il "Libro dei Mutamenti". Il testo classico si riferisce spesso ad una "catena" di esagrammi, in cui la linea che muta sale di una posizione esagramma dopo esagramma. Una delle catene più famose, descritta approfonditamente nello "I Ching", è quella che parte dall'esagramma numero 1 (costituito da sei linee intere) e in 6 passaggi arriva all'esagramma numero 2 (costituito da sei linee spezzate), passando attraverso gli esagrammi 44, 33, 12, 20 e 23, e poi ritorna al punto di partenza, passando attraverso gli esagrammi 24, 19, 11, 34, 43.

### ***Questa catena di esagrammi ha qualche significato secondo la tradizione cinese?***

Sì, dato che l'esagramma di partenza, il numero 1, è formato da sei linee intere, cioè *yang*, viene associato al periodo più *yang* dell'anno, la primavera inoltrata, o il mese di maggio. Il secondo esagramma del ciclo, il numero 44, ha una linea spezzata e le altre sono intere, per cui viene legato al mese di giugno, in cui, secondo il pensiero taoista, comincia già a farsi sentire il principio autunnale dello *yin*. E così via, procedendo lungo la catena, si arriva all'esagramma numero 2, formato da sei linee spezzate, cioè *yin*, e che quindi viene associato al periodo di più *yin* dell'anno, il mese di novembre. Poi il ciclo procede ritrasformando, una alla volta, le linee spezzate in linee intere: ecco quindi i mesi che vanno da dicembre fino a maggio.

### ***L'esagramma 24 di cui parla la canzone, quindi, corrisponde al mese di dicembre...***

Sì, esattamente: il periodo dell'anno in cui il principio *yang* comincia timidamente a farsi sentire. Infatti l'esagramma è formato da 5 linee spezzate, cioè *yin* e una linea intera, cioè *yang*. Per questo motivo il significato tradizionale dell'esagramma è il "Ritorno", inteso come presagio del ritorno della primavera.

### ***Adesso forse i versi misteriosi della canzone sono più chiari...***

Non ci sono più misteri. Il verso iniziale "*Un movimento si compie in sei stadi*" si riferisce alla prima parte del ciclo di esagrammi, che va da maggio a novembre. I versi "*E il settimo riconduce al principio. Il sette è il numero della luce giovane*" alludono al fatto che il settimo esagramma, il numero 24 appunto, simboleggia il "Ritorno", in cui una giovane luce *yang* fa capolino anticipando il prossimo avvento delle stagioni calde. Il verso successivo, "*Si forma quando l'oscurità è aumentata di uno*", è perfettamente in linea con la rappresentazione "binaria" degli esagrammi: considerando le linee *yang* come degli uni e le linee *yin* come degli zeri, il passaggio dall'esagramma con sole linee *yin* al nostro esagramma 24 con 5 linee *yin* e una linea *yang* corrisponde esattamente all'addizione  $0+1 = 1$  in aritmetica binaria. I versi successivi si riferiscono ad aspetti legati all'interpretazione divinatoria dell'esagramma, che con la matematica ha meno a che fare.

# Il paradosso dei gemelli

Dott. Fabiano Nart

---

Titolo: **L'astronauta**

Autore: *Federico Stragà*

Album: *Click here*

Anno di pubblicazione: 2000

Durata: 3' 32"

---

*Viaggia bene il mio cuor, se respira il tuo amore.*

*In mezzo a tante persone non sento chiusure*

*e non ho più paura di uscire.*

*Saldamente il mio cuor se decide d'amore*

*battito regolare scommetto che non finirà.*

*L'amore è un astronauta*

*L'amore è un astronauta*

*Sol levante d'amor oggi è un'altra giornata sembra*

*di galleggiare in fondo ad un mare ascolto il mio cuore che fa aia.*

*Orbito nei tuoi occhi dallo spazio profondo ricordo ma non tornerai.*

*L'amore è un astronauta*

*La vita è un astronauta*

*Mia nonna è un astronauta*

*La morte è un astronauta*

*Perché morire è restare senza fiato per poi ripartire,*

*è un altro mondo un altro modo di respirare è come*

*cielo ma per camminare, come uno specchio che non ci assomiglia, è come un whisky senza una bottiglia.*

*L'amore è un astronauta*

*La vita è un astronauta*

*Mia nonna è un astronauta*

*L'amore è un astronauta*

*L'amore è un astronauta*

*L'amore è un astronauta*

*La vita è un astronauta*

*La morte è un astronauta*

*L'amore è un astronauta*

*La vita è un astronauta*

*Mia monna è un astronauta*

*L'amore è un astronauta*

*L'amore è un astronauta*

## **Wow, Fabiano, che bella sorpresa! Una canzone tutta bellunese oggi!**

Hai visto, noi del GDS non finiamo mai di stupirti. L'altro giorno mentre ascoltavo della musica random sul mio pc, ad un certo punto è capitata "L'astronauta" del nostro Federico Stragà.

## **La parola "astronauta" ti scatenerà un sacco di idee scientifiche.**

Quasi scontato direi! Forse fin troppe, perché la parola "astronauta", oltre che essere di per sé ricca di scienza, la possiamo collegare al cosmo, ai pianeti, ai satelliti, alle particelle subatomiche, all'energia oscura o alla materia oscura. E potrei continuare con una lista lunga pagine e pagine.

## **E allora, di quali di questi concetti che hai appena elencato ci parli?**

Spiacente di deluderti, forse credo per l'ennesima volta, ma non parlerò di alcuno dei concetti appena detti. Voglio invece associare la parola "astronauta" al "paradosso dei gemelli"!



***Allora non mi hai deluso affatto, questa cosa mi ha sempre affascinato. Mi spieghi da dove nasce il paradosso dei gemelli?***

Il paradosso dei gemelli è un concetto che è strettamente collegato alla teoria della relatività di Einstein, in particolare nasce con la teoria della relatività ristretta, ma viene applicato nell'ambito di quella generale. È veramente un concetto rivoluzionario, sia per gli anni in cui si svilupparono le due teorie, vale a dire tra il 1905 ed il 1916, sia oggi.

***Hai proprio ragione, a volte ho letto qualcosa, ma non mi è stato proprio così chiaro. Quali sono le fondamenta di questo paradosso?***

Il paradosso dei gemelli affonda le sue radici nel postulato della costanza della velocità della luce nel vuoto, che stabilisce appunto il valore di circa  $3 \cdot 10^8$  m/s, se vogliamo in unità più comune circa 1.080.000.000 km/h. Porre una velocità limite non superabile per i corpi con una certa massa ha degli effetti veramente stravaganti, come quello della dilatazione del tempo e della contrazione delle lunghezze. A noi oggi interessa quello della dilatazione del tempo.

***Mi spiegheresti meglio la dilatazione del tempo.***

Ora, senza scendere nei dettagli matematici, quindi ti chiedo un atto di fede, vediamo di spiegarlo a voce alla radio, con un esperimento mentale: l'orologio a luce. Immaginiamo una sorgente luminosa su uno specchio e che proietta il fascio luminoso perpendicolarmente verso l'alto, dove si trova un secondo specchio parallelo al primo. L'orologio a luce si sta muovendo da sinistra a destra ed immaginiamo un osservatore solidale con l'orologio, seduto sullo specchio inferiore. L'osservatore vede la luce riflessa dal secondo specchio e che ritorna sul primo. Avrà percorso una distanza pari al doppio della distanza che separa i due specchi, semplicemente andata e ritorno. Posso calcolare il tempo impiegato, chiamiamo  $t_0$  detto anche tempo proprio.

***Ok, fin qui tutto chiaro.***

Benissimo! Ora immaginiamo di osservare questo orologio stando su un secondo sistema di riferimento fermo e lontano dall'orologio. Dal primo specchio parte il raggio luminoso, ma allo stesso tempo entrambi gli specchi si spostano, per cui il raggio viene riflesso dal secondo specchio in una posizione diversa da quella di partenza e ritorna al primo specchio in una posizione ancora cambiata. Quindi non ha fatto un tragitto in linea retta, come nel primo caso, ma il raggio luminoso avrà percorso un tragitto a triangolo (immagina i due cateti senza la base). Ci siamo?

***Sì, quindi come si dimostra la dilatazione del tempo?***

Nel secondo caso la distanza percorsa è evidentemente superiore, la velocità della luce è sempre la stessa, per cui il tempo misurato da un osservatore fermo è superiore a quello misurato nel primo caso in cui l'osservatore era in moto con l'orologio.

***Quindi lo stesso fenomeno osservato da due osservatori in sistemi di riferimento diversi è diverso.***

Hai colto appieno il concetto. L'osservatore fermo che osserva un fenomeno in movimento misura un tempo superiore a quello misurato da un osservatore solidale col sistema di riferimento del fenomeno, quindi in movimento rispetto a lui. Questo secondo tempo è detto "tempo proprio", proprio perché misurato dove avviene il fenomeno e da un osservatore solidale col sistema di riferi-

mento del fenomeno. Se tutto è fermo il tempo proprio è uno solo, se il fenomeno avviene in movimento, il tempo proprio è più corto di quello osservato da un sistema di riferimento esterno. Quindi il tempo si dilata, scorre più lentamente, quando siamo in movimento.

***È molto affascinante questa dilatazione dei tempi! Ora mi aspetto un esempio pratico, quindi arriviamo, spero, al paradosso dei gemelli.***

Se hai capito bene la spiegazione della dilatazione dei tempi non avrai difficoltà a capire il paradosso. Immaginiamo due gemelli, uno rimane sulla Terra ed il secondo parte per un viaggio spaziale con la navicella. Si salutano. Dopo un po' di tempo, diciamo qualche anno terrestre, il gemello viaggiante fa ritorno sulla Terra ed incontra il fratello. Il gemello rimasto sulla Terra apparirà molto più invecchiato rispetto a quello ritornato dal viaggio spaziale.

***Questo perché quello che ha fatto il viaggio era in moto a velocità elevate, mentre quello sulla Terra era fermo. Giusto Fabiano?***

Esatto! Il gemello viaggiatore ha raggiunto velocità molto elevate, per cui il suo tempo proprio era dilatato, è quindi scorso molto lentamente e quindi è invecchiato poco. Il gemello rimasto sulla Terra era fermo, quindi lui ha misurato un tempo tra la partenza e l'arrivo del fratello molto più lungo. Per il gemello sulla Terra sono passati anni, mentre per il viaggiatore sono alcuni giorni.

***Io faccio l'avvocato del diavolo e ti dico che posso fare il ragionamento contrario e dirti che allora il gemello viaggiatore può considerare se stesso fermo e vedere quello sulla Terra che si allontana.***

Sì, lo puoi fare, anzi lo devi fare perché proprio con questo ragionamento di simmetria si è formulato il paradosso. Difatti, come avrai notato, fino ad ora ho illustrato delle considerazioni scientifiche senza contraddizioni.

***Allora se esiste un paradosso vuol dire che c'è un'apparente falsificazione di questo comportamento, ma anche che c'è una spiegazione scientifica.***

La spiegazione è presto fatta. Se ricordi l'esperimento dell'orologio a luce abbiamo fatto una chiara distinzione tra un osservatore fermo all'esterno del fenomeno ed uno in movimento con il fenomeno. Quello fermo è detto inerziale, l'altro invece è in moto. Inerziale non vuol dire solo fermo, ma anche in moto con velocità costante, quindi senza accelerazione. Se pensiamo al gemello viaggiatore, questo parte da fermo ed accelera fino alla velocità di crociera, poi rallenta per cambiare rotta, accelera di nuovo e decelera fino all'arrivo sulla Terra. Quindi effettivamente i due gemelli sono diversi, uno è fermo ed inerziale, quello sulla Terra, l'altro è in moto e non inerziale. Quindi non esiste una totale simmetria, ecco spiegato il paradosso.

***Veramente strabiliante... anche filosofico! Ma esistono delle applicazioni pratiche di questo concetto?***

Eccome se ne esistono! Una ad esempio è il nostro sistema GPS di localizzazione satellitare. La localizzazione è possibile grazie alla trasmissione di onde tra satellite e dispositivo a Terra. Se non si tenesse conto della costanza della velocità della luce, quindi della dilatazione dei tempi dovuto al movimento relativo dei due corpi, la localizzazione non sarebbe così precisa al centimetro! Esistono poi applicazioni più scientifiche.

### ***Ad esempio?***

Mi vengono in mente i muoni, particelle subnucleari prodotte dall'interazione dei raggi cosmici con l'atmosfera terrestre negli strati più esterni. I muoni, se fermi, quindi a riposo, hanno un certo tempo di vita prima di decadere in altre particelle, hanno un "tempo proprio". I muoni prodotti nell'atmosfera hanno una velocità molto vicina a quella della luce, quindi un tempo di vita più lungo perché dilatato. Difatti riusciamo a rilevarli sulla superficie terrestre in quanto, vivendo di più, possono percorrere molti chilometri, mentre per la fisica classica ci dovremmo aspettare di non vederli perché "morti" durante il percorso.

# Bentornati, dinosauri!

Dott. Manolo Piat

---

Titolo: **Dinosauro**

Autore: Litfiba

Album: Terremoto

Anno di pubblicazione: 1993

Durata: 3' 47"

---

*Il sogno vola  
Aquila o farfalla  
Che piomba giù dal cielo come bomba che balla  
E gira il mondo  
Cambiando pelle  
Confonde il suo nemico e resta sogno ribelle  
Lo puoi ignorare o cancellare  
Servirà soltanto questo a farlo lottare  
Io giro il mondo  
Seguo le stelle  
Graffio la ragione e nasce il sogno ribelle  
E gira gli occhi  
Guardando il Sole  
Per ogni cosa troverai le parole  
Super-protetto ed inviolato  
La tua vita non ha significato  
Cambia artiglieria  
Usa l'energia  
Pretendi i tuoi diritti  
Per primo quelli scritti  
Cerca di lottare come se fosse amare  
Quello è il dinosauro  
Non devi farlo alzare  
No  
In fondo agli occhi ho mille soli  
Mille volte voglia di cambiare colore  
Cambiare uomo cambiare pelle  
Giorno e notte cresce il nostro sogno ribelle  
Se giri gli occhi guardando il sole  
Per ogni cosa troverai le parole  
Super-protetto ed inviolato  
La tua vita non ha significato  
Cambia artiglieria*

*Usa l'energia  
Pretendi i tuoi diritti  
Per primo quelli scritti  
Cerca di lottare come se fosse amare  
Quello è il dinosauro  
Non devi farlo alzare  
No  
Stanno drogando il nostro sogno ribelle  
Avvelenando il nostro viaggio  
Noi ci inventiamo un altro sogno ribelle  
E sta lievitando lievitando lievitando  
Sogno ribelle  
Cambia la pelle  
Sogno ribelle  
Cambia la pelle  
So-so-sogno ribelle  
So-so-sogno ribelle  
Uh Uh!  
Sogno ribelle  
Cambia la pelle!  
Il sogno vola  
Aquila o farfalla  
Che piomba giù dal cielo come bomba che balla  
E gira il mondo  
Cambiando pelle  
Confonde il suo nemico e resta sogno ribelle  
Lo puoi ignorare o cancellare  
Servirà soltanto questo a farlo lottare  
Io giro il mondo  
Seguo le stelle  
Graffio la ragione e nasce il sogno ribelle  
E gira gli occhi  
Guardando il Sole*

*Per ogni cosa troverai le parole  
Super-protetto ed inviolato  
La tua vita non ha significato  
Cambia artiglieria  
Usa l'energia  
Pretendi i tuoi diritti  
Per primo quelli scritti  
Cerca di lottare come se fosse amare  
Quello è il dinosauro  
Non devi farlo alzare  
No  
In fondo agli occhi ho mille soli  
Mille volte voglia di cambiare colore  
Cambiare uomo cambiare pelle  
Giorno e notte cresce il nostro sogno ribelle  
Se giri gli occhi guardando il sole  
Per ogni cosa troverai le parole  
Super-protetto ed inviolato  
La tua vita non ha significato  
Cambia artiglieria*

*Usa l'energia  
Pretendi i tuoi diritti  
Per primo quelli scritti  
Cerca di lottare come se fosse amare  
Quello è il dinosauro  
Non devi farlo alzare  
No  
Stanno drogando il nostro sogno ribelle  
Avvelenando il nostro viaggio  
Noi ci inventiamo un altro sogno ribelle  
E sta lievitando lievitando lievitando  
Sogno ribelle  
Cambia la pelle  
Sogno ribelle  
Cambia la pelle  
So-so-sogno ribelle  
So-so-sogno ribelle  
Uh Uh!  
Sogno ribelle  
Cambia la pelle!*

### ***Buongiorno Manolo, iniziamo questa puntata con il rock dei Litfiba.***

Buongiorno Donatella, oggi ci scateniamo con Piero Pelù e la sua “Dinosauro”, canzone contenuta nell'album “Terremoto”; questo è il sesto album in studio della rock band italiana, pubblicato nel gennaio del 1993, ed è il secondo capitolo della cosiddetta “tetralogia degli elementi” iniziata nel 1990 con l'uscita di “El diablo”, e che comprende i successivi “Spirito” e “Mondi sommersi”.

### ***È uno degli album più amati dei Litfiba.***

Certamente, e forse è anche l'album più potente e vicino al metal che la band abbia mai prodotto, abbastanza influenzato anche dalla musica grunge che spopolava in quel periodo. La tematica principale è la critica sociale e politica, influenzata dallo scenario italiano, con Tangentopoli che aveva scopercchiato la Prima Repubblica e vede l'attacco al vecchio sistema di potere corrotto.

### ***Visto il titolo del brano credo sarà un altro l'argomento che tratterai.***

Infatti oggi parliamo di dinosauri, un argomento estremamente familiare, come testimonia la loro presenza in moltissime opere di fantasia, dai cartoni animati ai film, ma anche in documentari e libri di carattere divulgativo. E anche nella vita quotidiana sono presenti, ad esempio sono soggetti per monete e francobolli e numerosissimi sono i giocattoli o i gadget che ad essi si ispirano; inoltre, l'epiteto “dinosauro” è usato anche nel linguaggio comune, come metafora per persone e cose datate e fuori dal tempo. È un termine tanto usuale che spesso indichiamo con esso anche animali che non sono propriamente dinosauri. Eppure, queste cose che noi oggi diamo per scontate, due secoli fa avrebbero destato stupore e incredulità.

### ***Quindi all'inizio del 1800 la situazione era un po' diversa?***

Sicuramente nessuno avrebbe usato il termine “Dinosauro”, per due buone ragioni: intanto

perché la stessa parola verrà coniata solo nel 1842 dal geologo inglese Richard Owen, dalle parole greche *deinòs* (terribile) e *sàuros* (lucertola). Ma soprattutto perché nessun essere umano fino ad allora aveva visto, immaginato o supposto la loro esistenza, nonostante all'inizio del XIX secolo fossero già noti i rettili marini (plesiosauri, ittiosauri) e i rettili volanti (ptero-dattili), animali contemporanei ai dinosauri.

### ***Come mai nessuno aveva mai trovato prima resti di dinosauro?***

Non è proprio esatto dire che gli studiosi non si fossero fino ad allora imbattuti nei loro resti, anzi. Già Erodoto (siamo nel V secolo a.C.), parlando dell'Arabia dice: “*Là giunto vidi ossa di serpenti e spine dorsali in quantità impossibile a descriversi; erano cumuli di spine dorsali grandi e meno grandi e ancor più piccole, ed erano molte*”. Sicuramente si era imbattuto in un giacimento di ossa di dinosauri. Ed è probabile che da simili ritrovamenti siano nate le leggende sui draghi e giganti. Ma anche più di recente (1677), l'inglese Robert Plot, nella sua “*Natural History of Oxfordshire*”, descrive un femore di dinosauro, attribuendolo però a un uomo gigante dell'epoca romana. In seguito (1763-68), lo stesso reperto venne definito da altri studiosi come *Scrotum humanum*, in pratica un prototipo di un particolare anatomico maschile, opera della natura per creare organi umani perfetti.

