

www.gdsdolomiti.org

info.gdsdolomiti@gmail.com



*Il Gruppo Divulgazione Scientifica
presenta*

Pillole di Scienza

*seconda edizione
stagione 2009-2010*

in collaborazione con

Radio Belluno

Indice

Lettera del Presidente	6	✓ Quali sono i quattro principali rami della chimica?	14
Prefazione	7	✓ Quali potrebbero essere ulteriori conferme della Relatività Generale?	14
OTTOBRE 2009 (Nart-Casanova)		✓ Cosa sono gli enantiomeri?	14
✓ Perché il forno a microonde riscalda i cibi?	8	✓ Cosa sono le onde gravitazionali?	15
✓ Cosa accadde il 29 maggio 1919?	8	✓ Cos'è l'esperimento del gatto di Schrödinger?	15
✓ Cos'è il processo dell'osmosi inversa usato per depurare l'acqua?	8	✓ Come possono essere osservati sperimentalmente i buchi neri?	16
✓ Chi era Arthur Eddington?	9		
✓ Chi sono i responsabili dei profumi della frutta?	9	NOVEMBRE 2009 (Nart-Peruzza)	
✓ In cosa consiste la Teoria Generale della Relatività?	9	✓ Perché il ghiaccio galleggia sull'acqua?	16
✓ Perché la lampadina fa luce?	10	✓ Cos'è un terremoto?	16
✓ Su quali basi sperimentali si poggia la Teoria Generale della Relatività?	10	✓ Quali sono le principali interazioni che si esercitano tra atomi?	17
✓ Cosa sono i geoneutrini?	10	✓ Cosa sono le onde sismiche?	17
✓ Deflessione dei raggi luminosi ed eclisse di Sole: qual è il legame?	11	✓ Come si producono le immagini nei vecchi televisori?	17
✓ Come si fa a rilevare i geoneutrini?	11	✓ I terremoti possono avvenire ovunque?	18
✓ Oltre alla spedizione di Eddington, vi sono stati altri tentativi di osservare un'eclisse totale di Sole?	11	✓ Perché si pensa che il sistema solare sia nato da una stessa materia?	18
✓ Quanti tipi di meteoriti esistono?	12	✓ L'Italia è una zona soggetta a terremoti?	18
✓ Che risultati ottennero Eddington ed i suoi collaboratori?	12	✓ Cos'è il calore?	18
✓ Quale importanza hanno le meteoriti?	12	✓ Come si misurano i terremoti?	19
✓ Come fu accolto il risultato sperimentale di Eddington?	13	✓ Quanti e quali sono i principi della termodinamica?	19
✓ Come si produce la corrente elettrica nelle pile?	13	✓ Fino a quale distanza si sentono i terremoti?	20
✓ Quale fu la reazione di Einstein dopo l'annuncio fatto da Eddington?	13	✓ Quali sono i tre meccanismi di trasmissione del calore?	20
		✓ Terremoti di simile energia sono ugualmente pericolosi?	20
		✓ Cos'è il calore latente?	21
		✓ Che differenza c'è fra pericolosità sismica e rischio sismico?	21
		✓ Quali sono le analogie tra i composti chimici in	

laboratorio e quelli di tutti i giorni?	21
✓ Com'è la situazione in Veneto, riguardo ai terremoti?	21
✓ Cos'è lo spin?	22
✓ I terremoti si possono prevedere?	22
✓ Cosa sono i gradi di libertà di una molecola?	22
✓ Come si fa la prevenzione dai terremoti?	23
✓ Il vetro è un solido?	23
✓ Cosa si fa in Veneto per ridurre il rischio sismico?	23

DICEMBRE 2009 (Piat-Alessandrini)

✓ Cos'è la Stratigrafia?	24
✓ Cos'è il pi greco?	24
✓ Quali sono gli altri scopi della Stratigrafia?	25
✓ Cos'è un teorema?	25
✓ Quali sono i criteri di ordinamento delle rocce sedimentarie?	25
✓ Cosa sono i sistemi di numerazione?	25
✓ Cosa dice il "Principio di sovrapposizione"?	26
✓ È vero che in una estrazione del gioco del lotto i numeri che non escono da molte settimane hanno più probabilità di uscire?	26
✓ Cosa dice il "Principio di orizzontalità originaria degli strati"?	26
✓ Cosa sono i numeri di Fibonacci?	26
✓ Cosa dice il "Principio di correlazione delle facies"?	27
✓ Cos'è la sezione aurea?	27
✓ Quali sono i criteri di ordinamento delle rocce intrusive?	27
✓ Chi fu Alan Turing?	28
✓ Cosa si intende per "memoria degli eventi" in geologia?	28
✓ Cos'è un algoritmo?	28
✓ Cosa si intende per unità stratigrafiche?	29
✓ Cosa sono e a cosa servono le reti neurali?	29
✓ Cosa sono le unità litostratigrafiche?	29
✓ Cos'è un bit? E cosa sono i KB, i MB, i GB?	29
✓ Qual è l'unità stratigrafica fondamentale?	30
✓ Cosa sono i computer quantistici?	30