### ***A chi dobbiamo riconoscere il merito di aver fatto un po' di chiarezza?***

Il merito va alla passione e alla tenacia di un medico inglese, Gideon Mantell. La versione leggendaria ci riporta alla primavera del 1822, nel Sussex: mentre il medico visitava un paziente, sua moglie Mary Ann, che lo stava aiutando nella stesura del suo libro “*The fossils of the South Down*” e che quindi condivideva la passione del marito per lo studio dei fossili, approfittò per girare là attorno e in un mucchio di sassi ammassati a bordo strada vide alcuni denti, inclusi in un ciottolo di arenaria. Li raccolse e li mostrò al marito, che capì subito essere qualcosa di nuovo per la scienza: erano i denti di quello che si sarebbe poi rivelato il primo dinosauro conosciuto.

### ***Una scoperta fortunosa, allora.***

In realtà, Mantell si interessò ai fossili in quella regione almeno dal 1818 e nel 1822 aveva già raccolto numerosi resti appartenenti a un grande rettile preistorico, tant'è che nel suo libro, uscito proprio nel maggio del 1822, ne aveva inserito anche i disegni. Ma quello che conta è ciò che avvenne dopo. Mantell, per avere l'approvazione dell'ambiente accademico, mostrò i reperti alla *Geological Society* ed al francese George Cuvier, il più grande paleontologo dell'epoca; tutti però dissero che erano resti poco interessanti (parlarono di ippopotamo, di coccodrillo o di pesce). Soprattutto la diagnosi di Cuvier, la cui parola aveva a quei tempi valore di legge, avrebbe disintegrato le speranze di chiunque, ma Mantell era quasi ossessionato dai suoi reperti e proseguì sulla sua strada.

### ***E quale fu la sua mossa successiva?***

Il nostro eroe andò *Hunterian Museum* di Londra, per confrontare i resti con la collezione di scheletri animali lì conservata, ma senza successo. Incontrò però un giovane studioso, Samuel Stutchbury, il quale notò la somiglianza, fatte le debite proporzioni, tra i denti fossili di Mantell e quelli delle iguana che egli stava studiando. Ora Mantell aveva la certezza che i resti da lui trovati appartenessero a un grosso rettile erbivoro che chiamò *Iguanodon*. In seguito, nel 1825, forte di queste osservazioni, tenne una relazione completa sulla sua scoperta dinanzi alla *Royal Society*.

### ***E gli altri studiosi, come si comportavano sull'argomento?***

Negli stessi anni, William Buckland (il più stimato geologo d'Inghilterra, presidente della *Geological Society*), stava esaminando delle ossa trovate presso Oxford, comprendenti una mandibola con grossi denti seghettati. Egli concluse che dovevano appartenere a un rettile, ma non dedicò loro molta importanza, forse perché impegnato ad approfondire altri aspetti geologici. Fu invece James Parkinson (più noto per la scoperta del morbo che porta il suo nome) che nel luglio del 1822, due mesi dopo la pubblicazione di Mantell, dichiarò che i denti appartenevano a un rettile molto lungo, che chiamò *Megalosaurus*. Due anni dopo, nel 1824, lo stesso Buckland descrisse quei reperti in ogni particolare, confermandone il nome. Ciò spiega la confusione, che persiste ancora oggi, nell'assegnare la priorità per la scoperta dei primi fossili di dinosauro riconosciuti come tali.

### ***E il tuo parere a riguardo?***

Non c'è dubbio che la prima vera e dettagliata descrizione di un dinosauro sia quella di Buckland del 1824, perché quella di Parkinson, due anni prima, era solo una nota scientificamente incompleta. Ma è anche assodato che fu Mantell il primo a pubblicare i disegni dei suoi ritrovamenti e soprattutto a capire di essere di fronte a qualcosa di straordinario, che avrebbe cambiato per sempre la cognizione del passato geologico del nostro pianeta. Per questo e anche per la grande passione e dedizione che Mantell dedicò ai suoi studi, credo proprio si meriti il gradino più alto del podio.

# Entropia e freccia del tempo

Dott. Alex Casanova

---

Titolo: **2nd Law - Unsustainable & Isolated System**

Autore: *Muse*

Album: *2nd Law*

Anno di pubblicazione: *2012*

Durata: *4' 58"*

---

*Unsustainable*

*All natural and technological processes proceed in such a way that the availability of the remaining energy decreases.*

*In all energy exchanges, if no energy enters or leaves an isolated system, the entropy of that system increases.*

*Energy continuously flows from being concentrated, to becoming dispersed, spread out, wasted and useless.*

*New energy cannot be created and high grade energy is being destroyed. An economy based on endless growth is...*

*Unsustainable*

*You're unsustainable*

*The fundamental laws of thermodynamics will place fixed limits on technological innovation and human advancement.*

*In an isolated system the entropy can only increase.*

*A species set on endless growth is...*

*Unsustainable*

*You're unsustainable*

*Isolated System*

*In an isolated system, entropy can only increase*

*In an isolated system, entropy can only increase*

*In an isolated system*

*In an isolated system (entropy)*

*Isolated system*

*(Entropy can only increase)*

*Isolated system*

*Isolated*

*Isolated (system)*

*Isolated*

*Isolated (system)*

*Isolated (entropy)*

*Isolated*

*Isolated*

*Isolated*

## **Abbiamo ascoltato una canzone dei Muse... qual è il suo titolo?**

Il brano di cui abbiamo ascoltato l'inizio si intitola "2nd law, Unsustainable"; un brano dei Muse con strane sonorità tecno-elettroniche di chiara ispirazione fisica, cosa non nuova per il gruppo rock britannico nato nel 1992. Con "Origin of symmetry" e "Black Holes and Revelations" abbiamo altri esempi di come la band di Matthew Bellamy trovi spesso ispirazione in importanti concetti di fisica moderna. Con questo loro ultimo lavoro del 2012 i Muse trovano lo spunto da una basilare legge della fisica classica.



### ***Di che legge di tratta?***

Della legge che dà il titolo non solo al brano che stiamo ascoltando in sottofondo, ma anche all'intero album: la seconda legge della termodinamica. A dire il vero questo album si conclude con due canzoni dedicate a questa legge: "Unsustainable" e "Isolated System". Nella prima, i Muse proclamano l'insostenibilità del modello di sviluppo tecnologico moderno basato su una crescente richiesta energetica, mentre nella seconda, quasi ossessivamente e con tono inquietante, ripetono l'enunciato della seconda legge.

### ***Ecco, vuoi dirci qual è l'enunciato di questa legge così importante?***

Cito direttamente i Muse: "in un sistema isolato, l'entropia può solo crescere". Sintetica, ma tutt'altro che semplice. Dietro questo enunciato in realtà si nasconde una legge con profonde implicazioni concettuali.

### ***In effetti questa legge è compatta ma alcuni termini penso vadano approfonditi; entropia, sistemi isolati... ci sono diverse cose da capire...***

Guarda, Donatella, partirei dal concetto di sistema isolato...

### ***Ok...***

In fisica si parla di sistema quando un oggetto, o un insieme di oggetti, può essere facilmente individuato rispetto all'esterno. Possiamo per esempio pensare all'aria contenuta nella stanza in cui ci troviamo: è un sistema fisico, ma non è isolato. Isolato in fisica significa che il sistema non scambia con l'esterno energia in alcuna forma: è isolato termicamente, cioè non scambia calore con l'esterno, non scambia materia con l'ambiente esterno e non risente di variazioni di pressione dall'esterno. La nostra stanza è tutt'altro che isolata: scambia energia termica con l'esterno e l'aria entra ed esce da porte e finestre anche se chiuse. Un sistema isolato è qualcosa di ermeticamente chiuso che non scambia energia con l'esterno.

### ***Ho guardato il testo dei Muse e citando direttamente: "se l'energia non entra e non esce da un sistema, l'entropia cresce". Quindi i Muse hanno ben descritto un sistema isolato...***

Direi di sì, Donatella.

### ***Rimane da definire il concetto di entropia...***

Un concetto difficile: l'entropia può essere definita come una misura del disordine di un sistema fisico.

### ***Cosa si intende per disordine in questo contesto Alex?***

Continuiamo con l'esempio di prima: l'aria contenuta nella stanza in cui ci troviamo; sappiamo che è un gas e sappiamo, o comunque possiamo intuire, che questo gas sia composto da un gran numero di particelle. Tutte queste particelle si muovono in modo caotico con velocità differenti e in direzioni differenti; è il più semplice modello meccanico per descrivere a livello microscopico un gas. Ora, l'aria nella nostra stanza si trova ad una certa temperatura, per esempio 20°C; questa temperatura è proporzionale all'energia cinetica media delle molecole del gas.

***Aspetta un attimo; questo significa che la temperatura che misuriamo in casa con il termometro si associa al movimento delle particelle del gas?***

Esattamente, è un profondo ed importante legame tra una variabile macroscopica facilmente misurabile come la temperatura e variabili microscopiche invisibili come la velocità, o in senso lato il movimento, delle particelle in moto caotico intorno a noi. Il fatto importante è che un gas ad una certa temperatura può essere rappresentato da più configurazioni microscopiche delle particelle, cioè ogni singola particella può avere velocità differenti da configurazione a configurazione, l'importante è che l'energia cinetica media, che si lega alle velocità, non cambi. Ecco, il disordine di un sistema è dato dal numero di configurazioni microscopiche che rappresentano un certo valore di temperatura.

***Quindi il disordine del sistema si associa al mondo microscopico...***

Sì, Donatella. Il disordine di un sistema è legato al modello microscopico che utilizziamo per descrivere il mondo macroscopico. Tornando al concetto di entropia, la seconda legge della termodinamica ci dice che il disordine di un sistema isolato è destinato a crescere; è una legge molto importante, perché sancisce il fatto che un sistema fisico evolve spontaneamente verso stati ad entropia via via crescente.

***Torniamo a parlare di entropia e disordine; dicevi che un sistema fisico evolve spontaneamente verso stati ad entropia maggiore...***

Esatto, il nostro Universo, che è il sistema isolato per antonomasia, evolve spontaneamente verso stati sempre più disordinati, cioè stati che a livello microscopico si possono realizzare attraverso molte più configurazioni dinamiche. L'aspetto importante del secondo principio della termodinamica è quello di sancire un verso privilegiato di evoluzione dei fenomeni naturali, ovvero i fenomeni naturali tendono a svilupparsi spontaneamente in un verso ben determinato. In buona sostanza, possiamo dire che il secondo principio della termodinamica determina il verso della freccia del tempo.

***Cosa intendi per freccia del tempo Alex?***

È percezione comune che il tempo fluisca in modo inarrestabile; quando parliamo di “freccia del tempo” parliamo del verso del fluire del tempo. La termodinamica, ed in particolare il secondo principio protagonista dell'album dei Muse, evidenzia il perché il tempo fluisca secondo un verso privilegiato. Vorrei fare un esempio abbastanza didattico.

***Di cosa si tratta?***

Torniamo all'aria contenuta nella stanza in cui ci troviamo e ipotizziamo che nella stanza accanto sia stato fatto il vuoto. Non appena apriamo la porta che separa le due stanze, l'aria tenderà ad espandersi occupando tutto il volume a disposizione. È una tendenza naturale di tutti i gas quella di occupare tutto il volume a disposizione. Ma questo non è dovuto ad un effetto dinamico di spinta sulle singole particelle del gas, è qualcosa dovuto all'insieme di miliardi e miliardi di molecole che nel complesso tendono ad evolvere verso stati di massimo disordine. Espandersi in modo da occupare tutto il volume a disposizione significa far aumentare il disordine del sistema. Questa tendenza naturale di un gas all'espansione è figlia della seconda legge della termodinamica.

### ***Significa che un fenomeno naturale non può svolgersi al contrario?***

Beh, esistono fenomeni che possono svilupparsi in entrambi i versi in maniera simmetrica, tanto avanti quanto indietro nel tempo, tanto la reazione diretta quanto la reazione inversa. Ma questo coinvolge singole particelle e la loro specifica dinamica. Quando prendiamo però in considerazione aggregati macroscopici di un gran numero di particelle, le cose cambiano e la termodinamica prende il sopravvento. Poi ci sono anche curiosi teoremi.

### ***Quali teoremi?***

Si tratta del Teorema di ricorrenza di Poincaré. Questo teorema stabilisce che un sistema dinamico può evolvere in modo tale da tornare nella sua configurazione di partenza dopo un tempo sufficientemente lungo. Come dire che l'aria della nostra stanza dopo essersi espansa anche nella stanza accanto, si muova spontaneamente rientrando solo nella nostra camera e facendo il vuoto nella stanza accanto.

### ***Cosa pressoché impossibile...***

Certo Donatella, il gas tende spontaneamente ad espandersi e non a compiere il processo inverso; tuttavia, con una buona dose di pazienza potrebbe accadere anche il contrario.

### ***Si può quantificare questa pazienza?***

In realtà, sì; Ludwig Boltzmann, uno dei padri della termodinamica, stimò che il tempo per ritornare alla configurazione dinamica di partenza dipendesse dal numero di particelle che compongono il sistema in esame; nel caso di un gas, avendo a che fare con miliardi di particelle, il tempo sarebbe di gran lunga superiore all'età dell'Universo. Quindi direi che bisognerebbe armarsi di una pazienza sconfinata.

# L'elettricità

Dott. Fabiano Nart

---

Titolo: **Electricity**

Autore: *Elisa*

Album: *Lotus*

Anno di pubblicazione: 2003

Durata: 4' 09"

---

*Your daughter.. she's a dancer*

*Living in Buenos Aires*

*Sleeping on a mattress on the floor*

*Yes, sleeping on a mattress on the floor*

*Did you ever ask her how she feels?*

*Did you ever ask her if she feels?*

*Electricity through her body*

*That one thing that can make one happy*

*Like electricity through a body*

*Your father he's a rich man*

*And he's got many questions*

*He always wakes up with you in his head*

*He always wakes up with you in his head*

*And did you ever ask him how he feels?*

*And did you ever ask him how he feels?*

*That electricity through his body*

*That one thing that can make one happy*

*Like electricity through a body*

*It's that one thing that can make one happy, yeah*

*Your daughter is a woman living with her lover*

*And she's trying to do the best that she can*

*Yeah she's trying to do the best that she can*

*And did you ever ask her how she feels?*

*And did you ever ask her if she feels?*

*Electricity through her body*

*That one thing that can make one happy*

*Like electricity through your body*

*That one thing that can make you happy*

*And you don't need to have more, oh no, oh no,*

*Oh no, you don't need to have more*

*You don't need to ask for more*

*You don't need to ask for more*

*You don't need to have more.*

***Ascoltando il testo di questa canzone, la cantante pronuncia spesso la parola "electricity", per cui immagino tu voglia parlare di questo tema.***

Sì, oggi vorrei parlare dell'elettricità! Parola che deriva dal greco e vuol dire "ambra" e non per caso, in quanto l'ambra nel passato era una sostanza nota per le sue capacità di elettrizzarsi per strofinio. Si parla in questo caso di fenomeno elettrostatico, in quanto siamo in presenza di un campo elettrico statico. Più generalmente, l'elettricità è un fenomeno che ha a che fare con una delle forze fondamentali, quella elettromagnetica.

## ***E quando si manifesta questa forza?***

Questa forza si manifesta quando siamo in presenza di corpi carichi, nello specifico dato che i fenomeni elettrici sono la rappresentazione macroscopica di certi fenomeni microscopici, questi corpi carichi sono i nuclei degli atomi, gli ioni, molecole ionizzate e gli elettroni. Questi ultimi sono proprio le particelle che costituiscono la corrente elettrica.

### ***Gli elettroni sono negativi giusto?***

Esatto, gli elettroni sono negativi. A differenza della forza di gravità, che è solo attrattiva e per il fatto che la forza elettromagnetica esiste in presenza di cariche elettriche, questa può essere sia attrattiva che repulsiva. Attrattiva in caso di corpi con cariche opposte, repulsiva in caso di cariche uguali.

### ***Tu continui a chiamare questa forza usando il termine elettromagnetico, quindi unisci elettrico con magnetico, come mai?***

Lo faccio perché è stato dimostrato che la forza elettrica e quella magnetica hanno la stessa natura, cioè sono dovute alla stessa cosa, le cariche elettriche, appunto. Un oggetto carico, come l'elettrone, se si mette in moto oltre al campo elettrico che è intrinseco, crea attorno a sé un campo magnetico. Si crea quindi un campo elettromagnetico. È il principio della dinamo.

### ***Perché? Come è fatta una dinamo?***

Semplicemente una calamita avvolta da una spirale di cavo elettrico in rame. La calamita è collegata alla rotella che poggia sullo pneumatico, quindi ruota. Ma ruota dentro una spirale di filo elettrico. Questo movimento, analogamente al movimento di una carica elettrica, crea un flusso di elettroni che fluiscono nei cavi arrivando alla lampadina, che si accende. Quindi una carica elettrica in movimento crea un campo magnetico, ma anche un magnete in movimento crea un campo elettrico.

### ***Quindi mi stai dicendo che l'elettricità è flusso di elettroni?***

Proprio così, la corrente elettrica è dovuta ad un flusso di elettroni all'interno dei fili di rame. Noi usiamo il rame per motivi di economicità e di resa, ma potremmo usare un qualsiasi metallo.

### ***Posso capire l'economicità, ma mi spieghi la resa?***

Quando un flusso di elettroni percorre un filo metallico, o comunque un corpo metallico, questo innalza la temperatura del corpo. Questo equivale a dire che parte dell'energia che ci serve per compiere un lavoro (ad esempio mettere in azione un motore) viene dissipata sotto forma di calore nell'ambiente esterno. Questo fenomeno è detto effetto Joule.

### ***Immagino che si sia scelto il rame per un giusto compromesso.***

Esattamente Donatella. Potrei, ad esempio, fare tutti i fili elettrici con l'oro, in quanto questo ha capacità conduttive maggiori e dissipa meno energia sotto forma di calore. Ma costerebbe troppo! Oppure potrei fare i fili elettrici in zinco o ferro, ma con scarse proprietà conduttive. Il rame è il giusto compromesso di costo ed efficienza.

### ***Ok, l'elettricità è flusso di elettroni. Ma mi spieghi come avviene?***

Per spiegare come avviene il flusso di elettroni dobbiamo interpellare il legame metallico, tipico appunto degli elementi metallici. Nei metalli i vari atomi costituenti non sono collegati tra di loro da legami chimici, come accade ad esempio per la molecola di ossigeno  $O_2$ , ma sono disposti in questo modo: i nuclei carichi positivi sono disposti in maniera ordinata a formare un reticolo all'interno di un mare costituito dai vari elettroni, quindi le controparti negative dei rispettivi nuclei. È un legame chimico delocalizzato.

### ***Quindi tutti gli elettroni vanno a formare questo mare?***

Non proprio tutti, ma solo quelli di valenza, ovvero quelli dell'orbitale atomico più esterno. Questi elettroni sono molto mobili e sono responsabili dell'elettricità, quindi del flusso di elettroni. Se guardiamo ad esempio alla posizione del rame o dell'oro nella tavola periodica, vediamo che hanno un elettrone esterno spaiato, quindi libero di muoversi. Se guardiamo al ferro o allo zinco ci renderemo conto che invece l'orbitale più esterno ha una coppia di elettroni, quindi meno mobili e quindi sono materiali meno conduttivi. Ma questa è una spiegazione semplicistica.

### ***Tu se non complichì le cose non sei contento, eh? Raccontaci allora la versione più complicata.***

Il fisico svizzero Felix Bloch elaborò il concetto di “teoria delle bande”, basato sulla meccanica quantistica. Prendendo un numero che tende all'infinito di atomi ed applicando l'equazione di Schrödinger si ottiene una successione di livelli energetici, quelli più bassi ad energia più bassa sono occupati da elettroni e definiscono la banda di valenza, quelli più alti ad energia più alta definiscono la banda di conduzione e sono vuoti.

### ***Quindi sono queste bande le responsabili dell'elettricità!***

Eh sì! Difatti, se la banda di valenza contenente gli elettroni non è completamente piena e contigua o addirittura sovrapposta a quella di conduzione, ecco che gli elettroni possono muoversi e creare la corrente elettrica. Se invece le due bande sono un po' più lontane, avendo quindi un gap energetico, possiamo ottenere un semiconduttore drogando con particolari elementi chimici il metallo in questione. In alternativa, possiamo aumentare la temperatura, in questo caso si fornisce energia cinetica agli elettroni che riescono a superare il gap energetico andando nella banda di conduzione. Quando le bande sono molto distanti abbiamo un non conduttore. Secondo questo modello delle bande, si definisce il “livello” o “energia di Fermi” il valore dell'energia che separa il più alto livello energetico occupato, dal più basso livello non occupato nello stato fondamentale a 0K.

### ***Mi pare che la “teoria delle bande” sia decisamente più corretta.***

Sicuramente sì, ma dipende sempre dal grado di precisioni di cui abbiamo bisogno per descrivere un certo fenomeno. La teoria del legame metallico va benissimo per descrivere molte proprietà dei metalli.

### ***Ad esempio?***

La conduzione del calore e la loro opacità e lucentezza sono legate alla mobilità degli elettroni di valenza (elettroni delocalizzati) che incrementano la loro energia cinetica, mentre duttilità e malleabilità sono spiegabili dal libero scorrimento reciproco dei piani reticolari (legami non direzionali), il quale non provoca la distruzione dell'edificio cristallino, in quanto il legame non è costituito da pochi elettroni localizzati, ma da tutti gli elettroni disponibili. La presenza di legami forti all'interno del legame metallico spiega anche altre caratteristiche proprie dei metalli stessi, ovvero l'alta densità, la non solubilità e i punti di ebollizione e fusione molto alti.

# I teoremi

Ing. Paolo Alessandrini

---

Titolo: **Teorema**

Autore: *Marco Ferradini*

Album: *Schiavo senza catene*

Anno di pubblicazione: *1981*

Durata: *4' 13"*

---

*Prendi una donna, dille che l'ami,  
Scrivile canzoni d'amore.  
Mandale rose e poesie,  
Dalle anche spremute di cuore.  
Falla sempre sentire importante,  
Dalle il meglio del meglio che hai,  
Cerca di essere un tenero amante,  
Sii sempre presente, risolvi i guai.  
E sta sicuro che ti lascerà,  
Chi è troppo amato amore non dà.  
E sta sicuro che ti lascerà  
Chi meno ama è il più forte, si sa.*

*Prendi una donna, trattala male,  
Lascia che ti aspetti per ore.  
Non farti vivo e quando la chiami  
Fallo come fosse un favore.  
Fa sentire che è poco importante,  
Dosa bene amore e crudeltà,*

*Cerca di essere un tenero amante  
Ma fuori dal letto nessuna pietà.  
E allora sì, vedrai che t'amerà  
Chi è meno amato più amore ti dà,  
e allora sì, vedrai che t'amerà  
Chi è meno amato è il più forte, si sa.*

*No, caro amico, non sono d'accordo,  
Parli da uomo ferito.  
Pezzo di pane, lei se n'è andata  
E tu non hai resistito.  
Non esistono leggi in amore,  
Basta essere quello che sei,  
Lascia aperta la porta del cuore,  
Vedrai che una donna è già in cerca di te.  
Senza l'amore un uomo che cos'è,  
Su questo sarai d'accordo con me.  
Senza l'amore un uomo che cos'è,  
E questa è l'unica legge che c'è.*

## ***Anche questa volta una canzone italiana, Paolo.***

Già, e si tratta, credo, di una delle canzoni italiane più note, la celebre “Teorema” di Marco Ferradini. Il brano è del 1981, e fu incluso nell’album “Schiavo senza catene”. Per la verità, si trattava di un Qdisc, cioè un 33 giri di vinile dalle dimensioni di un normale LP, ma contenente solo 4 canzoni e non quella decina che di solito si trovavano negli LP; l’esperienza dei Qdisc fu di breve durata, perché fu lanciato alla fine del 1980 e terminò già nel 1985.

## ***Il “teorema” di cui si parla in questa canzone non è un teorema matematico, ma piuttosto legato alla vita e all’amore...***

Sì, per la verità il testo della canzone mette in scena due interlocutori con opinioni opposte rispetto al tema dell’amore e dei rapporti sentimentali: il primo personaggio sostiene che per essere riamati è necessario trattare il partner in modo freddo e spietato, mentre il secondo ribatte che questa visione così cinica è frutto di esperienze traumatiche che hanno inciso negativamente a li-

vello psicologico e che, in realtà, in amore non esistono leggi, o meglio l'unica legge è quella dell'aprire completamente il proprio cuore alla persona che si ama.

***Potremmo dire che il succo della canzone è che non esistono "teoremi" in amore...***

Beh, probabilmente sì: mentre il primo personaggio sostiene di avere dimostrato la sua tesi in modo inoppugnabile, il secondo personaggio smonta la sua argomentazione, osservando che negli affari di cuore non si può ragionare come su un problema matematico.

***In matematica, invece, cosa si intende esattamente per "teorema"?***

Un teorema è semplicemente una affermazione che è stata dimostrata rigorosamente e indiscutibilmente. La parola "teorema" deriva da un termine greco che significa "ciò che si osserva, ciò su cui si riflette"; etimologicamente ha la stessa derivazione della parola "teoria".

***Ma come è fatto un teorema?***

Un teorema è sempre costituito da tre parti: un insieme di ipotesi, che sono le condizioni dalle quali si intende dedurre una certa affermazione; una tesi, che è l'affermazione che si vuole dimostrare essere vera sotto le condizioni stabilite nelle ipotesi; e una dimostrazione, che è il rigoroso procedimento di deduzione logica che si utilizza per provare che se le ipotesi sono vere anche la tesi del teorema è sicuramente vera.

***Puoi farci un esempio di teorema, Paolo?***

Certo. Uno dei teoremi più famosi è il teorema di Pitagora sui triangoli rettangoli. In questo caso, l'ipotesi di partenza è che ci abbiamo un teorema rettangolo, cioè un triangolo con un angolo retto. La tesi, cioè l'affermazione che Pitagora dimostrò, è che da questa ipotesi discende che il quadrato dell'ipotenusa è uguale alla somma dei quadrati dei cateti. La dimostrazione è la successione delle deduzioni logiche che Pitagora riuscì a costruire, sfruttando ovviamente anche altri teoremi noti e altre affermazioni note nell'ambito della geometria euclidea.

***Ma c'è sempre soltanto un modo di dimostrare un teorema?***

No, Donatella, pensa che ad esempio il teorema di Pitagora è stato dimostrato in centinaia di modi diversi! C'è stato persino un presidente degli Stati Uniti, James Garfield, che nel 1876 escogitò una dimostrazione del teorema di Pitagora. Altri teoremi, invece, si prestano di meno ad essere dimostrati in modi diversi e di molti conosciamo una sola dimostrazione.

***Ci sono delle tecniche particolari per dimostrare i teoremi?***

In generale occorre molta abilità matematica, una profonda conoscenza della specifica materia in cui il teorema è inserito, e una certa dose di fantasia e intuizione. Però esistono delle tecniche per così dire standard, che a volte vengono utilizzate, ad esempio il procedimento per assurdo e il metodo di induzione.

***Puoi accennarci qualcosa di queste tecniche, Paolo?***

Volentieri. Il procedimento per assurdo consiste nell'assumere temporaneamente che sia vero il contrario di ciò che si vuole dimostrare: se ad un certo punto si arriva ad una contraddizione,



ciò dimostra che l'assunzione iniziale era falsa, cioè è vera la tesi che si voleva dimostrare. Questo tipo di dimostrazione è utilizzata spesso in molti teoremi ed è anche un tipo di ragionamento logico che veniva molto usato dai filosofi greci.

### ***Il metodo di induzione, invece?***

Questo metodo viene spesso usato, ad esempio, per dimostrare un teorema che afferma che tutti i numeri naturali godono di una certa proprietà. La tecnica consiste nel dimostrare due cose: 1) che la proprietà sussiste per il numero più piccolo, ad esempio zero; 2) nel dimostrare che se la proprietà sussiste per un certo numero, allora sussiste anche per il numero successivo. È un po' come il gioco del domino. Per far cadere tutte le tessere da domino disposte lungo una fila sono sufficienti due condizioni: 1) che cada la prima tessera; 2) che ogni tessera sia posizionata in modo tale che cadendo provochi la caduta della tessera successiva.

### ***Paolo, prima hai detto che spesso per dimostrare un teorema vengono utilizzati altri teoremi...***

Esatto. Ad esempio, un famoso teorema dimostrato da Euclide afferma che esistono infiniti numeri primi; ebbene, Euclide dimostrò questa verità servendosi di un altro celebre teorema, il teorema fondamentale dell'aritmetica, secondo il quale ogni numero naturale maggiore di 1 o è primo o si può esprimere come prodotto di numeri primi, e in quest'ultimo caso la fattorizzazione è unica, se si prescinde dall'ordine dei fattori.

### ***Ma allora, Paolo, si potrebbe dire che da un teorema derivano altri teoremi, da questi ne derivano altri, e così via...***

È proprio così, Donatella. Tutte le varie parti della matematica, la logica e in parte anche la fisica e le altre discipline scientifiche vengono costruite proprio in questo modo: ricavando verità a partire da altre verità, servendosi di procedimenti logici inoppugnabili.

### ***Paolo, se un teorema discende da un altro e questo discende da un altro ancora, a un certo punto risalendo la catena dovremmo trovare dei teoremi che non discendono da altri teoremi...***

Già, in ogni sistema formale, cioè in ogni disciplina scientifica costruita secondo un rigoroso procedimento deduttivo, devono esserci delle verità iniziali che non devono essere dimostrate e che vengono assunte, per così dire, gratis, come se fossero delle affermazioni ovvie. Queste verità gratuite vengono chiamate assiomi o postulati.

### ***Puoi farci un esempio, Paolo?***

Beh, la geometria euclidea fu costruita dal grande matematico greco Euclide sulla base di un insieme di cinque postulati. Ad esempio, il primo di questi postulati afferma che tra due punti qualsiasi è possibile tracciare una e una sola retta. A partire da queste cinque verità assunte come fondamentali, Euclide dimostrò una catena di teoremi collegati tra di loro, fino a costruire in modo rigorosamente deduttivo tutto il grandioso edificio della geometria classica.

### ***E a parte la geometria euclidea?***

Anche l'aritmetica che abbiamo imparato alle elementari, cioè la matematica dei numeri na-

turali (1, 2, 3, ecc.), è stata assiomatizzata, cioè è stata formulata come sistema formale fondato su un certo numero limitato di assiomi e costruito interamente per deduzione, dimostrando teoremi. Questo, però, a differenza della geometria euclidea, è avvenuto in tempi abbastanza recenti: uno dei primi matematici ad effettuare questa operazione fu l'italiano Giuseppe Peano nel 1889.

***Quindi in un sistema formale tutte le verità vengono prima o poi dimostrate come teoremi...***

Beh, Donatella, qui hai toccato un punto dolente, forse il punto più dolente della matematica e della logica degli ultimi cent'anni. Fino al 1931, si pensava che fosse proprio così: cioè che in un qualsiasi sistema di assiomi e teoremi, ad esempio quello costruito da Peano per formalizzare l'aritmetica, tutte le affermazioni vere potessero essere dimostrate rigorosamente e meccanicamente. Magari per alcune di esse poteva volerci un po' di tempo per trovare una dimostrazione, ma, dato che i matematici bravi non mancano, prima o poi qualcuno sarebbe riuscito a dimostrare tutte le verità del sistema formale.

***E invece?***

Invece nel 1931 un venticinquenne logico austriaco, Kurt Gödel, dimostrò uno dei teoremi più importanti di tutti i tempi: il famoso teorema di incompletezza. Si potrebbe dire che è un teorema che parla di teoremi, perché afferma che in un sistema come quello di Peano ci sono delle affermazioni che, pur essendo vere, non sono in alcun modo dimostrabili. In altre parole, sistemi formali come quello di Peano non sono completi, cioè non sono in grado di "dire tutta la verità", per usare un'espressione di tipo "giuridico".

***Immagino che questo teorema abbia gettato nello sconforto molti matematici dell'epoca...***

Sì, il teorema di Gödel fu davvero un risultato sorprendente e sconcertante, perché mostrava che verità e dimostrabilità sono due concetti ben diversi e che esistono delle affermazioni matematiche che concettualmente non potranno mai essere dimostrate.

***Ma esistono delle affermazioni che sono ritenute vere e che nessuno, finora, è riuscito a dimostrare?***

Sì, ce ne sono davvero tante, in tutte le branche della matematica, e sono chiamate "congetture". Una congettura, in sostanza, è una "candidato teorema", che però non possiamo chiamare teorema finché qualcuno non riuscirà a dimostrarlo rigorosamente.

***Puoi fare qualche esempio di famose congetture?***

Forse le congetture più famose e affascinanti sono quelle che hanno a che fare con i numeri primi: ad esempio quella di Goldbach, che afferma che ogni numero pari maggiore di 2 è la somma di due numeri primi; oppure la celeberrima ipotesi di Riemann, anch'essa legata ai numeri primi e riguardante la distribuzione degli zeri non banali della funzione zeta di Riemann. La dimostrazione dell'ipotesi di Riemann è considerata il più importante problema irrisolto della matematica: chi riuscirà a dimostrarla, cioè a trasformarla da congettura a teorema, vincerà un premio da un milione di dollari, ma soprattutto diventerà probabilmente il matematico più famoso di tutti i tempi.

### ***Quindi c'è una grande differenza tra teorema e congettura***

Sì, assolutamente: un teorema è una verità accertata definitivamente, senza possibilità di ripensamenti o di discussioni, mentre una congettura è un'ipotesi che intuitivamente ci sembra vera, ma che nessuno ha provato con certezza. Purtroppo, leggendo i giornali o ascoltando la tv o la radio, soprattutto nelle cronache politiche, si sente spesso parlare di “teoremi”, con il significato di illazione o tesi arbitraria sostenuta da una parte politica senza prove oggettive o dimostrazioni certe. Questo utilizzo del termine “teorema”, ormai l'abbiamo capito bene, è del tutto improprio, perché si dovrebbe piuttosto adoperare il termine “congettura”. Come diceva Nanni Moretti in “Palombella rossa”, “le parole sono importanti”, e speriamo che i giornalisti la smettano di parlare di teoremi in modo così disinvolto e impreciso.

# Dinosauri in Italia

Dott. Manolo Piat

---

Titolo: ***L'animale***

Autore: *Franco Battiato*

Album: *Mondi Lontanissimi*

Anno di pubblicazione: 1985

Durata: 3' 15"

---

*Vivere non è difficile potendo poi rinascere  
cambierei molte cose un po' di leggerezza e di stupi-  
dità.*

*Fingere tu riesci a fingere quando ti trovi accanto a  
me*

*mi dai sempre ragione e avrei voglia di dirti  
ch'è meglio se sto solo...*

*Ma l'animale che mi porto dentro*

*non mi fa vivere felice mai*

*si prende tutto anche il caffè*

*mi rende schiavo delle mie passioni*

*e non si arrende mai e non sa attendere  
e l'animale che mi porto dentro vuole te.*

*Dentro me segni di fuoco è l'acqua che li spegne  
se vuoi farli bruciare tu lasciali nell'aria  
oppure sulla terra.*

## ***Buongiorno Manolo, puntata dedicata al cantautorato italiano.***

Buongiorno Donatella, oggi sarà il grande Franco Battiato a farci compagnia con "L'animale", canzone tratta da "Mondi Lontanissimi", il suo quattordicesimo album in studio, pubblicato dalla EMI il 5 marzo 1985. Il disco, anticipato dai due singoli "No Time No Space/Il re del mondo" e "Via Lattea/L'animale", raggiunse il terzo posto in classifica.

## ***Cosa ci puoi dire di questo testo?***

"L'animale" è una canzone di difficile interpretazione, in cui Battiato affronta il tema delle brutali potenzialità interiori in maniera volutamente ambigua. Se è vero che esiste una natura che spinge verso l'impulsività, da un altro punto di vista, questa consapevolezza può essere la formula di un'introspezione salutare e di alto valore evolutivo. Conoscere i lati oscuri della nostra personalità, equivale in un certo senso ad esorcizzarli; è proprio "l'animale" che ci portiamo dentro, che ci rende schiavi delle nostre passioni e allo stesso tempo ci priva delle nostre emozioni più grandi.

## ***A quale argomento scientifico si riferisce la canzone che hai scelto?***

L'animale a cui mi riferisco non è altro che *Ciro*, ovvero lo *Scipionyx samniticus*, il primo dinosauro che sia mai stato trovato in Italia. Ho scelto questo riferimento perché ci volle parecchio tempo, dopo la scoperta, per capire di quale animale si trattava e quindi per dargli un nome scientifico. Ma ci arriveremo tra un attimo, prima facciamo una piccola premessa su quella che è stata la storia della ricerca di dinosauri nel nostro Paese.

## ***Facciamo un po' di luce, allora!***

Per lungo tempo e fino a 30-40 anni fa, gli studiosi hanno ritenuto che in Italia non si sarebbero mai trovati resti di dinosauri, in quanto si pensava che durante il Mesozoico, ossia l'era dei

grandi rettili, il nostro territorio fosse un ampio golfo marino. Le prime testimonianze fossili di dinosauri trovate sul suolo italiano furono delle impronte (ad esempio, sui Lavini di Marco, sulle Dolomiti, ad Altamura in Puglia), come quelle a noi familiari del Pelmetto. Questi ritrovamenti dimostrano che non tutta l'Italia era coperta dal mare, ma vi erano almeno alcune aree emerse connesse alla terraferma, su cui “passeggiavano”, per così dire, i dinosauri. Mancava però la “pistola fumante”, ovvero i resti scheletrici di queste creature, ma non fu necessario aspettare ancora molto.

### **Qual è stato il passo successivo?**

Il primo ritrovamento scheletrico fu proprio lo *Scipionyx samniticus*, denominato “Ciro”, raccolto nel 1980 nel giacimento di Pietraraja, presso Benevento. Negli anni successivi venne alla luce nei pressi di Trieste il più grande e completo dinosauro mai ritrovato in Italia. Venne rinominato “Antonio”, si trattava in realtà di un *Tethyshadros insularis*, molto affine ai dinosauri “a becco ad anatra”, quindi un Adrosauro. Il terzo e ultimo venne alla luce a Saltrio (VA) nel 1996: si tratta del primo grande dinosauro carnivoro italiano, lungo circa 8 m, nominato *Saltriosauro*. Nel 2005 è stato ritrovato un solo osso di dinosauro, in una grotta di Capaci, a Palermo.