✓ Esistono altre unità litostratigrafiche oltre alla Formazione?	30
✓ Cosa significa "digitale"?	31

GENNAIO 2010 (Piat-Casanova)

✓ Cosa si intende per Arenaria di Libano?	31
✓ Chi era Enrico Fermi?	31
✓ Cosa si intende per Arenaria di Orzes?	32
✓ Che ruolo giocò O. M. Corbino nello sviluppo della carriera di Fermi?	32
✓ Cosa si intende per Arenaria di S. Gregorio?	32
✓ Chi erano i ragazzi di Via Panisperna?	33
✓ Cosa si intende per Arenaria Glauconitica di Belluno?	33
✓ Cos'è il principio di esclusione di Pauli?	33
✓ Cosa si intende per Calcarea del Vajont?	34
✓ Qual è il significato fisico della statistica di Fermi-Dirac?	34
✓ Cosa si intende per Calcarea di Morbiac?	34
✓ Fermioni e bosoni: cosa si intende?	34
✓ Cosa si intende per Calcareniti dell'Alpago?	35
✓ Quale fu l'indirizzo delle ricerche di Fermi dopo i primi successi negli anni '20?	35
✓ Cosa si intende per Calcari del M. Cavallo?	35
✓ Cosa si intende per radiazione artificiale?	36
✓ Cosa si intende per Conglomerato di Richthofen?	36
✓ Quando riuscì Fermi a realizzare la prima reazione a catena?	36
✓ Cosa si intende per Conglomerato di Voltago?	37
✓ Cosa si intende per "Teoria di Fermi dell'Interazione Debole"?	37
✓ Cosa si intende per Encrinite di Fanes Piccola?	37
✓ Quali furono gli sviluppi della fisica successivi alla Teoria di Fermi dell'Interazione Debole?	38
✓ Cosa si intende con Flysch di Belluno?	38
✓ Quali furono gli ultimi interessi scientifici di Fermi?	38

FEBBRAIO 2010 (Nart-Masson)

- ✓ Quali sono state le prime prove sulla divisibilità dell'atomo? 39
- ✓ Cos'è l'astronomia 39
- ✓ Come venne scoperto l'elettrone? 39
- ✓ Cosa sono i cicli celesti? 40
- ✓ Cos'è il modello a panettone di Thomson? 40
- ✓ Anche la Luna fa parte dei cicli celesti? 40
- ✓ Come furono determinati massa e carica dell'elettrone? 41
- ✓ Le stelle non si spostano, a parte il moto apparente notturno? 41
- ✓ Come venne scoperto il nucleo atomico? 41
- ✓ Come funzionano le magnitudini delle stelle? 42
- ✓ Perché fu ipotizzato il neutrone? 42
- ✓ Cosa significa "Alfa del Cane Maggiore"? 42
- ✓ Cos'è il modello planetario di Bohr? 43
- ✓ Quali sono le principali costellazioni visibili dalle nostre località? 43
- ✓ Cos'è il modello quantomeccanico dell'atomo? 43
- ✓ Perché i segni zodiacali sono 12 e non 13, come le costellazioni? 44
- ✓ Si possono vedere gli elettroni? 44
- ✓ Guardando il cielo stellato cosa si può osservare oltre a stelle e Luna? 44
- ✓ Cos'è il LASER? 45
- ✓ Qual è il significato di anno luce? 45
- ✓ Da dove proviene la luce delle stelle? 45
- ✓ Per capire sinteticamente cosa sia il Big Bang, cosa possiamo dire? 46
- ✓ È giusto dire che nello spazio non c'è la forza di gravità? 46
- ✓ Conosciamo tutto dell'universo in cui ci troviamo? 46

MARZO 2010 (Nart-Alfieri)

- ✓ Perché il sale evita il formarsi del ghiaccio sulle strade? 47
- ✓ Chi era Jean Louis Rodolphe Agassiz? 47