### **Ricordo di aver sentito parlare di *Ciro*. Puoi dirci qualcosa in più?**

È proprio il caso di dedicare qualche parola in più allo *Scipionyx*, sia perché, come detto, è stato il primo dinosauro italiano, sia perché è un ritrovamento eccezionale, anzi è stato definito “la scoperta paleontologica del secolo”. Il nome deriva da Scipione Breislack, geologo che fu il primo a segnalare la presenza di pesci fossili a Pietraraja nel 1798 e da *onyx* per gli artigli delle sue zampe anteriori, mentre *samniticus* è un omaggio alla regione in cui è vissuto, il Sannio.

### **E che tipo di organismo era?**

Ciro era un piccolo dinosauro bipede, vissuto circa 113 milioni di anni fa, nel Cretacico. Quando è morto, era un cucciolo da poco uscito dal nido, lungo appena 50 cm, aveva quindi tutte le caratteristiche dei cuccioli, come degli occhi enormi e un muso tondo. Da adulto sarebbe stato lungo 1,5-2 m, con un peso di circa 20 kg e sarebbe stato molto simile al *Velociraptor*, con cui probabilmente era imparentato. Si nutriva di pesci e rettili (e lo sappiamo per certo perché i resti sono stati ritrovati nello stomaco) e probabilmente di piccoli invertebrati.

### **Ma cosa lo rende “la scoperta del secolo”?**

Lo stato di conservazione di *Ciro* è eccezionale; da un punto di vista scheletrico è privo soltanto della punta della coda e della parte inferiore delle zampe posteriori. Ma soprattutto, come hanno dimostrato numerose analisi, è l'unico dinosauro finora rinvenuto al mondo di cui siano visibili alcune parti molli: l'intestino, con i resti dell'ultimo pasto, fegato, trachea, occhi, porzioni della pelle e fibre muscolari. Addirittura, si sono conservate parti del sistema venoso e tracce dei globuli rossi e proprio grazie a questo si è fatta l'ipotesi che fosse un animale a sangue caldo.

### **Come è avvenuta la sua scoperta?**

L'esemplare fu rinvenuto nel 1980 a Pietraraja (BN), sito famoso per la qualità dei reperti, dal sig. Giovanni Todesco, un appassionato di fossili di San Giovanni Ilarione (VR), che lo salvò da distruzione certa, in quanto il sito era adibito a cava e le ruspe si stavano avvicinando rapidamente. Il sig. Giovanni recuperò 9 reperti, 8 dei quali erano pesci e l'ultimo era una creatura non meglio

identificata, ossia *Ciro*. Credendolo una semplice lucertola, lo conservò fino al 1993, quando, folgorato dal film “Jurassic Park”, comprese che forse poteva essere qualcosa di diverso. Si rivolse allora al paleontologo Giorgio Teruzzi del Museo di Storia Naturale di Milano, che lo identificò, non senza una certa emozione, come un piccolo dinosauro, il primo ad essere trovato in Italia.

### ***E a quel punto cosa succede?***

Todesco fa l'unica cosa che ogni vero appassionato di fossili avrebbe fatto: decide di consegnare il fossile al museo di Salerno, struttura di riferimento per i ritrovamenti di quella regione. Il problema è che, dopo un'accoglienza fredda, le istituzioni lo “premano” con una denuncia per furto, i carabinieri e la soprintendenza gli perquisiscono casa e gli sequestrano l'intera collezione. Alla presentazione ufficiale del fossile, tenutasi a Milano, Giovanni fu obbligato a non presentarsi.

### ***Un bel modo per ringraziarlo...***

Per fortuna la storia ha un lieto fine. Nel 2004 arriva la sentenza di assoluzione da ogni addebito e, anzi, il giudice ringrazia pubblicamente Giovanni Todesco definendolo “*un benemerito della ricerca e salvaguardia dei Beni culturali*”. E io mi accodo, ringraziando il signor Giovanni e tutti gli appassionati che contribuiscono a far luce sul passato del nostro pianeta...

# La temperatura

Dott. Fabiano Nart

---

Titolo: **Fever**

Autore: *Aerosmith*

Album: *Get a grip*

Anno di pubblicazione: 1993

Durata: 4' 16"

---

*I got a rip in my pants  
And a hole in my brand new shoes  
I got a Margarita nose  
And a breath full of Mad Dog Booze*

*I got the fever, fever, fever, fever*

*Yeah, they threw me outta jail  
I tell ya it ain't fair  
i tried to kiss the judge  
From the electrica' chair*

*Rit.: Yeah we're all here  
'Cause we're not all there tonight*

*The guitar's cranked  
And the bass man's blown a fuse  
And when the whole gang bangs  
Then what is your excuse?*

*I got the fever, fever, fever, fever*

*Fever gives you lust with an appetite  
It hits you like the fangs  
From a rattlesnake bite*

*Rit.: (...)*

*We can't run away from trouble  
There ain't no place that far  
But if we do it right at the speed of light  
There's the backseat of my car - caviar  
I was feelin' so high I forgot what day*

*Now I'm feeling low down  
Even slow feels way to fast  
And now the booze don't work  
'Cause the drugs ran out of gas  
I got the fever, fever, fever, fever*

*The buzz that you're gettin'  
From the crack don't last  
I'd rather be O.D.in' on the crack of her ass*

*Rit.: (...)*

*My first time ever lover  
We fell asleep out on the lawn  
And when I woke up I was all alone  
Making love to the crack of dawn  
So yo, I beg yo pardon sir  
The gangster of love rides again*

*You now I gotta chill  
It gimme such a thrill  
Like a burnin' plague Yeah get outta my way*

*Fever may be Hell and a cross to bear  
As long as I'm in heaven, honey I don't care  
You look so good baby, look so fine  
I tell you you're the image of a perfect crime  
You get so tired holdin' on so tight  
If you think you're goin' crazy  
Well you may be right*

*Rit.: (...)*

### ***Energia pura con “Fever” degli Aerosmith, canzone di molti anni fa.***

Canzone del 1993, album “Get a grip”. Testo come sempre non semplice da interpretare quello degli Aerosmith, ma credo tu abbia subito capito di cosa parleremo oggi.

### ***Visto il titolo della canzone e la parola che si ripete spesso, penso tu oggi ci parlerai della febbre.***

Più o meno... non proprio della febbre, ma di un concetto spesso ritenuto banale, ma molto importante e non così univoco, ovvero la temperatura.

### ***Sai che in effetti hai ragione, credo non sia nemmeno semplice definire la temperatura!***

La temperatura è una grandezza termodinamica, quindi correlata ai trasferimenti di calore/energia ed è una proprietà fisica scalare ed intensiva, definibile per mezzo di una grandezza fisica, che indica lo stato termico di un corpo o di un sistema.

### ***Aspetta aspetta... hai detto intensiva, cosa vuol dire?***

In termodinamica, per proprietà intensiva si intende una proprietà che non dipende dalla massa del sistema in oggetto; oltre alla temperatura possiamo citare la pressione. Se invece una proprietà dipende dalla massa, quindi dall'estensione, si dice estensiva; un esempio è il volume.

### ***E scalare invece cosa vuol dire?***

Scalare vuol dire che la proprietà è definita semplicemente da un numero e non dipende da un sistema di riferimento spaziale o dalle dimensioni dello spazio. Per indicare la temperatura ci basta, ad esempio, dire 25°C, mentre se dico 50 km/h non dico tutto, devo dire se l'oggetto si sta muovendo verso destra o verso sinistra rispetto ad un sistema di riferimento. In questo ultimo caso si parla di proprietà vettoriale.

### ***Ci faresti un esempio facile facile?***

Immagina un contenitore da 5 litri riempito d'acqua a 20°C. Immagina ora di togliere 2 litri, ne rimangono 3, quindi il volume è cambiato, ma la temperatura rimane ancora a 20°C!

### ***La temperatura è la misura dell'energia o del calore di un corpo?***

Assolutamente no! Grosso errore! La temperatura non è correlata all'energia o al calore di un corpo, dà invece, come detto prima, informazioni sullo stato termico. Se fornisco calore o energia ad un corpo, la sua temperatura salirà; se invece sottraggo energia o calore al corpo, diminuirà la sua temperatura.

### ***Sì, ok, però da cosa dipende questa temperatura?***

A livello microscopico, la temperatura è sinonimo di agitazione molecolare, cioè del movimento casuale e statistico degli atomi o delle molecole. Fornendo energia o calore ad un sistema, le molecole e gli atomi costituenti inizieranno a muoversi sempre di più e velocemente, con conseguente aumento della temperatura. Questo nel caso più generale, in quanto in alcuni particolari casi possiamo fornire energia senza necessariamente innalzare la temperatura.



### ***Ah sì? Ad esempio?***

Ad esempio, se metti un termometro nella pentola dell'acqua della pasta ed accendi il gas, vedrai che la temperatura sale da, per esempio 10°C, a circa 98°C (qui a Belluno). A questo punto l'acqua bolle e la temperatura non sale più. Eppure la fiamma del gas continua a riscaldare l'acqua, quindi a fornire energia. Dove è andata tutta questa energia?

### ***Appunto, dove è andata?***

Questa energia serve all'acqua per il cambiamento di stato, per passare da liquida ad aeriforme. E siccome il termometro non sale più, si parla di calore latente, proprio perché “nascosto”.

### ***Mi spieghi perché nei termometri si trova il mercurio?***

Semplicemente per una questione di praticità. Mi spiego meglio: i primi termometri erano ad alcool, ma la lunghezza del capillare era più grande in quanto, a parità di temperatura, la dilatazione del liquido è maggiore di quella del mercurio. Difatti il liquido dentro il capillare sale perché all'aumentare della temperatura la sostanza si dilata. Il mercurio ci permette di avere una accettabile e pratica lunghezza del capillare, quindi del termometro.

### ***E noi di solito misuriamo la temperatura in gradi centigradi.***

Almeno in Europa, sì! Fu Anders Celsius, un fisico svedese, ad elaborare la scala Celsius ed in maniera abbastanza banale. A livello del mare inserì il capillare con mercurio nel ghiaccio, lo portò a fusione e segnò lo zero; poi inserì il capillare nell'acqua e segnò 100 quando era in ebollizione. Divise quindi la scala in cento tacche. Attualmente non è più accettato dalla comunità scientifica la dicitura “grado centigrado”, ma si usa “grado celsius”. Però non è l'unica unità di misura.

### ***Infatti, se non ricordo male esiste il grado Fahrenheit***

Guarda, mi fai venire in mente un aneddoto. Durante l'estate scorsa ero al telefono con dei colleghi americani del Texas e questi mi dissero “Qui da noi stiamo lavorando con 99 gradi” ed io obiettai che non era possibile! Poi ricordai che loro usano il sistema metrico anglosassone e che 99°F corrispondono a circa 37°C.

### ***Ma come è definito il Fahrenheit?***

Più o meno come la scala Celsius, però il punto di fusione del ghiaccio è segnato a 32 e l'ebollizione dell'acqua a 212. Per cui vale la relazione  $T(^{\circ}\text{C}) = 5/9 [T(^{\circ}\text{K}) - 32]$ . Fu ideata dal fisico tedesco Gabriel Fahrenheit. Ma non è finita qui, se vogliamo parlare dei gradi usati!

### ***Perché? Quanti ne esistono?***

Ti posso parlare del Kelvin (attenzione, con questa scala non si usa la parola “grado” e il simbolo °), sviluppata dal fisico irlandese William Thomson, meglio noto come Lord Kelvin, in seguito alla sua nomina a barone. È una scala assoluta, in quanto nasce da considerazioni termodinamiche, quindi incontrovertibili, mentre la scala Celsius dipende dal punto di fusione e di ebollizione dell'acqua, che richiedono la definizione delle condizioni ambientali (temperatura, pressione etc...)

### ***E quali sono queste considerazioni termodinamiche?***

Il punto triplo dell'acqua, ovvero quelle particolari condizioni di temperatura e pressione in

cui coesiste l'acqua nelle tre forme di aggregazione: liquido, solido, aeriforme. Inoltre, si parte da un concetto fondamentale: esiste un valore minimo assoluto della temperatura. E questo valore si stabilisce in  $-273,16^{\circ}\text{C}$ , grazie a dei semplici calcoli termodinamici. Ora, sapendo che il punto triplo dell'acqua si realizza a  $0,01^{\circ}\text{C}$  e a  $4,6\text{ mmHg}$  (per confronto la pressione atmosferica è attorno ai  $760\text{ mmHg}$ ), lo zero assoluto è definito come  $1/273,16$  di questo punto.

***E quale è la formula di conversione?***

La formula è molto semplice, difatti  $T(\text{K}) = T(^{\circ}\text{C}) + 273,16$ , quindi basta aggiungere o sottrarre  $273,16$ . È una scala molto vantaggiosa in quanto la differenza di temperatura di  $1^{\circ}\text{C}$  è uguale a  $1\text{K}$ , a differenza dei  $^{\circ}\text{F}$  dove si ha a che fare con i decimali.

# Stranezza e fascino nel mondo dei quark

Dott. Alex Casanova

---

Titolo: **Quark, Strangeness and Charm**

Autore: *Hawkwind*

Album: *Quark, Strangeness and Charm*

Anno di pubblicazione: 1977

Durata: 3' 42"

---

*Einstein was not a handsome fellow*

*Nobody ever called him Al*

*He had a long moustache to pull on*

*It was yellow*

*I don't believe he ever had a girl*

*One thing he missed out in his theory*

*of time, space and relativity*

*Is something that makes it very clear*

*He was never gonna score like you'n'me*

*He didn't know about Quark, Strangeness and Charm*

*I had a dangerous liason*

*To have been found out would've been a disgrace*

*We had to rendezvous some mesons*

*On the corner of an undiscovered place*

*We got sick of chat chat chatter and the*

*look upon everybody's face*

*But all that does not anti-matter now*

*We've found ourselves a black hole in space*

*And we're talking about Quark, Strangeness and Charm*

*Copernicus had those Renaissance ladies*

*Crazy about his telescope*

*And Galileo had a name that made his reputation higher than his hopes*

*Did none of those astronomers discover*

*While they were staring out into the dark*

*That what a lady looks for in her lover*

*is Charm, Strangeness and Quark.*

## ***Che canzone abbiamo ascoltato oggi, Alex?***

Oggi abbiamo ascoltato un brano di un gruppo nato verso la fine degli anni sessanta - inizio anni settanta. Un gruppo tra i più longevi della storia del rock, gli Hawkwind. Rientrano nell'ampio panorama del rock progressivo anni settanta; in particolare, grazie ai loro suoni aggressivi e ai testi fantascientifici, opera del leader del gruppo Dave Brock, possono essere considerati fra le migliori band del cosiddetto "space rock" anni '70.

## ***...e il titolo del brano?***

Il brano è "Quark, Strangeness and Charm", dall'omonimo album del 1977. Dentro la canzone c'è un po' di tutto, anche ospiti illustri, se così si può dire, come Einstein, Copernico e Galilei.

## ***Ma cosa significa il titolo?***

La traduzione letterale in effetti può dirci poco Donatella: quark, stranezza e fascino. In altre parole, il titolo ci porta a parlare di quelle particelle elementari che costituiscono i protoni ed i neutroni all'interno del nucleo atomico, i quark per l'appunto, e di alcune loro caratteristiche.

## ***Beh Alex, fascino e stranezza parlando di particelle mi sembra quanto mai curioso...***

In effetti, Donatella, hai ragione, ma i quark si distinguono anche in base alla loro stranezza e al loro fascino, sebbene in fisica delle particelle queste parole assumano un significato diverso da quello comunemente utilizzato nella lingua di tutti i giorni.

### ***Ecco, in che senso Alex?***

I quark previsti dal Modello Standard, che, per inciso, è quel modello matematico in grado di descrivere i costituenti elementari della materia e le forze fondamentali che legano tra loro questi componenti, sono sei: il quark up, il quark down, il quark strange, il quark charm, il quark top ed il quark bottom. Quindi, fra questi sei quark ci sono anche il quark strano e il quark con fascino; in fisica stranezza e fascino sono proprietà che servono a distinguere e ad individuare i quark. Spesso in fisica ci si riferisce a queste proprietà parlando di sapori; i quark possono avere proprietà in comune, come la carica elettrica, ma la stranezza è una proprietà caratteristica dei quark strani.

### ***Hai parlato di carica elettrica dei quark; cosa puoi dirci?***

I quark hanno una carica elettrica frazionaria; questo significa che la carica elettrica dei quark è una frazione della carica elettrica dell'elettrone, che costituisce l'unità fondamentale per questa proprietà. Per esempio il quark up, il quark charm e il quark top hanno carica positiva pari ai due terzi di quella dell'elettrone, mentre il quark down, il quark strange e il quark bottom hanno carica elettrica negativa pari ad un terzo della carica dell'elettrone.

### ***... e per quanto riguarda la loro massa?***

I quark sono tutte particelle dotate di massa; i più leggeri sono i quark up e down, poi andando in crescendo, troviamo il quark strano, il quark charm, il quark bottom ed infine il quark top, che è il più ciiccotto del gruppo e ha una massa 50.000 volte maggiore del quark up. Quindi esiste una grande differenza di massa all'interno del gruppo dei quark.

### ***Prima dicevi che i quark sono quelle particelle che costituiscono i protoni e i neutroni; cosa significa?***

Ecco, Donatella, i quark sono particelle elementari, sono i mattoni di base con cui costruire la materia che ci circonda. Assemblando più quark possiamo costruire numerose altre particelle, non solo protoni e neutroni. Esiste infatti un modello, il modello a quark, che detta le regole con le quali costruire tutte queste particelle.

### ***Ecco, spiegaci un po' le regole di base...***

Prima devo fare un po' di nomenclatura: le particelle composte da quark prendono il nome di adroni. Si possono poi distinguere due sottogruppi: i barioni, che sono le particelle più pesanti, e i mesoni, che rappresentano invece le particelle più leggere. Secondo il modello a quark, almeno nella versione più semplice, i barioni sono costituiti da tre quark, mentre i mesoni sono composti da un quark e da un antiquark.

### ***Protoni e neutroni come entrano nel gioco?***

I protoni e i neutroni sono barioni, composti quindi da tre quark; in particolare, il protone è

costituito da due quark up e da un quark down, mentre il neutrone è composto da un quark up e da due quark down. Bisogna sottolineare come protoni e neutroni non sono gli unici barioni; ne troviamo molti altri fra le particelle note, così come esistono molti mesoni.

### ***Prima parlavi di un gran numero di particelle, giusto Alex?***

Dici bene; protoni e neutroni sono le particelle più famigliari, di cui sentiamo spesso parlare. In realtà hanno molti amici, fanno parte di una famiglia numerosa. Giusto per chiarire: il protone è stato scoperto sperimentalmente da Ernest Rutherford nel 1919 e il neutrone nel 1932 da James Chadwick. Poi, durante gli anni '30 e '40, grazie a nuove tecniche sperimentali di studio, per esempio, della radiazione cosmica e allo sviluppo tecnologico che portò alla costruzione dei primi acceleratori di particelle, furono scoperte numerosissime particelle ribattezzate con nomi bizzarri.

### ***Vuoi farci qualche esempio?***

Ad esempio i pioni, i kaoni, le particelle sigma, le particelle delta e tante altre... si cominciò così a parlare verso la fine degli anni '50 e l'inizio degli anni '60 di uno zoo di particelle popolato da "strani e affascinanti animalotti"; è in questo contesto storico che si sviluppò il modello a quark.

### ***In che termini Alex?***

Nei termini secondo i quali i fisici teorici dell'epoca cercavano di mettere ordine all'interno di questo zoo, cercando di classificare le particelle scoperte in modo più semplice ed elegante. Fu così che nei primi anni '60 Murray Gell-Mann (che per questo lavoro vinse il Nobel nel 1969) e George Zweig pubblicarono in modo indipendente un modello dove tutte queste particelle erano appunto composte da quark, secondo quanto visto prima.

### ***Ma da dove viene il termine quark?***

Guarda Donatella, la versione che conosco io è che Gell-Mann abbia tratto ispirazione da un libro di James Joyce, il romanzo "Finnegans Wake". Cito testualmente da questo romanzo: *Three quarks for Muster Mark! / [Sure he has not got much of a bark / And sure any he has it's all beside the mark.]* Il significato del termine rimane misterioso, ma ha preso rapidamente piede nella comunità scientifica. Tra l'altro, il modello inizialmente proposto da Gell-Mann prevedeva solo tre quarks, proprio come scritto nel libro di Joyce.

### ***Quando arrivò la prima conferma sperimentale?***

Beh, abbastanza presto. Il modello a quark aveva previsto già nel 1962 l'esistenza di una particella, la cosiddetta omega minus, e ne aveva predetto numerose proprietà: massa, carica elettrica, modalità di decadimento. I fisici sperimentali si misero subito all'opera e la scoperta della particelle prevista dal modello arrivò nel 1964 ad opera di due distinti gruppi di ricerca. Questa scoperta fu un successo del modello a quark, che da lì a poco avrebbe ottenuto ulteriori conferme. Tra l'altro nel corso degli anni sono stati scoperti altri quark: il quark con fascino scoperto nel 1974 allo SLAC di San Francisco, dal gruppo guidato da Burton Richter e al Brookhaven National Laboratory nel New Jersey, dal gruppo di Samuel Ting; il quark bottom scoperto nel 1977 al Fermilab di Chicago ed infine, scoperta recente, il quark top nel 1995, sempre al Fermilab di Chicago.

***Con i quark abbiamo quindi fatto un lungo viaggio dagli anni '60 fino ai giorni nostri...***

Sì Donatella e con gli Hawkwind abbiamo fatto tappa negli anni '70. Volevo far notare come la loro canzone parli di fascino e il quark charm fu scoperto solo pochi anni prima dell'anno di pubblicazione di questo brano. Anche se gli Hawkwind non sono molto precisi da un punto di vista fisico; dicevo all'inizio della puntata che nel testo della canzone trovano spazio personaggi del calibro di Galilei, Copernico ed Einstein. A proposito di quest'ultimo gli Hawkwind sottolineano come si sia lasciato scappare un aspetto che avrebbe reso la sua Teoria della Relatività molto chiara: citando direttamente il testo del brano "Einstein non conosceva i quark, la stranezza e il fascino". Ma da quanto abbiamo visto oggi Einstein non poteva sapere nulla dei quark, considerato che hanno visto la luce dopo la morte del grande fisico tedesco. Diciamo buona l'ispirazione, scarsa la precisione, ma penso che gli Hawkwind si possano perdonare.

# L'infinito in matematica

Ing. Paolo Alessandrini

---

Titolo: ***Echi d'infinito***

Autore: *Antonella Ruggiero*

Album: *Big Band!*

Anno di pubblicazione: *2005*

Durata: *4' 25"*

---

*Che notte chiara  
di stelle.*

*Tutto è più dolce dopo un temporale.*

*Dopo i giorni del pianto*

*Adesso si apre il cuore.*

*Ma che sorpresa,*

*Cantando può nascere una rosa,*

*Anche dal fango,*

*Nei deserti più assolati*

*O negli eterni inverni.*

*Ma che sorpresa,*

*Una rosa,*

*Ma che sorpresa.*

*Io vivo di accenti, di presentimenti,*

*Profumi che sento nell'aria.*

*E vivo di slanci, di moti profondi,*

*Fugaci momenti di gloria.*

*E nel silenzio del mondo*

*Io sento echi di infinito.*

*Restami accanto nel tempo,*

*Non c'è più bella cosa che ci unisca*

*Nella fortuna o nelle tempeste del destino.*

*Restami accanto per sempre,*

*Restami accanto.*

*Io vivo di accenti, di presentimenti,*

*Profumi che sento nell'aria.*

*E vivo di slanci, di moti profondi,*

*Fugaci momenti di gloria.*

*E nel silenzio del mondo*

*Io sento echi di infinito.*

*E vivo di slanci, di moti profondi,*

*Fugaci momenti di gloria.*

*E nel silenzio del mondo*

*Io sento echi di infinito.*

***Paolo, noto che dopo molte puntate di Note di Scienza in cui gli artisti protagonisti erano inglesi, per la prima volta ci porti un'artista italiana!***

È vero, Donatella. Mi sono accorto anch'io che in tutte le puntate precedenti, forse inconsapevolmente, avevo sempre preso le mosse da canzoni di artisti britannici, e precisamente i Genesis, Kate Bush, i Beatles, i Coldplay e i Pink Floyd. Era ora che dessi spazio anche a qualcosa di nostrano: ecco quindi questa canzone scritta dagli autori Mario Venuti e Giuseppe Rinaldi, detto Kaballà, e portata al successo nel 2005 da Antonella Ruggiero, nota ex cantante dei Matia Bazar, e, a mio modo di vedere, tra le più straordinarie voci del panorama della musica leggera italiana.

***Questa canzone si intitola "Echi d'infinito". L'infinito, ancora prima che un tema matematico, è un concetto filosofico e poetico, non è così, Paolo?***

In effetti sì. L'infinito è uno dei temi della speculazione filosofica di tutte le epoche e un frequente motivo di ispirazione per l'arte e per la letteratura: quasi troppo ovvio pensare, ad esempio,

alla celebre poesia “L’infinito” di Leopardi. La religione stessa nasce forse da un’aspirazione umana verso l’infinito. In ogni caso, il concetto di infinito, se ci pensi, è una delle più grandi conquiste del pensiero umano. La nostra esperienza quotidiana è per sua natura finita, limitata: abbiamo a che fare con oggetti che hanno una dimensione finita, viaggiando copriamo distanze che per forza di cose sono limitate; la nostra stessa esistenza ha un inizio e una fine! Eppure la nostra mente, fin dai tempi più antichi, è stata capace di trascendere i limiti dell’esperienza e concepire l’idea di infinito, cioè di qualcosa che non ha limiti e non ha una fine.

### ***Ma dell’infinito in matematica, Paolo, cosa ci puoi dire?***

Possiamo partire dall’atteggiamento dei matematici greci, che si trovavano molto in difficoltà quando dovevano affrontare il concetto di infinito. Un esempio di questo è il famoso paradosso di Achille e della tartaruga, raccontato dal filosofo Zenone di Elea.

### ***In cosa consiste questo paradosso?***

Beh, c’è una tartaruga che, molto coraggiosamente, sfida il famoso Achille, detto “più veloce”, in una gara di corsa. Achille accetta la sfida, ma concede alla tartaruga dieci metri di vantaggio. Ora, nel tempo che Achille impiega per percorrere quei dieci metri, la tartaruga percorre un metro. A questo punto il vantaggio della tartaruga si è ridotto a un solo metro e nel tempo che Achille impiega per coprire quel metro, la tartaruga percorre dieci centimetri; mentre Achille percorre quel metro, la tartaruga ne percorre uno, e così via all’infinito.

### ***Insomma, sembra che Achille non riuscirà mai a raggiungere la tartaruga! Com’è possibile?***

Il paradosso è proprio questo. Ovviamente Zenone sapeva che la situazione descritta è assurda, perché nella realtà Achille avrebbe facilmente raggiunto e superato la tartaruga. Come si spiega allora il paradosso? Beh, si tratta di un esempio molto significativo di come i pensatori greci non fossero ancora in grado di dominare bene lo sfuggente concetto di infinito. In particolare, Zenone commise un grave errore matematico: sommando gli infiniti intervalli coperti ogni volta da Achille per raggiungere la tartaruga credette di ottenere una distanza totale infinita, per percorrere la quale Achille doveva impiegare un tempo infinito.

### ***E invece, come stanno le cose, Paolo?***

Questi intervalli, come abbiamo visto, diventano sempre più piccoli: dieci metri, un metro, dieci centimetri, e così via. Sommandoli tra di loro, si ottiene una distanza finita e altrettanto finito è il tempo che serve per percorrere questa distanza. E in questo tempo la tartaruga verrà raggiunta da Achille. Il fatto è che gli antichi non potevano comprendere completamente questo tipo di calcolo, perché legato a concetti matematici introdotti molto più tardi, in particolare nel Seicento, da matematici come Isaac Newton e Gottfried Leibniz (anche se già nell’antichità alcuni matematici come Archimede avevano intuito e anticipato alcune di queste nozioni).

### ***Quali sono questi concetti matematici?***

Sono i concetti che costituiscono quella parte della matematica che oggi viene chiamata “analisi matematica” e che fino a qualche tempo fa veniva invece chiamata “analisi infinitesimale”. Il concetto fondamentale su cui l’analisi matematica si basa è il concetto di “limite”. Da questo con-



cetto basilare discendono gli altri argomenti dell'analisi, e cioè la continuità, le derivate, gli integrali, le successioni, le serie.

### ***Che cosa introduce di nuovo questa matematica?***

Beh, si tratta di una matematica che, introdotta come dicevo nel Seicento, ha, per così dire, messo a posto le cose in un sacco di discipline scientifiche: ad esempio, ha permesso di comprendere i fenomeni del moto e di tutta la fisica in modo finalmente rigoroso ed elegante. Tutto il moderno sapere fisico e ingegneristico si fonda sui robusti pilastri dell'analisi matematica: non a caso i primi esami universitari con cui si deve misurare uno studente di fisica o di ingegneria sono i temuti esami di analisi matematica.

### ***Anche i paradossi di Zenone si risolvono con l'analisi matematica?***

Certo: le difficoltà che gli antichi avevano nei confronti dell'infinito, rese evidenti dal paradosso di Zenone, scompaiono del tutto non appena il problema viene correttamente impostato secondo la metodologia dell'analisi matematica. A me piace definire l'analisi matematica come la "matematica dell'infinito". Infatti, tutti i concetti che ho elencato prima, cioè limiti, continuità, derivate, integrali, successioni, serie, sono intimamente connessi con l'infinito, perché hanno a che vedere con la scomposizione di un qualche oggetto per così dire "denso" in infinite parti.

### ***Paolo, hai parlato prima di come l'analisi matematica sia la matematica dell'infinito: ma l'infinito è considerato un numero?***

No, l'infinito non è un numero. O, se preferisci, i matematici non parlano mai di "numeri infinitamente grandi", e nemmeno di "numeri infinitamente piccoli", o "infinitesimi". Preferiscono parlare di infinito in modo per così dire "indiretto": ad esempio, se tu, Donatella, mi dai un numero, io te ne posso sempre dare un altro più grande, e questo per i matematici equivale a dire che l'insieme dei numeri naturali è formato da un numero infinito di elementi.

### ***Quindi esistono insiemi formati da una quantità infinita di elementi. Che cos'hanno di particolare questi insiemi, Paolo?***

Gli insiemi formati da un numero finito di oggetti hanno proprietà profondamente diverse da quelle degli insiemi formati da un numero infinito di oggetti e per certi aspetti mostrano caratteristiche addirittura paradossali. Intorno al 1925, il grande matematico tedesco David Hilbert fece notare questa stranezza col suo famoso paradosso dell'albergo infinito. Immagina di entrare in un albergo "normale", diciamo con cento stanze. Il portiere ti dice che non ci sono stanze libere: che fai?

### ***Beh, me ne vado, magari un po' tristemente...***

Già, non hai altro da fare. Immagina ora di chiedere una stanza all'Hotel Hilbert, l'albergo con un numero infinito di stanze. Anche in questo caso il portiere ti dice che le stanze sono tutte occupate, però ti darà lo stesso una stanza.

### ***Com'è possibile, Paolo?***

È molto semplice: il portiere sposterà l'ospite della stanza 1 nella stanza 2, l'ospite della stanza 2 nella stanza 3, e così via. Siccome c'è un numero infinito di stanze, questo spostamento non creerà alcun problema, e a te, Donatella, verrà assegnata la stanza 1.

### ***E se invece di arrivare da sola arrivassi con un certo numero di amici?***

Nessun problema: l'Hotel Hilbert avrebbe sempre spazio per tutti. Anzi, dirò di più. Potresti anche arrivare all'hotel con un numero infinito di amici e il portiere troverebbe una stanza per tutti.

### ***Come farebbe?***

Beh, sposterebbe l'occupante di ogni stanza nella stanza con numero doppio: ad esempio, l'ospite della stanza 1 andrebbe nella stanza 2, quello della stanza 2 andrebbe nella stanza 4, e così via. In questo modo tutti gli ospiti iniziali andrebbero ad occupare stanze con numero pari, mentre tutte le stanze con numero dispari, che sono infinite, si svuoterebbero e potrebbero accogliere i tuoi infiniti amici.

### ***Magari esistessero alberghi così: non ci sarebbe più nessun problema a organizzare le vacanze! Ma cosa dimostra questo paradosso, Paolo?***

Dimostra che quando si parla di insiemi infiniti, anche se un insieme è sottoinsieme di un altro, i due insiemi possono essere ugualmente numerosi. Ad esempio, l'insieme dei numeri pari è esattamente numeroso quanto l'insieme di tutti i numeri naturali (pari e dispari): infatti gli ospiti dell'albergo prima stavano in tutte le stanze, e poi sono stati spostati nelle sole stanze pari, ma nessuno è stato mandato via.

### ***È come dire che di infinito ce n'è uno solo, e non ha senso parlare di infiniti più "numerosi" di altri?***

No, nemmeno questo è vero. Finché si parla di insiemi numerabili, che possono cioè essere contati, come l'insieme dei numeri pari, quello dei numeri dispari, o quello di tutti i numeri naturali (pari e dispari), essi sono tutti ugualmente numerosi, o, come dicono i matematici, hanno la stessa cardinalità, che il matematico tedesco Georg Cantor chiamò aleph con zero.

### ***E poi? Ci sono infiniti più numerosi?***

Sì. Se invece di considerare i numeri naturali, cioè 1, 2, 3, ecc., consideriamo tutti i numeri reali, cioè, per intenderci, i numeri con la virgola, allora parliamo di una quantità ancora infinita, ma più numerosa dell'infinito dei numeri naturali!

### ***Provo a indovinare: si tratta di aleph con uno?***

Esattamente, è proprio questo il nome che Cantor diede a questo infinito, per così dire, superiore. Sempre Cantor dimostrò che esistono infiniti ancora superiori e li chiamò, ovviamente, aleph-due, aleph-tre, e così via, indefinitamente. Possiamo dire quindi che esistono infiniti tipi di infinito!

### ***Paolo, pensando all'infinito mi viene in mente quel simbolo a forma di otto sdraiato...***

Certo, è il simbolo matematico di infinito, formato da una specie di doppio occhiello, o come dici tu di otto sdraiato. Questo simbolo venne utilizzato per la prima volta dal matematico inglese John Wallis nel 1655, che probabilmente scelse quel simbolo come esempio di percorso senza fine.

# L'aspirina

Dott. Fabiano Nart

---

Titolo: **La domenica mattina**

Autore: *Matrioska*

Album: *La domenica mattina*

Anno di pubblicazione: 2002

Durata: 2' 22"

---

*La domenica mattina voglio stare nel mio letto  
necessaria un'aspirina per non diventare matto  
faccio un giro nel giardino  
lei mi dice: "senti un po'..  
questa notte è stato bello"  
non ricordo, non lo so*

*E non capisco perché  
non mi ricordo di te  
probabilmente non stavo troppo bene  
ma nella mente lo so che lo già vista però  
quel giorno devo avere esagerato un po'*

*Vado avanti a camminare, devastato dalla noia  
non ho voglia di parlare, sento che mi manca l'aria  
"sei sicuro di star bene?" salta fuori ancora lei  
con un tono un po' sgarbato..  
dico: "ma chi cazzo sei?"*

*E non capisco perché  
non mi ricordo di te  
probabilmente non stavo troppo bene*

*ma nella mente lo so che lo già vista però  
quel giorno devo avere esagerato un po'*

*..devastato dalla noia..  
faccio un giro nel giardino  
lei mi dice: "senti un po'..  
questa notte è stato bello"  
non ricordo, non lo so*

*E non capisco perché  
non mi ricordo di te  
probabilmente non stavo troppo bene  
ma nella mente lo so che lo già vista però  
quel giorno devo avere esagerato un po'*

*E non capisco perché  
non mi ricordo di te  
probabilmente non stavo troppo bene  
ma nella mente lo so che lo già vista però  
quel giorno devo avere esagerato..  
devo avere esagerato un po'!*

## ***Che canzone spensierata e giovanile, sai che non l'avevo mai sentita?***

Sicuramente una canzone molto allegra e singolare, io l'ho scoperta durante il periodo universitario, credo tra l'altro fosse il 2002, proprio l'anno di pubblicazione dell'album dei Matrioska.

## ***Io credo di indovinare se dico che oggi ci parlerai dell'aspirina!***

Colpito e affondato! Vi parlerò proprio dell'aspirina, medicinale tra i più diffusi credo e che, come detto anche in questa canzone, spesso abbiamo usato il giorno dopo una pesante sbornia!

## ***La prima cosa che mi viene in mente, da dove deriva il nome?***

Il nome "Aspirina" fu brevettato dalla Bayer il 6 marzo 1899, componendo il prefisso "a-" (per

il gruppo acetile) con “-spir-” (dal fiore *Spiraea*, da cui si ricava l'acido spireico, ovvero l'acido salicilico) e col suffisso “-ina” (generalmente usato per i farmaci all'epoca).

***Ma pensa! Mai lo avrei detto, immagino però che possa avere anche altri nomi in giro per il mondo.***

La Bayer perse tuttavia il diritto ad usare il proprio marchio in molte nazioni, dopo che gli Alleati occuparono e rivendettero le sue proprietà dopo la prima guerra mondiale. Il diritto ad usare il marchio “Aspirina” negli Stati Uniti fu acquistato nel 1918 dalla Sterling Drug Inc. Già nel 1917, prima ancora che il brevetto scadesse, la Bayer non riuscì ad impedire che il nome e la formula del farmaco fossero impiegati da altri. Sul mercato apparvero quindi “aspirine” prodotte da numerose diverse case farmaceutiche, finché nel 1921 una sentenza della corte federale degli Stati Uniti fece di “aspirina” un nome generico non più soggetto a brevetto. In altre nazioni, tra cui l'Italia ed il Canada, il nome “Aspirina” è invece ancora un marchio registrato.

***C'è una cosa che non mi torna, hai detto che “spir” deriva dal fiore Spiraea dal quale si ricava l'acido salicilico. Ma salicilico non deriva da salice?***

Difatti, Erodoto nelle “Storie” narrava che esisteva un popolo stranamente più resistente di altri alle comuni malattie; tale popolo usava mangiare le foglie di salice. Ippocrate, considerato il padre della medicina, descrisse nel V secolo a.C. una polvere amara estratta dalla corteccia del salice che era utile per alleviare il dolore ed abbassare la febbre. Un rimedio simile è citato anche dai Sumeri, dagli antichi Egizi e dagli Assiri. Anche i nativi americani lo conoscevano e lo usavano per curare mal di testa, febbre, dolori muscolari, reumatismi e brividi.

***E da quei tempi lontani ad oggi?***

Nell'era moderna fu il reverendo Edward Stone, nel 1757, a scoprire gli effetti benefici della corteccia di salice, da lui assaggiata, oltre al suo sapore amaro. Sei anni dopo scrisse una famosa lettera alla *Royal Society*, in cui giustificava razionalmente l'utilizzo della sostanza contro le febbri.