- ✓ Cosa sono gli isotopi e gli isobari? 48
- ✓ Chi è Walter Alvarez? 48
- ✓ Quali sono i tre modi di decadimento di un isotopo radioattivo? 48
- ✓ Chi era Scipione Breislak? 49
- ✓ Qual è la differenza tra reazioni esotermiche ed endotermiche? 49
- ✓ Chi era Christian Leopold von Buch? 50
- ✓ Cos'è la mole? 50
- ✓ Chi era William Buckland? 50
- ✓ Cos'è il pH? 50
- ✓ Chi era Edward Drinker Cope? 51
- ✓ Cos'è il principio dell'Aufbau? 51
- ✓ Chi era James Hutton? 51
- ✓ Se l'acqua scioglie lo zucchero, perché una goccia d'acqua nel vasetto dello zucchero crea i grumi? 52
- ✓ Chi era Charles Lyell? 52
- ✓ Perché alcuni gas sono detti nobili? 52
- ✓ Chi era Andrija Mohorovičić? 53
- ✓ Quali tipi di geometrie di piastrelle permettono di coprire per intero un pavimento? 53
- ✓ Chi era Georges-Louis Leclerc de Buffon? 53
- ✓ Quale sostanza dà il colore alle feci e all'urina? 54
- ✓ Chi era Charles Francis Richter? 54
- ✓ Quale sostanza dà l'odore caratteristico alle feci? 55
- ✓ Chi era Lazzaro Spallanzani? 55

APRILE 2010 (Casanova-Masson)

- ✓ Cosa sono i Quark? 56
- ✓ Per osservare il cielo si usano i telescopi. Quali sono i principali tipi di telescopio? 56
- ✓ Cosa si intende per nucleone? 56
- ✓ Cosa sono i "quasar"? 57
- ✓ Qual è il significato dell'espressione "zoo delle particelle"? 57
- ✓ In astronomia si sente spesso parlare di redshift. Di cosa si tratta? 58
- ✓ Cos'è la stranezza in fisica? 58

✓ Cosa sono le comete?	58
✓ In cosa consiste la formula di Gell-Mann/Nishijima?	59
✓ Si conosce l'età dell'universo?	59
✓ Cosa significa la strana espressione "la via dell'ottetto"?	59
✓ Per osservare il cielo basta un binocolo? Come si possono capire le sue caratteristiche?	60
✓ Quando si sviluppò il Modello a Quark?	60
✓ Cos'è la radiazione cosmica di fondo?	60
✓ Quando avvenne la prima conferma sperimentale del Modello a Quark?	61
✓ Cos'è una stella di neutroni?	61
✓ Quali furono le successive scoperte a supporto dell'esistenza dei quark?	62
✓ Perché la notte è buia?	62
✓ Furono scoperti altri quark dopo la sviluppo del modello di Gell-Mann?	62
✓ Cosa sono le lenti gravitazionali?	63
✓ Quando fu scoperto l'ultimo quark?	63
✓ Cos'è il "gruppo locale"?	63
✓ In cosa consiste il Modello a Quark?	64
✓ Cosa sono gli ammassi globulari?	64

MAGGIO 2010 (Piat-Alessandrini)

✓ Cosa si intende per Formazione del Contrin?	65
✓ Cos'è un processore?	65
✓ Cosa si intende per Formazione del Monte Biviera?	65
✓ Perché la memoria di un computer è chiamata RAM?	66
✓ Cosa si intende per Formazione dell'Ambata?	66
✓ Cos'è un sistema operativo?	66
✓ Cosa si intende per Formazione di Agordo?	66
✓ Cos'è internet?	67
✓ Cosa si intende per Formazione di Dont?	67
✓ Cosa si intende per calcolo parallelo?	67
✓ Cosa si intende per Formazione di Fonzaso?	68
✓ Cos'è la macchina di Turing?	68
✓ Cosa si intende per Formazione di Igne?	68

✓ Cos'è il teorema di incompletezza di Gödel?	68
✓ Cosa si intende per Formazione di Soverzene?	69
✓ Cos'è la complessità di un problema?	69
✓ Cosa si intende per Marne di Bolago?	69
✓ Cos'è un metodo euristico?	70
✓ Cosa si intende per Siltite di Bastia?	70
✓ Cosa sono le tecniche evolutive nell'intelligenza artificiale?	70
✓ Cosa si intende per Siltite di Casoni?	70
✓ Cosa sono gli automi cellulari?	71
✓ Cosa si intende per Siltite di Curzoi?	71
✓ È vero che anche in informatica esistono gli alberi?	71

GIUGNO 2010 (Casanova-Masson)

✓ Cosa si intende per "software libero", esattamente?	72
✓ Il Modello a Quark venne accettato subito dai fisici?	72
✓ Che computer servono per utilizzare il software libero? Sono necessarie apparecchiature particolari?	72
✓ Cosa si intende per colore dei quark?	73
✓ Spesso si trova software gratuito in internet. Si tratta forse di software libero?	73
✓ Qual è il significato dinamico del colore?	73
✓ Il software libero ha anche implicazioni sociali?	74
✓ Cosa si intende per invarianza di scala?	74
✓ Discutendo di software libero è stata più volte usata la parola "copyleft", si potrebbe chiarire di cosa si tratta?	74
✓ Quali sono state le reazioni dopo la scoperta dell'invarianza di scala?	75
✓ Software libero e open source sono la stessa cosa?	75
✓ In cosa consiste la Teoria di Veneziano?	75
✓ In sostanza, quali sono in sintesi vantaggi del software libero?	76
✓ Cosa si intende per impulso mancante del pro-	

tone?	76	tosto che di Linux, come mai questa terminologia?	78
✓ È possibile capire cosa si può fare con software libero?	76	✓ Cosa si intende per confinamento dei quark?	78
✓ Quando nacque la moderna teoria dell'interazione forte?	77	✓ Chi utilizza software libero poi dipende da qualcuno in particolare?	79
✓ È possibile far convivere nella stessa macchina software libero e non libero?	77	✓ Quando vennero scoperti sperimentalmente i gluoni?	79
✓ Cosa si intende per Cromodinamica Quantistica?	78	✓ Gli hacker hanno qualcosa a che fare con il software libero?	79
✓ In varie pillole si è parlato di GNU/Linux, più-		✓ Chi vinse il premio Nobel nel 2004?	80

Lettera del Presidente

Giorni e giorni a pensare: “Quali argomenti porto questa volta in radio?”; i giorni passano, ma non si concretizzano le idee... eppure c'è un numero che tende ad infinito di argomenti scientifici, se poi consideriamo le varie discipline credo si ottenga come risultato un $n!$ (n fattoriale). E così si arriva al giorno prima della registrazione in radio, ma siamo nel nostro posto di lavoro per cui ci rimane l'intera notte da passare scrivendo le pillole per il giorno dopo. Questo è il backstage di “Pillole di Scienza” e posso assicurare che nessuno di noi sarebbe disposto a trascorrere giorni e notti così, se non serbasse nel proprio intimo uno spudorato amore per la scienza e la sua divulgazione. Non importa se la mattina seguente andiamo in radio con le occhiaie, l'immensa gioia nell'essere lì a divulgare nelle vostre case la scienza e nel vedere queste pillole su carta stampata ripaga di tutti gli sforzi profusi.

Quest'anno abbiamo avuto il prezioso aiuto di alcuni soci che si sono sempre dimostrati particolarmente attivi e che quindi non hanno esitato a mettersi a disposizione della rubrica radiofonica; vorrei quindi ringraziare i soci Dr. Massimo Masson, Ing. Paolo Alessandrini e D.ssa Laura Peruzza, in particolare questi ultimi due che sono venuti appositamente in radio da Treviso e Trieste, rispettivamente. Grazie a loro siamo riusciti ad ampliare l'offerta culturale con temi legati all'astronomia, all'informatica e intelligenza artificiale, alla tematica, attuale come non mai, dei terremoti. Mi corre quindi l'obbligo di ricordare a tutti i soci che sono ben accetti volontari che vogliono aiutarci in questa piccola, seppur importante, opera di divulgazione scientifica. Non serve essere dei luminari, basta avere qualcosa da raccontare: solo così potremo col tempo allargare sempre di più i nostri orizzonti.

In questa seconda edizione di Pillole di Scienza troverete le registrazioni da ottobre 2009 a giugno 2010, ben 216 pillole; se non erro i conti, considerando che la trasmissione riprenderà ad ottobre, vi consiglio dalle 2 alle 3 pillole al giorno. Questa la posologia ottimale per arrivare all'inizio della terza edizione pronti ed in forma per ricominciare.

Chiudo questo mio incipit ringraziando Radio Belluno e la conduttrice Donatella Boldo per l'entusiasmo che mettono per l'iniziativa e per permetterci di proseguire. Ringrazio inoltre voi lettori che acquistando questa piccola nostra opera permettete al GDS di continuare nella sua attività di divulgazione scientifica.

Non mi rimane che auguravi una buona lettura, ma anche di ricordarvi di non esagerare con la dose giornaliera a causa degli effetti collaterali...non vorrei mai che vi trovaste anche voi a passare notti insonni...

*Il Presidente GDS
Dr. Fabiano Nart*

Prefazione

Con immenso piacere anche per questa seconda edizione di “Pillole di scienza”, porto il mio saluto al Gruppo Divulgazione Scientifica Dolomiti E. Fermi ringraziando i suoi membri per la grande disponibilità a proseguire nella collaborazione con Radio Belluno.

Quest'anno abbiamo avuto modo di accogliere negli studi della Radio nuovi membri e questo ha permesso di affrontare argomenti in altri contesti della scienza.

L'auspicio è che questa collaborazione possa durare nel tempo.

*Donatella Boldo
Radio Belluno*

OTTOBRE 2009

“Ci sono soltanto due possibili conclusioni: se il risultato conferma le ipotesi, allora hai appena fatto una misura. Se il risultato è contrario alle ipotesi, allora hai fatto una scoperta.”

E. FERMI

Perché il forno a microonde riscalda i cibi?