***Quale composto chimico contiene la corteccia del salice?***

La sostanza attiva dell'estratto di corteccia del salice bianco è chiamata salicina e fu isolata in cristalli nel 1828 da Johann A. Buchner e in seguito da Henri Leroux, un farmacista francese, e da Raffaele Piria, un chimico calabrese emigrato a Parigi, che diede al composto il nome attuale, vale a dire acido salicilico. La salicina è abbastanza acida quando viene sciolta in acqua e proprio per questo venne chiamata acido salicilico. Il composto fu isolato anche dai fiori di olmaria, la *Spiraea ulmaria* citata in esordio, da alcuni ricercatori tedeschi, quali Karl Jakob Löwig nel 1839.

***Però nel nome c'è anche la “a” di acetile dicevi; questa da dove deriva?***

Secondo la storia maggiormente nota, nel 1897 Felix Hoffmann, dopo l'idea del suo superiore Arthur Eichengrün, entrambi chimici impiegati presso la Friedrich Bayer & Co., esterificò il gruppo fenolico (-OH) dell'acido salicilico con un gruppo acetile utilizzando anidride acetica e formando l'acido acetil-salicilico, nonché acido acetico come sottoprodotto.

***Aspetta un po' che mi sto perdendo, cosa vuol dire esterificare?***

L'esterificazione è un processo chimico abbastanza semplice che si ottiene facendo reagire un

alcol con un acido carbossilico. L'acido carbossilico perde il suo idrogeno ed attacca la catena carboniosa dell'alcol (che perde un idrogeno anch'esso) e si produce una molecola di acqua. L'unione dell'acido carbossilico con l'alcol produce una molecola che fa parte della classe degli esteri.

***Veramente suggestivo anche se un po' difficile da figurarsi. Allora ti faccio una domanda più semplice, chi inventò questa reazione?***

La reazione fu scoperta e messa a punto dal premio Nobel Hermann Emil Fischer nel 1895. Emil Fischer è però molto più noto per i suoi studi sugli zuccheri.

***L'estere aveva gli stessi effetti della sostanza naturale non esterificata?***

Tale composto presentava gli stessi effetti terapeutici dell'acido salicilico, ma con minori effetti collaterali. Soltanto alla fine del XX secolo si conobbero le controversie sulla paternità della molecola (il primato in ambito tedesco di Eichengrün e la precedente sintesi di Gerhardt in Francia). Nacquero così, in ogni caso, il primo farmaco sintetico – una molecola nuova, non una copia di una molecola già esistente in natura – e la moderna industria farmaceutica. Quindi possiamo concludere che l'aspirina, chimicamente, è l'acido acetil-salicilico

***Il precursore, l'acido salicilico, dal punto di vista chimico che cos'è?***

Chimicamente, secondo la convenzione internazionale IUPAC, è definito come acido 2-idrossibenzoico, ovvero un benzene con attaccato un gruppo carbossilico e un gruppo idrossido, OH.

***Da come hai detto è presente in alcuni fiori e nella corteccia del salice, ma come si produce in natura?***

L'acido viene creato nelle cellule vegetali a partire dalla fenilalanina che viene trasformata in acido transcinnamico. Tale acido, attraverso ossidazione riduttiva o non riduttiva, viene trasformato in acido benzoico in forma glicosilata. La forma glicosilata è inattiva nel vegetale e grazie all'enzima acido benzoico idrossilasi viene trasformato in acido salicilico che può diventare acido salicilico-glucosio, ovvero una forma non attiva in cui si trova solitamente all'interno della pianta. Inoltre, alcuni studi sembrano confermare che esistano delle vie biosintetiche dell'acido salicilico che non implicano la produzione di acido benzoico. L'acido salicilico non è fermo all'interno del vegetale ma si muove lungo i vasi.

***Sai che mi hai fatto venire voglia di provare ad usare la corteccia del salice per vedere se riesco ad estrarre l'acido salicilico?***

Tu scherzi ma all'Istituto Minerario e Chimico “U. Follador” di Agordo, almeno quando io ero studente, si faceva l'esperienza di laboratorio della produzione dell'aspirina partendo proprio dalla corteccia del salice.

***E come si fa?***

Si sminuzza la corteccia, si addiziona acido cloridrico e si riscalda con un apparato di reflusso. Si raffredda e si filtra; il filtrato contiene l'acido salicilico che deve a questo punto essere separato dal resto. Attraverso l'acetato di etile si estrae l'acido salicilico che viene poi purificato. A questo punto, aggiungendo anidride acetica all'acido salicilico sotto determinate condizioni, si ricava l'acido acetil-salicilico, ovvero l'aspirina.

# Mary Anning scopre i draghi

Dott. Manolo Piat

---

Titolo: **Crazy Mary**

Autore: Pearl Jam (Victoria William)

Album: *Sweet Relief: A Benefit for Victoria William*

Anno di pubblicazione: 1993

Durata: 5' 42"

---

*She lived on the curve of the road, in an old, tar-pa-  
per shack*

*On the south side of the town, on the wrong side of  
the tracks*

*Sometimes on the way into town we'd say:*

*'Mama, can we stop and give her a ride?'*

*Sometimes we did, but her hands flew from her side*

*Wild eyed, crazy Mary*

*One night thunder cracked, mercy backed outside  
her windowsill*

*Dreamed I was flying high above the trees, over the  
hills*

*Looked down into the house of Mary*

*Terrible thoughts, newspaper-covered walls, and  
Mary rising above it all*

*Down a long dirt road, past the Parson's place*

*That old blue car we used to race*

*Little country store with a sign tacked to the side*

*Said 'No L-O-I-T-E-R-I-N-G Allowed'*

*Underneath that sign always congregated quite a  
crowd*

*Take a bottle, drink it down, pass it around (3x)*

*Next morning on the way into town*

*Saw some skid marks and followed them around*

*Over the curve, through the fields, into the house of  
Mary*

*That what you fear the most, could meet you hal-  
fway (2x)*

*Take a bottle, drink it down, pass it around (3x)*

## **Buongiorno Manolo, cosa ci proponi quest'oggi per Note di Scienza?**

Buongiorno a te Donatella e ben trovati agli amici all'ascolto. La canzone che ci farà compagnia per questa puntata è "Crazy Mary", nella versione dei Pearl Jam. L'autrice, infatti, è la cantante americana Victoria Williams, la quale nel 1993, dopo che le era stata diagnosticata una malattia degenerativa, chiese a numerose rock band di collaborare all'album "Sweet Relief: A Benefit for Victoria Williams". Era una raccolta di cover delle sue canzoni, per finanziare una fondazione destinata ai musicisti bisognosi di cure mediche e i Pearl Jam interpretarono questo brano.

## **E quale argomento scientifico ci suggerisce?**

Oggi parliamo di un personaggio davvero straordinario della storia della paleontologia, ossia Mary Anning. E quando dico "straordinario" intendo non solo per il contributo che ha dato alla scoperta e alla comprensione dei fossili, ma anche perché la sua vita è stata una vera avventura, tanto che nel 2009 ne è stato tratto anche un romanzo, "Strane creature", di Tracy Chevalier.

## **Cosa ci puoi raccontare su di lei?**

Contrariamente a quanto si potrebbe pensare, Mary non era una studiosa e non apparteneva

nemmeno alla nobiltà, la sola classe sociale che agli inizi del 19° secolo poteva permettersi l'hobby delle scienze naturali. Tutt'altro. Mary nasce a Lyme Regis, nel Dorset, nel 1799, in una famiglia povera, unica di dieci figli a sopravvivere insieme al fratello Joseph, e per caso: ha poco più di un anno quando la vicina che la tiene in braccio è colpita da un fulmine. Ma per ironia della sorte, sono proprio le umili origini a dare alla sua vita un corso davvero unico. Infatti, il padre Richard, ebani- sta, per arrotondare i magri guadagni vende fossili raccolti sulle scogliere del Dorset e del Devon, soprattutto ammoniti e belemniti. È così che Mary impara a riconoscerli, raccoglierli e ripulirli.

### ***Sembra un po' la storia della piccola fiammiferaia.***

Il paragone è giusto, tanto che anche Mary ne passa davvero di ogni sorta. Nel 1810, quando lei ha appena 11 anni, il padre muore di tisi, lasciando solo debiti. Lei continua quindi l'attività di ricerca e vendita, sviluppando presto un talento particolare e contribuendo in modo decisivo al bilancio familiare. Questa attività divenne poi una vera professione, anche se mai molto remunerativa e spesso pericolosa; la ricerca avveniva per lo più alla base di scogliere instabili con incidenti frequenti ed in uno di questi Mary rischiò la vita, perdendo il suo amato cane Tray.

### ***Dicevi però che il suo contributo alla paleontologia è stato enorme.***

Infatti, il suo lavoro contribuì ai fondamentali cambiamenti del pensiero scientifico e geologico che caratterizzano l'inizio del XIX secolo, anche se la prima grande scoperta fu opera del fratello Joseph. Egli, nel 1811 (altre fonti riportano 1809 o 1810) trova il cranio del primo *Ichtyosaurus* (nome che significa pesce-lucertola), un rettile marino. Mary pochi mesi dopo individua il resto del corpo e negli anni seguenti ne scoprirà molti altri, più o meno completi. In realtà diverse parti di ittiosauro erano già presenti in diverse collezioni, ma non si sapeva interpretarle; un gruppo di vertebre raccolte nel 1708 era stato descritto come colonna vertebrale di un uomo dei tempi del diluvio.

### ***Un inizio di carriera incoraggiante direi.***

Ma non finisce qui! Nel 1820 Mary trova il primo scheletro incompleto di plesiosauro, seguito due anni dopo da uno completo. La caratteristica principale di questo organismo è il collo lunghissimo, che lo fa assomigliare a “un serpente intrufolato in una tartaruga”; proprio il numero inconsueto di vertebre del collo (35), genera in George Cuvier (il grande naturalista ed anatomista francese) il dubbio che si tratti di un falso. Grazie al secondo esemplare completo e all'appoggio della *Geological Society*, i dubbi cadono e Cuvier ammette il proprio errore. È la consacrazione. La sua popolarità come ricercatrice cresce, i bambini inglesi le dedicano una filastrocca che diceva: *Mary Anning – she sells sea-shells* (“Mary Anning vende conchiglie di mare”) e si guadagna il soprannome di “principessa della paleontologia”.

### ***Scusa la venalità, ma anche le sue finanze ne avranno guadagnato, no?***

Non proprio, e questo a causa dell'irregolarità dei ritrovamenti importanti e anche alla minore richiesta di fossili. Comunque, a 27 anni, con i risparmi compra una casa e al pianterreno apre l'*Anning's Fossil Depot*, assistita dall'amica e collaboratrice Elizabeth Philpot, una signorina di buona famiglia. Nel 1828, poi, fa un'altra straordinaria scoperta, il primo fossile di rettile volante mai trovato in Inghilterra, uno pterosauro. Mary ne ricava 210 sterline, una bella cifra che però perde, insieme a tutti i risparmi, in un investimento sbagliato.

### ***Davvero sfortunata la nostra Mary***

Economicamente sì, però la sua attività le permise di venire a contatto con personaggi di grande rilievo nel campo scientifico, tra cui Charles Lyell, William Conybeare, Henry Thomas De la Beche, Richard Owen e soprattutto William Buckland, che le fu amico e sostenitore fino alla morte. Purtroppo, per la sua umile origine e per il fatto che le donne all'epoca non erano ammesse ad alcuna associazione scientifica, ottenne scarsissimi riconoscimenti in vita. Le sue scoperte, come la presenza di sacche di inchiostro nelle belemniti o la corretta interpretazione dei coproliti (ossia feci fossili), vennero sempre attribuite ad altri, così come avvenne per le specie di rettili e pesci fossili da lei trovate. Quasi mai venne citata nelle relazioni scientifiche, tranne da Cuvier e Buckland, e solo Agassiz le intitolò due specie di pesci fossili come ringraziamento per il suo aiuto.

### ***E come finisce questa storia?***

Quando William Buckland viene a conoscenza della sua difficile condizione economica, si attiva presso il governo britannico che le concede una pensione, per “contributi eccezionali alla scienza”. Ma nel frattempo Mary si ammala. Venuti a sapere della sua malattia, la *Geological Society* indice nel 1846 una raccolta di fondi ed il museo della contea del Dorset la include tra i membri onorari. Purtroppo il 9 marzo 1847 Mary Anning muore a Lyme Regis. De la Bèche, presidente della *Geological Society*, le dedica un elogio funebre che viene letto davanti all'assemblea e incluso nella loro pubblicazione periodica, onore mai concesso prima ad una donna. Nel febbraio del 1865, Charles Dickens scrive un articolo sulla vita di Mary Anning, sottolineando le difficoltà che aveva dovuto affrontare e conclude con questa frase: “La figlia del carpentiere si è conquistata un proprio nome, e se lo è meritato.” Nel 2010, in occasione del 350° anniversario di fondazione, la *Royal Society* incluse il nome di Mary Anning nella lista delle dieci donne inglesi che più hanno contribuito alla storia della scienza. Meglio tardi che mai...



# Simmetrie del Tempo

Dott. Alex Casanova

---

Titolo: **Starálfur**

Autore: *Sigur Rós*

Album: *Ágætis byrjun*

Anno di pubblicazione: 1999

Durata: 6' 47"

---

*Starálfur*

*Elfo che osserva*

*Blá nótt yfir himininn*

*Una notte blu ricopre il cielo*

*Blá nótt yfir mér*

*Una notte blu ricopre me*

*Horf-inn út um gluggann*

*La osservo svanire fuori dalla finestra*

*Minn með hendur*

*Nascondo le mie*

*Faldar undir kinn*

*Mani sotto le guance*

*Hugsum daginn minn*

*Mentre rifletto sulla mia giornata*

*Í dag og í gær*

*Sull'oggi e sull'ieri*

*Blá náttfötin klæða mig í*

*Infilo il mio pigiama blu*

*Beint upp í rúm*

*E subito entro nel letto*

*Breiði mjúku sængina*

*Sfioro le soffici lenzuola*

*Loka augunum*

*Chiudo gli occhi*

*Ég fel hausinn minn undir sæng*

*E nascondo la testa sotto le coperte*

*Starir á mig lítill álfur*

*Un piccolo elfo mi osserva*

*Breytir mér í, en hreyfist ekki*

*Corre verso di me senza muoversi*

*Úr stað – sjálfur*

*Dal suo posto - quello (è)*

*Starálfur*

*Un elfo osservatore*

*Opna augun*

*Apro gli occhi*

*Stírnar úr*

*Li stropiccio*

*Teygi mig og tel (Hvort ég sé ekki)*

*Mi stiracchio e controllo (se non l'avessi già fatto)*

*Kominn aftur og alltaltíla*

*Che tutto sia apposto e ok*

*Samt vantar eitthvað*

*Eppure c'è qualcosa che manca*

*Eins og alla vegginn*

*Tipo tutte le pareti*

*(Starir á mig lítill álfur)*

*(Un piccolo elfo mi osserva)*

*(Breytir mér í)*

*(Corre verso di me)*

*Úr stað – sjálfur*

*Dal suo posto - quello (è)*

*Ég er...*

*Io sono...*

### ***Canzone particolare anche oggi; che pezzo abbiamo ascoltato, Alex?***

Un pezzo di una band che mi piace molto. Sono i Sigur Rós, un gruppo islandese post rock che più volte abbiamo avuto il piacere di ascoltare dal vivo in Italia. La canzone si intitola “Starál-fur” che significa “Elfo che osserva”. I Sigur Rós sono un gruppo davvero particolare: cantano in diverse lingue, anche una lingua di loro creazione particolarmente musicale; spesso quindi i loro testi non possono essere tradotti, ma questo pezzo ha una peculiarità davvero notevole.

### ***Di cosa si tratta, Alex?***

La particolarità del pezzo dei Sigur Rós riguarda il modo in cui è costruita la musica. Una parte della canzone è infatti palindroma, cioè risulta la stessa se ascoltata al contrario. È la parte dedicata agli archi: ascoltando il brano all'indietro sentiamo la stessa melodia, cosa secondo me straordinaria.

### ***Effettivamente la cosa sembra intrigante, dopo ascolteremo il brano “dritto e rovescio”. Ma mi sfugge il collegamento scientifico...***

In realtà, Donatella ho pensato alle simmetrie: il fatto che sia identica se ascoltata normalmente o al contrario rende la canzone simmetrica. Il brano, o meglio, la porzione di brano costruita in modo palindromo dai Sigur Rós è simmetrica per quella particolare trasformazione fisica che è l'inversione temporale.

### ***Di cosa si tratta?***

Quando parliamo di inversione temporale, parliamo di quella particolare trasformazione che fa scorrere il tempo all'indietro; è come vedere un film al contrario oppure sentire una canzone a ritroso. Ma le parole storpiate e senza senso, gli uomini che camminano all'indietro con movimenti innaturali e altre cose simili ci farebbero immediatamente accorgere delle differenze e del fatto che il film o la canzone stiano girando al contrario. In altre parole, un film o un brano musicale hanno un verso privilegiato di scorrimento, non sono simmetrici per inversione temporale.

### ***Non tutte le canzoni però, i Sigur Rós in questo si sono distinti...***

Decisamente sì e ci invitano, se così si può dire, a confrontarci con questa particolare simmetria che riveste un ruolo molto importante in fisica delle particelle. Perché, se è vero che invertendo il tempo difficilmente, tranne rare eccezioni, troveremo film o canzoni simmetrici, così non si può dire a livello di particelle.

### ***Cosa intendi?***

Nel mondo delle particelle la simmetria per inversione temporale non è così strana. Mi spiego meglio con un esempio: pensiamo a due palline da biliardo, pensiamo che durante il gioco la prima pallina urti la seconda; dopo l'urto le due palline si allontanano su traiettorie differenti rispetto alla direzione che avevano prima dell'urto. Pensiamo ora di rivedere la stessa partita, ma al contrario. Questa inversione temporale, cioè questo riavvolgere il nastro, non cambierà nulla sul nostro sistema, che risulterà per tale motivo invariante. Le due palline si avvicineranno, si scontreranno e dopo l'urto torneranno ad allontanarsi come prima. A livello di particelle non siamo in grado di cogliere le differenze tra il prima e il dopo, fra la reazione diretta e la reazione inversa, non come nel caso di un film visto riavvolgendo il nastro.

***A livello di particelle quindi questa inversione temporale riveste un ruolo particolare?***

A livello di particelle è come se il tempo non fosse così importante; nel mondo delle particelle contano le simmetrie e le asimmetrie relative a trasformazioni che riguardano il tempo, lo spazio, la carica elettrica.

***Cosa intendi dire, Alex?***

Sto parlando di tre particolari trasformazioni; oltre all'inversione temporale, possiamo prendere in considerazione l'inversione spaziale e la coniugazione di carica. Non sono le uniche trasformazioni che rivestono un ruolo fondamentale a livello di particelle, ma sono sicuramente trasformazioni particolari.

***Aspetta Alex, inversione spaziale posso intuire di cosa si tratta, ma la coniugazione di carica non l'ho mai sentita...***

Ecco, la coniugazione di carica è quella particolare trasformazione che cambia la carica elettrica di una particella; pensiamo ad un elettrone: è una particella elementare con carica elettrica negativa. La coniugazione di carica applicata all'elettrone determina un'inversione della carica elettrica che da negativa diventa positiva. In altre parole, l'elettrone si trasforma nella sua antiparticella, il positrone. La coniugazione di carica risulta quindi quell'operazione che trasforma materia in antimateria e viceversa.