Il forno a microonde, come dice il nome stesso, è un generatore di microonde, una particolare radiazione elettromagnetica che si colloca all'estremità meno energetica della scala di energia; solamente le onde radio utilizzate nelle telecomunicazioni sono meno energetiche. Le microonde non provocano danni, come ad esempio accade se veniamo investiti dai raggi X, i quali provocano reazioni strappando gli elettroni agli atomi. In questo caso i raggi X sono quindi in grado di penetrare negli atomi; le microonde invece non sono in grado di penetrare negli atomi, nemmeno nelle molecole (cosa che spetta ai raggi infrarossi, un pochino più energetici), ma sono in grado di porre in rotazione le molecole intere, un po' come se dessimo una spinta laterale ad una pallina che inizierà a ruotare su se stessa. Nei cibi è contenuta acqua allo stato liquido; le molecole di acqua sotto l'azione delle microonde iniziano a ruotare e, a causa dell'attrito prodotto, generano calore. L'acqua deve essere sotto forma liquida, se solida come nel caso del ghiaccio, le molecole sono bloccate e quindi impossibilitate a muoversi. Difatti, se si pone un blocco di ghiaccio nel microonde, impiegherà molto più tempo a sciogliersi rispetto al tempo richiesto per riscaldare un cibo.

Cosa accadde il 29 maggio 1919?

Il 29 maggio 1919 l'ombra di un'eclisse totale di Sole si stendeva attraverso l'Atlantico dall'Africa occidentale al Brasile settentrionale. Quell'eclisse fu scientificamente molto importante in quanto fu il banco di prova della Teoria Generale della Relatività, pubblicata da Einstein nel 1916. Venne infatti organizzata una spedizione scientifica con l'intento di verificare sperimentalmente una previsione teorica fatta da Einstein in merito alla deflessione che i raggi luminosi subirebbero passando in prossimità del Sole. Fu l'astronomo inglese Frank Dyson a decidere di organizzare una spedizione per studiare l'eclisse del 1919; Dyson scelse Arthur Eddington come guida della spedizione in virtù delle sue qualità scientifiche e della sua esperienza professionale. In realtà la spedizione era divisa in due gruppi: un primo gruppo, guidato da Eddington, raggiunse l'isola di Principe al largo delle coste occidentali dell'Africa, mentre un altro gruppo si diresse a Sobral in Brasile; l'intento era quello di raccogliere un numero maggiore di dati ed osservazioni della medesima eclisse totale di Sole.

Cos'è il processo dell'osmosi inversa usato per depurare l'acqua?

L'osmosi è un processo fisico che consiste nello spostamento di un liquido da una zona ad un'altra separata da una membrana semipermeabile. Requisito fondamentale perché ciò accada è che le due porzioni separate dalla membrana semipermeabile abbiano una diversa concentrazione di ioni, ovvero di sali disciolti. Così se una bacinella di acqua divisa da una membrana semipermeabile presenta una concentrazione salina maggiore da un lato rispetto all'altro, si innescherà una forza di richiamo che farà fluire acqua dalla zona più diluita a quella più concentrata; così facendo si avrà più acqua nella zona originariamente più concentrata e che ora sarà diluita. Il processo si arre-

sterà quando le due porzioni avranno la stessa concentrazione salina, ovvero si dice quando avranno la stessa pressione osmotica. Esempi nella vita quotidiana si hanno quando siamo nella vasca da bagno, la pelle dei nostri polpastrelli raggrinzisce in quanto la nostra pelle rappresenta una membrana semipermeabile tra l'acqua della vasca da bagno, con alta concentrazione salina e l'acqua all'interno del nostro corpo, meno concentrata; si crea quindi un flusso di acqua che fluisce dal nostro corpo verso la vasca da bagno nel tentativo di diluire la concentrazione salina. Un altro esempio è il processo di osmosi inversa con cui si purifica l'acqua, ma in questo caso l'acqua a causa di una pressione esterna imposta fluisce verso una zona senza sali (il contenitore) lasciando i sali a monte, ad esempio quelli responsabili del calcare.

Chi era Arthur Eddington?

Arthur Eddington nacque a Kendal in Inghilterra nel 1882; a causa della prematura scomparsa del padre, la madre di Eddington non godeva di sufficienti risorse economiche per garantire al figlio un'eccellente preparazione scolastica; nonostante questo Eddington si distinse per la sua intelligenza e grazie alle numerose borse di studio vintè riuscì a completare i suoi studi accademici nel 1905, studiando fisica all'Owens College di Manchester e al Trinity College di Cambridge. Una volta laureato cominciò il suo lavoro di ricerca in astrofisica presso l'osservatorio di Greenwich, dove poté perfezionare le proprie conoscenze sulle tecniche sperimentali di osservazione delle stelle. Tra il 1913 ed il 1914 Eddington divenne direttore dell'osservatorio astronomico di Cambridge, ricoprendo un ruolo fondamentale sia per quanto riguarda l'astronomia sperimentale che per quanto riguarda la controparte teorica. Durante la Prima Guerra Mondiale continuò le sue ricerche avvicinandosi in modo particolare alla nuova Teoria della Relatività Generale di Einstein; fu proprio Eddington ad introdurre questa teoria negli ambienti accademici inglesi, diventando così un vero e proprio esperto di Relatività, la figura di riferimento in Inghilterra. Eddington lavorò anche allo studio della struttura interna delle stelle e fu affascinato, nell'ultima parte della sua carriera, dallo sviluppo di una teoria unifica in grado di spiegare tutte le forze naturali. Morì nel 1944 dopo aver vinto numerosi premi ed onorificenze, ma non il Nobel.

Chi sono i responsabili dei profumi della frutta?

I profumi della frutta sono dati da particolari composti chimici che vanno sotto il nome di esteri. Gli esteri sono molto diffusi in natura, ma si preparano anche in laboratorio, anzi se ne sintetizzano di più in laboratorio che non in natura. Gli esteri sono la combinazione di altri due composti chimici molto noti a tutti noi: un acido carbossilico ed un alcol. Ad esempio, il profumo della banana è dato dall'acetato di isoamile, composto ottenuto dalla condensazione tra l'acido acetico e l'alcol isoamilico, l'uno usato in cucina e l'altro invece non molto noto, ma utilizzato nei laboratori. Le concentrazioni di questi esteri nella frutta sono molto basse, qualche punto percentuale; se si annusasse l'acetato di isoamile tale quale sarebbe inaffrontabile ed avrebbe un fetore più che un profumo.

In cosa consiste la Teoria Generale della Relatività?

Questa teoria, sviluppata da Einstein, è una teoria in grado di fornire una spiegazione completa della forza di gravità; in maniera abbastanza sorprendente questa forza si lega alla geometria dello spaziotempo che ci circonda, ovvero si manifesta attraverso proprietà geometriche dello spaziotempo. Sinteticamente, ed in maniera molto efficace, possiamo affermare che, usando le parole di John Archibald Wheeler "la materia dice allo spaziotempo come curvarsi, lo spaziotempo dice alla materia come muoversi". In altre parole, la distribuzione di materia, sorgente della forza di gravità, incurva lo spaziotempo, lo flette, lo piega come se fosse un sottile tessuto che ci avvolge. Tuttavia lo spaziotempo è il luogo dove ci si muove e quindi la curvatura dello spaziotempo influisce sul movimento della materia. Per esempio, un raggio luminoso che passa vicino al Sole risente della

curvatura dello spaziotempo prodotta dalla nostra stella ed in tal modo non viaggia più in linea retta bensì seguendo una traiettoria curvilinea, ovvero avviene una deflessione dei raggi luminosi. Lo spaziotempo non è più un contenitore inerte dei fenomeni fisici, ma risponde dinamicamente alla presenza di materia influenzandone il movimento.

Perché la lampadina fa luce?

Nella lampadina c'è un materiale refrattario, ovvero alto fondente, che quando viene attraversato da una corrente elettrica diventa incandescente. Il materiale di cui è composto il filamento delle lampadine è Wolframio (detto anche Tungsteno) che diventa appunto incandescente con temperature di circa 1.500 °C. L'incandescenza è spiegabile tramite l'effetto Joule: una corrente che fluisce in un filo conduttore, a causa della non perfetta conducibilità elettrica del metallo subisce un ostacolo al proprio moto. Gli elettroni della corrente quindi producono un attrito disperdendo parte dell'energia sotto forma di calore (ecco perché i fili dove passa corrente sono caldi). Quando la resistenza del metallo al passaggio della corrente è molto elevata, l'effetto Joule è molto spinto ed il metallo diventa incandescente. Caso opposto al Tungsteno è l'Argento che difatti è il miglior conduttore che esista, ma produrre cavi elettrici in Argento sarebbe troppo dispendioso e si fanno invece di rame. Perché il filamento di Tungsteno nella lampadina possa durare nel tempo ci deve essere assenza di ossigeno, ecco perché nelle lampadine si crea il vuoto. In caso contrario il filamento va incontro a combustione producendo l'ossido di Tungsteno.

Su quali basi sperimentali si poggia la Teoria Generale della Relatività?