***Giusto per completezza, cosa significa inversione spaziale in fisica delle particelle?***

L'inversione spaziale è quella trasformazione che inverte la destra con la sinistra e l'alto con il basso. In fisica, dove le proprietà fisiche delle particelle sono descritte da oggetti che dipendono dalle coordinate spaziali, ogni particella può rispondere in modo diverso a questa trasformazione, acquisendo una nuova proprietà denominata parità. Come la coniugazione di carica, anche la parità si può conservare o meno nelle interazioni fra particelle, cioè ci possono essere delle simmetrie o delle asimmetrie per queste trasformazioni; simmetrie e asimmetrie si riflettono poi sulla possibilità che certe reazioni avvengano o meno. Ecco perché queste particolari trasformazioni rivestono un ruolo importante quando parliamo di interazioni fra particelle; in altre parole, questa terna di trasformazioni e le simmetrie/asimmetrie associate alle varie interazioni fra particelle portano a delle regole di selezione delle reazioni che si possono sviluppare.

***Dicevi che a livello di particelle il tempo non è così importante, mentre per i fenomeni del mondo macroscopico che ci circonda non è così...***

Esatto Donatella. Nessuno potrebbe dire che il tempo e il suo scorrere siano irrilevanti per il mondo che abbiamo davanti agli occhi quotidianamente. È percezione comune che il tempo fluisce in modo inarrestabile in una direzione privilegiata, un verso a cui spesso ci si riferisce con l'espressione "freccia del tempo".

***Se ben ricordo avevamo già parlato di freccia del tempo...***

Dici bene Donatella, ne avevamo parlato grazie ai Muse e alle loro canzoni dedicate all'entropia e al secondo principio della termodinamica. Questo principio definisce il verso della freccia del

tempo, stabilendo una direzione privilegiata per l'evolversi dei fenomeni naturali: i fenomeni naturali si sviluppano spontaneamente verso stati ad entropia crescente. Ma il secondo principio della termodinamica e l'entropia riguardano sistemi macroscopici di miliardi di miliardi di particelle, non le singole particelle. A livello microscopico torniamo all'inversione temporale e alla simmetria associata che rende il tempo, come dicevi prima, un po' meno importante, anche se recenti risultati sembrano rimescolare le carte.

### ***A cosa ti riferisci?***

Mi riferisco ai recenti risultati sperimentali ottenuti da BaBar, una collaborazione internazionale che lavora su un esperimento svolto negli Stati Uniti (ad essere più precisi, allo SLAC, nei pressi di San Francisco in California). Studiando il decadimento dei mesoni B i fisici sono riusciti, tramite una complessa analisi dei dati accumulati, ad osservare per la prima volta una violazione della simmetria per inversione temporale. In altre parole, i ricercatori coinvolti nell'esperimento sono riusciti ad osservare per la prima volta la natura asimmetrica del tempo.

### ***Quindi si può dire che il tempo scorre in modo privilegiato anche a livello di particelle?***

Secondo i risultati dell'esperimento BaBar possiamo dire che anche a livello di particelle i fenomeni fisici tendono a svilupparsi preferenzialmente in un verso, piuttosto che nell'altro. La natura del tempo rimane ancora piuttosto misteriosa e oggetto di discussioni che valicano i confini della fisica; sicuramente questo risultato sperimentale è importante per inquadrare fisicamente questa variabile fondamentale, ma non è la fine della storia. Anzi, il risultato era atteso da anni.

### ***Come atteso da anni; cosa vuol dire?***

Vuol dire che, per alcuni teoremi della fisica, la violazione della simmetria per inversione temporale era attesa fin da quando, nel 1964, i fisici dimostrarono sperimentalmente la violazione combinata delle altre due particolari simmetrie a cui accennavo prima, la coniugazione di carica e l'inversione spaziale. Una volta violata la simmetria per questa combinazione di trasformazioni, doveva essere violata anche la simmetria temporale. Così, quasi 50 anni dopo, ecco il risultato tanto atteso.

### ***I Sigur Rós però ci hanno sorpreso con questa loro canzone...***

Sì, Donatella, personalmente la trovo davvero straordinaria e in fondo aver inserito un pezzo palindromo mi permette di sottolineare un concetto importante: i fenomeni fisici si sviluppano in una direzione privilegiata, potremmo dire "avanti" piuttosto che "indietro nel tempo", ma rimane il fatto che sono possibili anche le reazioni inverse, magari sfavorite o non spontanee. Un po' come la canzone dei Sigur Rós: la ascolti in un verso privilegiato, ma potresti ascoltarla al contrario accorgendoti della natura asimmetrica del tempo, oppure meravigliarti della presenza di profonde simmetrie nascoste. Sul concetto di tempo comunque c'è ancora molto da scoprire e da capire.

# Il Principio di Bernoulli

Dott. Fabiano Nart

---

Titolo: ***I'm like a bird***

Autore: *Nelly Furtado*

Album: *Woha, Nelly!*

Anno di pubblicazione: 2000

Durata: 4' 04"

---

*You're beautiful, that's for sure  
You'll never ever fade  
You're lovely but it's not for sure  
That I won't ever change  
And though my love is rare  
Though my love is true*

*And it pains me so much to tell  
That you don't know me that well  
And though my love is rare  
Though my love is true*

*Chorus*

*Chorus:  
I'm like a bird, I'll only fly away  
I don't know where my soul is,  
I don't know where my home is  
(and baby all I need for you to know is)  
I'm like a bird, I'll only fly away  
I don't know where my soul is ,  
I don't know where my home is  
All I need for you to know is*

*It's not that I wanna say goodbye  
It's just that every time you try to tell me that you  
love me  
Each and every single day I know  
I'm going to have to eventually give you away  
And though my love is rare  
And though my love is true  
Hey I'm just scared  
That we may fall through*

*Your faith in me brings me to tears  
Even after all these years*

*Chorus x 3*

***“I'm like a bird” di Nelly Furtado! Questa fu la sua canzone di lancio nel 2000, se ricordo bene.***

Alzo le mani in questo caso, perché non sono così cultore di Nelly Furtado per confermarti o meno che sia stata la sua canzone di lancio. Comunque sia, l'altro giorno in macchina l'ho sentita alla radio ed ho subito pensato alla nostra trasmissione “Note di Scienza”.

***Beh, non ci parlerai mica del bird watching oggi...???***

Per quanto possa essere un'attività o per qualcuno uno sport interessante (se sport lo si può chiamare...) non parlerò del bird watching, ma del principio di Bernoulli.

***Mi sa tanto di francese il cognome!***

Circa le origini ci sei andata un pochino lontano! Daniel Bernoulli nacque a Groninga, nei Paesi Bassi, ma era di famiglia svizzera e forse qui ti avvicini alla Francia. Quella dei Bernoulli era

una famosa famiglia di matematici e scienziati e Daniel fu il più brillante. Matematico di professione, ma con la passione per le applicazioni pratiche, in particolare per la fluidodinamica.

***A questo punto immagino che il principio di Bernoulli abbia a che fare con la fluidodinamica.***

Difatti il principio di Bernoulli è uno dei più famosi principi e nello specifico descrive il fenomeno per cui in un fluido ideale su cui non viene applicato un lavoro, quindi su cui non interveniamo, per ogni incremento della velocità si ha simultaneamente una diminuzione della pressione. Il principio era noto anche prima degli studi di Bernoulli, ad esempio già Eulero lo conosceva, ma lui ha il merito di averne dato una descrizione matematica.

***Allora immagino che se c'è un principio di Bernoulli e lui lo descrisse matematicamente, ci sia anche una equazione che porta il suo nome.***

È proprio così, esiste l'equazione di Bernoulli o teorema, che è una semplificazione delle complicatissime equazioni di Navier-Stokes, che sono un sistema di equazioni differenziali alle derivate parziali (con 20 variabili!) che descrivono il comportamento di un fluido dal punto di vista macroscopico. L'ipotesi di base è che il fluido possa essere modellato come un continuo deformabile. Esse presuppongono perciò la continuità del fluido in esame, quindi non è applicabile ad un gas, ad esempio. Predicono molto bene il comportamento macroscopico, ma paghiamo dazio nel risolverle matematicamente!

***Ma come si fa a semplificare un sistema così complesso?***

Il sistema si semplifica se il fluido in questione è non viscoso, cioè non oppone resistenza allo scorrimento, o meglio è poco viscoso. O, se vogliamo semplificare ulteriormente, basta che il fluido sia incompressibile, irrotazionale e stazionario.

***Con queste semplificazioni quindi cosa si ottiene?***

Si ottengono delle equazioni di Eulero, che una volta integrate forniscono l'equazione di Bernoulli che mette in relazione la densità del liquido, la velocità, la pressione e l'altezza all'orizzonte. Tutte queste variabili combinate insieme forniscono una costante, ovvero un valore che non cambia mai. Per cui avendo nell'equazione somme e moltiplicazioni, ne emerge che all'aumentare della velocità del fluido cala la pressione e viceversa.

***Dicevi all'inizio che Bernoulli era interessato alle cose pratiche, ci fai un esempio del principio di Bernoulli?***

Così, su due piedi, mi viene in mente l'esempio del volo degli aerei.

***Sono curiosa, come viene applicato il principio di Bernoulli all'aereo?***

Dunque, un aereo può considerarsi come un corpo immerso in un fluido, e qui siamo di fronte ad una grossa approssimazione, in quanto l'aria si può comportare come un fluido, ma di certo è più comprimibile di un fluido. Ad ogni modo, il principio di Bernoulli descrive la portanza, vale a dire la componente normale (perpendicolare) al moto del fluido che agisce sul corpo immerso. Quindi si considera l'aereo fermo e l'aria che si muove, in questo caso.

### ***Ma come nasce questa portanza?***

Se avrai notato, quando hai volato, l'ala ha una determinata forma tale per cui non è simmetrica. Semplificando, è piatta sotto e bombata sopra. Ora, immaginiamo due cubetti di aria che si trovano davanti l'ala e a metà (meglio dire, dove la parte piatta e bombata si uniscono), uno percorrerà il profilo alto e l'altro quello basso e si ritrovano di nuovo insieme nella parte posteriore dell'ala. Percorrono quindi lunghezze diverse, ma nello stesso tempo, nello specifico il cubetto superiore farà una strada più lunga, quello inferiore più corta. Per il principio di Bernoulli, sopra avrò una pressione più bassa, sotto più alta, quindi la risultante è una pressione netta rivolta dal basso all'alto. Questa è la portanza che permette all'aereo di volare. Se vogliamo però essere più precisi, non è solo questo principio a rendere conto della portanza.

### ***Quale dobbiamo aggiungere?***

Si deve aggiungere la curvatura delle linee di corrente e quindi l'effetto Coandă, ma non è il nostro argomento di oggi. Se vuoi ti cito altri esempi.

### ***Perché no? Cosa ci racconti?***

Ti potrei citare il distacco e la distruzione dei tetti delle costruzioni che vengono colpite da venti molto forti (durante uragani o eventi atmosferici molto violenti): infatti, in questi casi le costruzioni, che sono al loro interno approssimativamente isolate rispetto all'esterno, sono sottoposte ad una grande differenza di pressione causata dalla forte velocità dell'aria esterna, che produce una diminuzione della pressione esterna, mentre la pressione all'interno della casa rimane invariata. La forza esercitata sulla superficie del tetto dalla differenza di pressione (che va dal basso verso l'alto) è capace di scoperchiarlo.

### ***Semplice e di effetto questo esempio! Ora sono incuriosita, ne hai altri?***

Ora ti sorprendo con un esempio di medicina. L'aterosclerosi è una malattia provocata dall'accumulo di materiale lipidico nello strato più interno delle arterie. Per l'equazione di Bernoulli, ad una diminuzione della sezione della cavità dove scorre il sangue corrisponde un aumento di velocità di quest'ultimo, il quale provoca un abbassamento della pressione interna in quel punto. Di conseguenza, la pressione esterna sarà maggiore di quella interna e tenderà a schiacciare l'arteria così da diminuire ulteriormente il flusso di sangue.

### ***Ancora uno dai...!***

Ti è mai capitato a casa, quando hai una finestra aperta, o comunque hai delle aperture verso l'esterno, che il vento soffi e la porta si chiuda bruscamente?

### ***Certo e che fastidio!***

Pensa, anche nel caso in cui il vento soffi nella direzione in cui la porta dovrebbe aprirsi, questa si chiude, perché la velocità dell'aria che entra è elevata rispetto all'aria ferma nella stanza e questo causa una depressione che induce il movimento della porta stessa.

# L'Uomo di Piltdown

Dott. Manolo Piat

---

Titolo: ***Il primo uomo***

Autore: *Raf*

Album: *La prova*

Anno di pubblicazione: 1998

Durata: 4' 04"

---

*Senza gravità*

*Il corpo trova l'istinto della libertà*

*E il silenzio da*

*Allo spazio una dimensione liquida*

*Io sasso di fionda sospeso nell'oscurità*

*Mi perdo al suono leggero dell'immensità*

*Sarò il primo uomo che vola*

*Che va dalla terra alla luna in una notte scura*

*Sarò solamente una scintilla*

*Nella notte infinita di una stella il primo uomo*

*Old day good bye*

*Ora intorno a me*

*C'è una pace che il mondo mai avrà*

*Il cielo è una cattedrale che muri non ha*

*Dove arriva l'eco lontano dell'umanità*

*Sarò il primo uomo che vola*

*Che va dalla terra alla luna in una notte scura*

*Sarò solamente una scintilla*

*Nella notte infinita di una stella il primo uomo*

*Oltre il tempo oltre la realtà*

*Questo viaggio chissà dove porterà*

*Sarò un bambino che nasce*

*Un albero nuovo che cresce che non ha paure*

*Sarò solamente una cometa*

*Nella notte lontana di un pianeta il primo uomo*

*Sarò il primo che vola*

*Che cammina sfiorando la luna non ho più paura*

*Sarò solamente una scintilla*

*Nella notte infinita di una stella il primo uomo*

*Old day good bye*

## ***Buongiorno Manolo, un artista italiano per questa puntata.***

Buongiorno Donatella, oggi diamo spazio a Raffaele Riefoli, meglio noto come Raf e alla sua canzone "Il primo uomo", scandita da chitarra acustica e basso e intervallata da chitarra rock. È una canzone dai testi meramente poetici e esistenziali, tratta dall'album "La prova", del 1998, lavoro discografico che incontra decisamente i favori della critica, ma meno da parte del pubblico.

## ***E l'argomento scientifico che questa canzone ci suggerisce?***

Parliamo oggi di un nostro presunto antenato, l'Uomo di Piltdown, oggetto della più famosa truffa paleontologica della storia e riguardante il falso ritrovamento di resti fossili appartenenti a una sconosciuta specie di ominide. Il ritrovamento, avvenuto in Inghilterra nel 1912, consisteva in alcuni frammenti di cranio e di osso mandibolare, che gli scopritori dicevano raccolti in una cava di ghiaia nella zona di Piltdown, nel Sussex. All'ominide sconosciuto fu dato il nome scientifico di *Eoanthropus dawsoni*, dal nome dello scopritore Charles Dawson, un archeologo dilettante.



### ***Come si è svolta la vicenda?***

Il 18 dicembre 1912, Dawson presentò i resti agli studiosi della *Geological Society* di Londra, affermando che gli erano stati consegnati da un lavoratore della cava quattro anni prima. In successive visite, Dawson aveva poi ritrovato altri frammenti del cranio e li portò da Arthur Smith Woodward, del *British Museum*. Fortemente colpito dai ritrovamenti, Woodward accompagnò Dawson al sito, dove, tra giugno e settembre del 1912, i due ritrovarono ulteriori frammenti del cranio e metà della mandibola.

### ***E qual era l'importanza della scoperta?***

Secondo Woodward, la ricostruzione dei frammenti indicava il cranio come molto simile all'uomo moderno, a eccezione dell'occipite e delle dimensioni del cervello, che era molto più piccolo rispetto a quello dell'*Homo sapiens*. Inoltre, fatta eccezione per due molari identici a quelli umani, la mandibola sembrava identica a quella di un giovane scimpanzé moderno. In base a questi dati, propose l'Uomo di Piltdown come anello mancante dell'evoluzione della specie umana, ossia la congiunzione tra le scimmie e l'uomo moderno, in linea con le teorie evolutive allora prevalenti.

### ***Però all'inizio parlavi di una truffa legata a questi reperti***

Fin da subito, le dichiarazioni di Woodward furono messe in dubbio. Ad esempio, altri studiosi, partendo dagli stessi frammenti, ottennero un modello completamente differente da quello proposto dagli scopritori, che mostrava dimensioni del cervello compatibili con quelle dell'uomo moderno. A questa seconda ricostruzione fu dato il nome di *Homo piltdownensis*. Agli inizi del 1913, David Waterson pubblicò su *Nature* l'ipotesi secondo cui i resti di Piltdown erano semplicemente riferibili a una mandibola di scimmia e a un cranio umano. Il paleontologo francese Marcelin Boule giunse alla stessa conclusione nel 1915 mentre, negli Stati Uniti, lo zoologo Gerrit Smith Miller identificò correttamente la mandibola come appartenente a un orango.

### ***La truffa era stata scoperta, allora?***

Non ancora; nonostante queste prove, passarono ancora molti anni prima che venissero accettate come corrette. Anche perché nel frattempo, nel 1915, Dawson annunciò il ritrovamento di un secondo cranio della stessa specie, a circa due miglia dal sito precedente. Nel dubbio, nei decenni successivi e fino al definitivo riconoscimento del falso, gli scienziati si riferivano all'uomo di Piltdown come a un'aberrazione del percorso evolutivo umano tracciato dai resti fossili ritrovati altrove. Anzi, tale era la considerazione in cui veniva tenuto questo reperto che il 23 luglio 1938, nel luogo in cui fu ritrovato l'Uomo di Piltdown, Sir Arthur Keith presenziò alla collocazione di un monumento in memoria della scoperta.

### ***Però alla fine si è scoperta la verità?***

Bisogna aspettare il novembre del 1953, quasi 40 anni dopo la scoperta, quando il *Time* pubblica le prove che indicavano l'Uomo di Piltdown come un reperto contraffatto, composto da tre specie distinte. Le prove raccolte indicavano che si trattava del teschio di un uomo di epoca medievale, della mandibola di un orango che risale a cinquecento anni prima e di alcuni denti di scimpanzé. L'apparente antichità del reperto fu ottenuta colorando i resti con una soluzione di ferro e acido cromico, ma gli esami al microscopio rilevarono i segni di una lavorazione artificiale per modellarne la forma e la successiva datazione col carbonio 14 confermò la tesi della falsificazione.

### ***Come è possibile che molti studiosi siano caduti nella truffa?***

Agli inizi del XX secolo, la comunità scientifica era convinta che il cervello umano attuale si fosse evoluto precedentemente alla dieta onnivora moderna e i falsari avevano riprodotto esattamente le caratteristiche che questa teoria richiedeva. È poi probabile che abbiano avuto un ruolo chiave l'orgoglio nazionalista e i pregiudizi culturali inglesi, perché il reperto permetteva di posizionare i primi segni di evoluzione dell'uomo moderno in Inghilterra. Purtroppo L'Uomo di Piltdown ebbe un impatto negativo anche sullo studio dell'evoluzione umana, consumando grandi quantità di risorse sottratte invece a studi più importanti, come quelli sui veri fossili di australopitechi scoperti in Sudafrica.