La teoria sviluppata da Einstein fa riferimento a due risultati sperimentali: l'uguaglianza fra massa inerziale e massa gravitazionale e la precessione degli equinozi di Mercurio. L'uguaglianza tra massa inerziale, legata al moto dei corpi, e massa gravitazionale, legata alla forza di gravità, fu stabilita sperimentalmente da Lorand Eötvös nel 1889; Einstein ne fece un assunto teorico dal quale partire per sviluppare la sua teoria; riportando le parole di Einstein: "l'eguaglianza delle masse inerziale e gravitazionale, definite in maniera così diversa, è un fatto confermato da esperienze di grandissima precisione" [Einstein ne "Il Significato della Relatività"]. La precessione degli equinozi dell'orbita di Mercurio, invece, consiste in una lenta e graduale rotazione dell'orbita di Mercurio attorno al Sole; questo fenomeno era già noto nell'800: LaVerrier misurò quest'effetto nel 1845, Newcomb nel 1882. Il problema consisteva nel fatto che la teoria newtoniana della gravità non era in grado di fornire, senza opportune ipotesi aggiuntive, un'interpretazione del fenomeno. In tal senso il fenomeno della precessione fornì un elemento essenziale per selezionare una corretta teoria della gravità; Einstein lavorò molto in questa direzione, scartando teorie concorrenti (quali per esempio la teoria scalare di Gunnar Nordström che non portava ad una corretta previsione) e perfezionando la propria teoria in modo da poter prevedere il corretto risultato sperimentale già misurato negli anni precedenti.

Cosa sono i geoneutrini?

I geoneutrini sono in realtà antineutrini, ovvero sono l'antiparticella dei neutrini, particella molto fugace e che accompagna molti processi nucleari. Il geoneutrino è quindi un antineutrino e si chiama "geo" perché viene prodotto all'interno della Terra. Responsabili della formazione dei geoneutrini sono i decadimenti radioattivi β dell'Uranio e del Thorio che avvengono nel mantello e nella crosta terrestre. I geoneutrini sono molto importanti in quanto, essendo queste particelle molto fugaci, non interagiscono con la materia, ovvero emergono nell'atmosfera terrestre intatti e quindi sono messaggeri dell'interno della Terra. Difatti possiamo, studiando ad esempio il profilo energetico dei flussi, sapere quanto Uranio e Thorio sono contenuti nell'interno della Terra. E, siccome questi decadimenti producono una consistente quantità di calore, ci aiutano a capire quali sono le fonti del calore emanato dalla Terra. Difatti prima della scoperta dei geoneutrini si aveva un deficit

nel bilancio termico della Terra: da satellite si misurava una potenza di circa 30/40 TW, ma non si riusciva a rendere conto di circa 20 TW con i processi allora noti. Il calore radiogenico associato ai decadimenti radioattivi e quindi studiabile attraverso i geoneutrini sembra essere la giusta soluzione al rompicapo.

Deflessione dei raggi luminosi ed eclisse di Sole: qual è il legame?

La teoria della Relatività Generale di Einstein prevede che la luce venga deviata quando passa vicino ad una grande distribuzione di massa, quale per esempio una stella o un'intera galassia. Questo significa che la luce proveniente da una stella lontana viene deviata dal suo percorso rettilineo se sul suo cammino incontra un'altra stella come il nostro Sole. Questa deviazione della luce fa apparire la stella in una posizione che non corrisponde alla sua reale posizione, è come se risultasse spostata di un piccolo angolo sulla volta celeste; questo angolo è ciò che Einstein aveva calcolato utilizzando la sua teoria, un angolo che può essere misurato sperimentalmente. Per effettuare la misura bisogna individuare, sulla volta celeste, la posizione della stella in due diversi momenti: il primo quando la stella è lontana dal Sole per individuare la sua reale posizione; il secondo quando la luce della stella viene deviata dal Sole, ovvero quando la stella si trova vicino al bordo del Sole. Tuttavia, per effettuare questa osservazione bisogna guardare direttamente verso il Sole, il che era possibile un tempo solo durante un'eclisse totale. Durante il periodo di oscuramento è possibile osservare tutto il bordo del Sole, scorgendo così altre stelle e potendone misurare la posizione apparente. In tal senso, all'inizio del 1900, le eclissi totali di Sole rivestivano un ruolo sperimentale molto importante.

Come si fa a rilevare i geoneutrini?