### ***E a chi dobbiamo dire grazie per questo scherzetto?***

L'identità del falsario (o dei falsari) è stata a lungo sconosciuta. Oltre ovviamente allo stesso Charles Dawson, sono numerosi i sospettati (tra cui Arthur Conan Doyle). Charles Dawson venne indicato come autore del falso ritrovamento anche perché nella sua collezione privata vennero trovati in seguito almeno 38 falsi, per cui Piltdown sembrava solo il vertice del suo lavoro di falsario. In realtà, dopo 84 anni, ossia nel 1996, si è scoperto il vero colpevole: era Martin Alistair Campbell Hinton, curatore del settore zoologico del Museo di Storia Naturale britannico e già incluso nella lista dei sospettati. Lo ha smascherato Brian Gardiner, docente di paleontologia al *King's College* di Londra, che ha ritrovato in un baule appartenuto ad Hinton alcune ossa trattate con lo stesso procedimento usato per l'Uomo di Piltdown. Quando si dice che un bel gioco dura poco...

# Gli occhi su un nuovo mondo

Dott. Alex Casanova

---

Titolo: ***Eppur si muove***

Autore: *Haggard*

Album: *Eppur si muove*

Anno di pubblicazione: 2004

Durata: 8' 22"

---

*My Son, beware.*

*... of all that your eyes cannot see*

*Trust your mind*

*And strenghten your abilities*

*Did you ever touch the starlight ?*

*Dream for a thousand years?*

*Have you ever seen the beauty*

*Of a newborn century?*

*And now's the time to enter*

*A new way, things to see*

*Man is just a weak reflection*

*In evolution's history*

*And in your hour of darkness*

*It will guide your way:*

*La bellezza del paese di Galilei*

*E nella mia ora più buia*

*loro splendoranno*

*spenderanno per me*

*all'infinito*

*Geboren im flackernden Kerzenschein*

*Verfasst in dunkler Zeit*

*Ein altes Stück von Pergament*

*Sich mit der Feder vereint*

*Der Zeichnung seines Arms entspringt*

*Der Universen Zelt*

*Es ist der Zeiten Anbeginn*

*Und ändert diese Welt*

*Des Universums Zelt*

*Nato al lume guizzante della candela*

*Scritto in tempi oscuri*

*Sulla vecchia pergamena*

*Scorre la penna*

*E dal suo braccio nasce*

*Il disegno delle volte celesti*

*È l'inizio dei tempi*

*E cambierà il mondo*

*My son, take care...*

*of what the cross wants you to be*

*Trust your eyes*

*And strenghten your abilities*

*Did you ever touch the starlight ?*

*Dream for a thousand years?*

*Have you ever seen the beauty*

*Of a newborn century?*

*And time has come to doubt*

*About the holy verse*

*It is just a weak reflection*

*In our endless universe*

*And in your hour of darkness*

*The beauty guides your way:*

*La bellezza del paese di Galilei*

*E nella mia ora più buia*

*loro splendoranno*

*spenderanno per me*

*all'infinito*

## ***Oggi siamo andati a pescare una canzone davvero particolare dal punto di vista compositivo...***

Oggi siamo andati in Germania per scoprire un gruppo eclettico in grado di combinare sapientemente la musica classica con il metal più aggressivo. Cantano in tedesco, in inglese ma anche in italiano e in latino, davvero un gruppo particolare.

### ***Ma chi sono?***

Sono gli Haggard; come dicevo vengono dalla Germania. Sono nati nel 1991 e sono un gruppo composto da una ventina di elementi circa: diversi cantanti, gli strumenti classici del rock, ma anche fiati e archi. La loro musica, come abbiamo avuto modo di sentire all'inizio della puntata, ha un sapore antico, ci riporta idealmente indietro al medioevo e al rinascimento; ma anche il testo della canzone ci riporta indietro nel tempo.

### ***In che senso? Di cosa parla questa canzone?***

Questa canzone parla di Galileo Galilei, anzi tutto l'album è dedicato al padre del moderno metodo scientifico. L'album e la canzone che stiamo ascoltando si intitolano "Eppur si muove". Pubblicato nel 2004, questo lavoro degli Haggard parla della vita di Galilei e dei suoi risultati scientifici, in particolare il brano che ho scelto per la puntata di oggi. Quindi non potevo non parlare di questo gruppo e del loro lavoro.

### ***In effetti non si poteva non parlare di Galilei, il padre della scienza moderna, giusto Alex?***

Dici perfettamente Donatella. Tutti abbiamo sentito parlare di Galileo Galilei; Galilei l'astronomo, il matematico, il fisico, Galilei il filosofo. Il Galilei padre della scienza moderna, il Galilei delle "sensate esperienze" e delle "necessarie dimostrazioni", il Galilei del "libro della Natura scritto in caratteri matematici". Oggi vorrei soffermarmi su alcuni risultati del Galilei forse meno noto al grande pubblico: il principio di inerzia, la misura della velocità della luce e le osservazioni astronomiche contenute nel "Sidereus Nuncius".

### ***Allora cominciamo dal primo, il principio di inerzia.***

Il principio di inerzia è una delle leggi fondamentali del moto dei corpi. Può essere enunciato come segue: "*se un corpo è soggetto ad un sistema di forze con risultante nulla allora persiste nel suo stato di quiete o di moto rettilineo uniforme*". In altre parole, se un corpo non subisce forze o rimane fermo o continua a muoversi dritto a velocità costante. Vorrei però usare le parole di Galilei in merito a questo principio; nel "Dialogo sopra i due Massimi sistemi del mondo" (1632) Galilei scrive: "*il mobile durasse a muoversi tanto quanto durasse la lunghezza di quella superficie, né erta né china; se tale spazio fusse interminato, il moto in esso sarebbe parimenti senza termine, cioè perpetuo*". Ma questo, scrive ancora Galilei: "*deve intendersi in assenza di tutti gli impedimenti esterni e accidentari*", cioè questo moto può avvenire solo in assenza di attriti che altrimenti frenerebbero il corpo.

### ***Nella vita quotidiana come interviene questo principio?***

Come detto dallo stesso Galilei, il principio di inerzia è difficile da osservare a causa della presenza degli attriti. Basti pensare all'attrito dell'aria o all'attrito fra le gomme di un'auto e l'asfalto.

Tuttavia, il principio di inerzia stabilisce che un corpo tende a mantenere il suo stato di quiete o di moto a velocità costante. È questa inerzia, la misura di questa tendenza a mantenere il proprio stato di moto, che sperimentiamo quotidianamente; il più semplice esempio ci viene proprio da un'automobile: quando freniamo bruscamente tendiamo a spostarci in avanti, oppure quando acceleriamo di colpo ci sentiamo schiacciati contro il sedile. Ecco, queste sono due esperienze piuttosto comuni imputabili all'inerzia.

### ***Dicevi che Galilei misurò la velocità della luce. In che modo?***

Premessa: siamo nei primi anni del 1600, quindi il metodo è rudimentale, anche se risulta il primo tentativo di misurare la velocità della luce. Il metodo, riadattato al territorio bellunese, è il seguente: una prima persona sale in cima al Monte Serva con una lanterna; un'altra persona, sempre con una lanterna, si posiziona sul Visentin. La prima persona accende la lanterna e comincia a misurare il tempo; la persona sul Visentin accenderà la sua lanterna non appena vedrà la luce della prima. A questo punto, il nostro bravo misuratore sul Serva fermerà il cronometro non appena vedrà la luce del suo collega dall'altra parte della valle. Un metodo sicuramente impreciso, ma bisogna pensare che Galilei fu il primo a porsi il problema secondo il quale la luce poteva propagarsi da un punto all'altro ad una velocità finita e non istantaneamente, così come si pensava all'epoca.

### ***Per curiosità quanto tempo impiega la luce a percorrere il tragitto Serva-Visentin-Serva?***

Considerando che in linea d'aria tra il Serva e il Visentin ci sono circa 15 km, il tempo impiegato dalla luce è dell'ordine della decima parte di un millesimo di secondo. Quindi un tempo piccolissimo, davvero difficile da misurare con strumenti non adeguati e non sufficientemente precisi. Per questo motivo il metodo di Galilei fu infruttuoso; la velocità della luce, che come sappiamo vale circa 300.000 km/s, era troppo elevata per gli strumenti e le metodologie a disposizione di Galilei.

### ***Riprendiamo a parlare di Galileo Galilei, in particolare di una sua importante opera, il “Sidereus Nuncius”. Ecco, Alex, ci vuoi dire di cosa si tratta, di cosa parla quest'opera?***

È un breve trattato pubblicato nel 1610 che riporta le osservazioni astronomiche fatte da Galilei con un nuovo strumento scientifico, il cannocchiale. Le osservazioni riguardavano la Luna, la Via Lattea e i satelliti di Giove o, come li ribattezzò Galilei, i “pianeti medicei”. L'opera è molto importante perché contribuì a scardinare la tradizione aristotelica a favore di un metodo scientifico fondato sulla precisa osservazione dei fenomeni naturali.

### ***Osservazioni quindi che Galilei fece con il cannocchiale?***

Esatto Donatella, le sensate esperienze di Galilei si basano proprio sull'utilizzo di questo nuovo strumento. Uno strumento che non fu inventato da Galilei, ma da un fiammingo, Hans Lipperhey, nel 1609. Galilei venne a conoscenza dell'esistenza di questo strumento ottico mentre insegnava a Padova; ne intuì subito le potenzialità e, basandosi sulla “dottrina delle rifrazioni”, riuscì a potenziarlo in modo tale da poterlo puntare verso il cielo per vedere la Luna così come nessuno l'aveva mai vista prima.

### ***E che Luna vide Galilei?***

Una Luna molto diversa da come veniva descritta dalla tradizione aristotelica; non più una Luna dalla “*superficie liscia e levigata, ma scabra e ineguale, e, proprio come la faccia della Terra, piena di grandi sporgenze, profonde cavità e anfratti*”. Nel “*Sidereus Nuncius*” Galilei descrive in dettaglio la superficie lunare, ma affianca alle osservazioni le dimostrazioni per spiegare i fenomeni che egli stesso ha osservato. Ma le sue osservazioni non si sono limitate al nostro satellite. Galilei ha guardato ancora più lontano, puntando il suo cannocchiale verso Giove.

### ***E cosa ha scoperto guardando Giove attraverso il cannocchiale?***

Quello che lui stesso definisce la più importante tra le osservazioni riportate nel suo trattato: l'osservazione di “*quattro astri erranti*” attorno a Giove. Questi astri erranti sono quattro degli otto satelliti di Giove: Io, Europa, Ganimede e Callisto. Galilei riporta in modo molto preciso le sue osservazioni, corredando l'opera di preziose illustrazioni. Anche in questo caso il suo strumento fu sufficientemente potente per poter osservare le rotazioni di altri corpi celesti attorno a Giove; così la “*sensata esperienza*” riusciva a dare sostanza alla teoria copernicana sul sistema solare.

### ***Vorrei chiudere questa puntata leggendo gli ultimi versi della canzone degli Haggard: E nella mia ora più buia/ loro splenderanno/ splenderanno per me/ all'infinito***

Già Donatella, ironia della sorte Galilei morì cieco, ma “*nella sua ora più buia*” poteva ripensare alle stelle, ai pianeti e ai corpi celesti che aveva osservato per primo fra gli uomini. Ma quelli occhi riuscirono a vedere ben più in là, riuscirono a vedere un nuovo modo di osservare il mondo, un nuovo modo di studiare e di capire la Natura che ci circonda.

# Il cubo

Dott. Fabiano Nart

---

Titolo: **Me gusta la cubista**

Autore: *Pitura Freska*

Album: *Olive*

Anno di pubblicazione: 1999

Durata: 3' 34"

---

*SDrinkard, tèssere, biglieti  
entremo pieni ndemo fora nèti  
Qui dentro girano ragazze niente male  
con tanto pepe, con poco sale  
Le più simpaticone son tutte già impegnate  
Le libere truccate mi lanciano a pedate  
Se trovano un peletto fuori posto  
O sei perfetto o sei un mostro*

*Ritornello*

*Me gusta, me gusta la cubista  
Me gusta, me gusta 'la vista  
Me gusta serate come cuesta  
Pò vado casa col mal de tèsta*

*I manichini rincorrono misure  
Le bamboline taglie sicure  
Lei muove tutto, più la guardo più mi fermo  
Un paradiso, un inferno  
Mi sò un coiòte de nòme Dingo  
Magno peiòte, vedo e fasso bingo  
La città si osserva furbamente  
La cubista furtivamente*

*Ritrnello*

*Me gusta, me gusta la cubista  
Me gusta, me gusta 'la vista  
Me gusta serate come cuesta  
Pò vado casa col mal de tèsta*

## ***Pitura Freska oggi, non avrei mai pensato che saresti stato in grado di collegare i Pitura Freska alla scienza!***

Hai visto, Donatella, che sorpresa! A volte basta poco per trovare il pretesto per parlare di scienza, in questo caso, senza entrare nelle metafore di cui i Pitura Freska sono ricchi, si parla di una cubista. La cubista balla sul cubo, quindi del cubo si parla!

### ***Una puntata solo sul cubo?***

Diciamo che il cubo rappresenta, sfera esclusa, la più alta simmetria possibile per cui il cubo diventa il pretesto per parlare del concetto di simmetria molto importante in chimica e fisica.

### ***Quindi del cubo cosa ci raccontate?***

Cominciamo, direi, con delle generalità. In geometria il cubo, detto anche esaedro regolare, è un solido platonico che presenta 6 facce quadrate, 8 vertici e 12 spigoli; in ogni vertice si incontrano tre spigoli, i quali sono ortogonali due a due; in ogni vertice si intersecano anche tre facce, le quali sono a due a due ortogonali. Il cubo è un parallelepipedo rettangolo regolare, ed è un caso particolare di prisma quadrato e di trapezoedro.

### ***Dicevi prima che il cubo ha la più alta simmetria.***

Però prima di parlare della simmetria del cubo, dobbiamo parlare del concetto di simmetria in senso più generale e dedicato. Diciamo che il termine simmetria rappresenta una ripetizione nello spazio di certi elementi, più in generale di una forma geometrica. La simmetria diventa, come dicevo, anche una piccola scienza, perché aiuta ad interpretare i fenomeni naturali.

### ***Come la si applica ad esempio alla chimica e alla fisica?***

In fisica, ad esempio, la simmetria si applica alle particelle per capirne le loro trasformazioni, oppure alle leggi. In chimica si applica alle molecole, giacché sono delle strutture composte da atomi che si possono ripetere in certe posizioni. La simmetria si descrive in maniera compiuta attraverso degli elementi di simmetria che matematicamente poi si traducono in operatori di simmetria.

### ***E quali sono questi elementi di simmetria?***

Ce ne sono tanti! Possiamo dividerli in elementi di simmetria “base” e “composti”, ovvero derivati dalla combinazione dei primi. Tra gli elementi base cito il piano di simmetria, quindi una riflessione su un piano, un asse di simmetria, ovvero la rotazione attorno ad un asse ed un centro di inversione, vale a dire un punto che scambia destra con sinistra e sopra con sotto. Poi ne esiste un altro, che è quello fondamentale, ovvero la traslazione lungo una retta.

### ***Però dai, non lasciarmi con l'amaro in bocca, dimmi quali sono questi elementi di simmetria “composti”.***

Come ti dicevo prima, questi nascono dalla combinazione di due di quelli “base”. Ad esempio, combinando un asse di simmetria, quindi una rotazione, con una traslazione si ottiene un'assiale simmetria rototraslatoria o asse “screw” (= vite) che dato un punto lo ruota di un certo angolo e poi lo trasla nella nuova direzione. Oppure possiamo combinare un piano di simmetria con una traslazione e si ottiene un asse “glide” (= scivolata) che dato un punto ne fa l'immagine speculare opposta e poi lo trasla nella nuova direzione.

### ***E come si descrivono matematicamente tutti questi operatori?***

Dal punto di vista matematico, si descrivono attraverso vettori e matrici che contengono gli elementi della trigonometria, quindi seno, coseno degli angoli etc...

### ***Questi elementi di simmetria si possono combinare indistintamente?***

Per rispondere a questa domanda mi torna utile prendere esempio dalla mineralogia. Osservando la forma esterna di un cristallo, o meglio la disposizione delle sue facce, possiamo capire il sistema in cui cristallizza e questo determina la coesistenza di determinati elementi di simmetria, ma non di tutti. Però ci sono un numero finito di combinazioni nel caso della mineralogia!

### ***Quante quindi?***

Allora, esistono 32 gruppi puntuali in natura, ovvero combinazioni degli elementi di simmetria escluso quello di traslazione. I 32 gruppi sono raggruppati in sette sistemi cristallini, se combiniamo questi 32 gruppi con i 14 tipi di reticoli cristallini, quindi le traslazioni che sono le possibili combinazioni che, detto in parole, povere ci permettono di coprire un pavimento con diverse geometrie, otteniamo 230 combinazioni dette gruppi spaziali, per distinguerli da quelli puntuali.



### ***Ma qual è la differenza tra i 32 gruppi puntuali ed i 230 gruppi spaziali?***

I gruppi puntuali definiscono la simmetria di un punto, i gruppi spaziali, considerando anche le traslazioni, descrivono la simmetria tridimensionale di un oggetto.

### ***Molto interessante! Ma torniamo al cubo, parlatci della sua simmetria!***

Già guardandolo si capisce che il cubo ha un'alta simmetria. Difatti, ha un centro di simmetria, 9 assi di simmetria e 9 piani di simmetria, quindi 19 elementi, che poi si possono combinare ovviamente.

### ***Difficile figurarselo, riesci a rendere la nostra immagine più semplice?***

Speriamo! Intanto c'è un centro di simmetria proprio nel centro del cubo, che è il centro di inversione, poi abbiamo sei assi di simmetria rotazionali che passano per il centro di due spigoli opposti e tre assi di simmetria rotazionali passanti per il punto medio di due facce opposte. Si aggiungono poi tre piani di simmetria che passano per il centro del cubo e per i punti di mezzo di due facce opposte e sei piani di simmetria diagonali che passano per il centro e per le diagonali, andando ad attraversare quattro vertici.

### ***All'inizio dicevi che la sfera ha la simmetria più alta di tutte le altre strutture od oggetti. Ci puoi spiegare meglio?***

La sfera ha infiniti assi di simmetria, infiniti piani di simmetria ed un centro di simmetria proprio al centro, che è il centro di inversione. Se si prende il punto al centro, per questo punto passano infinite rette e si possono eseguire rotazioni di qualsiasi grado che lasceranno la sfera indistinguibile da quella di partenza. Ogni retta è contenuta in un piano che taglia la sfera in due parti uguali, essendoci infinite rette ci sono infiniti piani.

### ***Ora mi viene in mente una cosa che mi dissero a scuola. Ritorno alla mineralogia e prendo il caso della pirite. Ricordo di averla vista sia sotto forma di cristallo cubico che di un cristallo di forma più complessa. Questo vuol dire che non sono tutte e due cubiche?***

Entrambe appartengono alla simmetria cubica, anche se hanno cristallizzato sotto forma di cristalli che hanno un abito diverso e quindi una classe di simmetria diversa. Tu hai visto il cubo e probabilmente il pentadodecaedro, detto anche piritoedro. Ma se si guarda con attenzione il pentadodecaedro si può ancora riconoscere il cubo originario di partenza, al quale sono stati ad esempio "smussati" gli spigoli o alcune facce. Il risultato è una geometria più complessa, ma con ridotta simmetria rispetto al cubo di partenza.

### ***Immagino che la simmetria si possa applicare a molte cose che vediamo ogni giorno.***

È proprio così! Spesso si notano ad esempio dei pavimenti dove si ripetono figure o geometrie complesse, che però hanno i loro elementi di simmetria. Oppure mi viene in mente i rosoni delle chiese, dove si riconoscono determinati elementi di simmetria rotazionali. Ma basta guardarsi attorno e tutti noi ne scopriremo a migliaia!