Come detto, i geoneutrini sono particelle fugaci in grado di percorrere migliaia di chilometri nella roccia senza essere bloccati a causa di reazioni nucleari. È quindi difficile rilevarli ed in particolare ci si deve porre in zone molto schermate dai raggi cosmici, dai muoni cosmici che arrivano sulla Terra, ma soprattutto lontano dalle centrali nucleari che sono una fonte eccezionale di antineutrini. Tutte queste sorgenti verrebbero rilevate dal rivelatore andando a contaminare il segnale da noi cercato; è vero che si riesce a distinguere un antineutrino di una centrale nucleare rispetto ad un geoneutrino, ma considerando che si rileva poco più di un geoneutrino per mese si capisce che più il segnale è puro e meglio è. I rivelatori contengono una particolare sostanza liquida detta scintillatore che dà statisticamente delle reazioni con i geoneutrini e da questa reazione nucleare vengono prodotti dei fotoni. Quindi si va a rilevare e misurare l'intensità di questi fotoni che sarà correlata all'intensità dei geoneutrini. Un rivelatore è operante all'interno del Gran Sasso all'Istituto di Fisica Nucleare e si chiama Borexino; Borexino è così schermato dai muoni cosmici che vengono bloccati dalla roccia soprastante. Un altro importante rivelatore si trova nell'isola di Kamioka, in Giappone e si chiama KamLAND, ma questo soffre del disturbo intenso delle centrali nucleari. Altri rivelatori sono in fase di costruzione, come nelle Hawaii, dove in particolare si studiano i geoneutrini provenienti dal mantello, difatti le isole Hawaii sono composte da mantello fuso che sale dalle spaccature oceaniche. Borexino invece rileva i geoneutrini provenienti dalla crosta.

Oltre alla spedizione di Eddington, vi sono stati altri tentativi di osservare un'eclisse totale di Sole?

Come detto precedentemente, un'eclisse totale di Sole rappresentava un momento unico per la verifica sperimentale della Relatività Generale. La spedizione di Eddington non fu la prima e nemmeno l'ultima nel tentativo di osservare la deflessione dei raggi luminosi provocata dal nostro Sole. In realtà questa osservazione è molto delicata: innanzi tutto l'entità di questa deflessione è molto piccola, quindi per misurarla è necessario un tempo di osservazione piuttosto lungo. L'eclisse quindi deve essere totale e sufficientemente lunga e questo comporta numerose difficoltà: il Sole

deve essere sufficientemente alto sull'orizzonte per diminuire il disturbo dell'atmosfera, il cielo deve essere limpido, il luogo dove osservare l'eclisse facile da raggiungere. Per questi motivi diverse spedizioni precedenti non ebbero successo; per due volte le spedizioni organizzate da un astronomo tedesco collega di Einstein, Erwin Freundlich, non ebbero l'esito desiderato: il 10 ottobre 1912 il maltempo impedì l'osservazione, mentre il 21 agosto 1914 fu la guerra a fermare l'astronomo tedesco. Anche astronomi statunitensi organizzarono delle spedizioni per osservare l'eclisse del 8 giugno 1918, ma anche in questo caso la nuvolosità impedì delle buone osservazioni. In tal senso la spedizione di Eddington fu piuttosto fortunata.

Quanti tipi di meteoriti esistono?

Ci sono due modalità di classificazione delle meteoriti, una chimica-composizionale ed una legata al tipo di metamorfismo subito, ovvero al tipo di trasformazione a cui sono andate incontro. Secondo la classificazione chimica, le meteoriti si dividono in ferri meteorici, ferro-pietre meteoriche e pietre meteoriche. I ferri meteorici sono composti da una lega Ferro-Nichel dove sono visibili cristallizzazioni, le pietre meteoriche sono composte invece da minerali silicatici, mentre le ferro-pietre meteoriche hanno una composizione intermedia alle due precedenti, 50:50, e si dividono in acondriti e condriti, le seconde contenenti condrule, mentre le prime ne sono prive. Secondo la classificazione di metamorfismo si dividono in meteoriti differenziate e indifferenziate, sono meteoriti differenziate quelle meteoriti che hanno subito shock termici o altre perturbazioni in grado di rimescolare i minerali originali e dando quindi origine a nuove cristallizzazioni, sono invece meteoriti indifferenziate quelle meteoriti che sono rimaste inalterate, cioè che non si sono differenziate dal momento della loro creazione. Rientrano in questo caso le condriti che presentano condrule, ovvero noduli, mentre sono differenziate tutte le altre descritte sopra che si presentano non come un agglomerato (le condrule), ma come una pietra omogenea.

Che risultati ottennero Eddington ed i suoi collaboratori?

Come detto, la spedizione di Eddington fu piuttosto fortunata; sia il gruppo che osservò l'eclisse dal Brasile settentrionale sia il gruppo sull'isola di Principe riuscirono ad effettuare le misure preventivate. Tuttavia ci furono delle difficoltà; alcune strumenti utilizzati dal gruppo in Brasile evidenziarono degli errori sistematici, mentre il cielo sopra l'isola di Principe non era così limpido come sperato causa un forte temporale sviluppatosi in mattinata. Nonostante questo, i due gruppi riuscirono a fare diverse foto del Sole durante l'eclisse totale; dopo l'analisi dei dati a disposizione, furono così in grado di ottenere una misura finale della deflessione dei raggi luminosi. Il gruppo in Brasile misurò una deflessione pari a $1''98$, mentre il gruppo sull'isola di Principe giunse alla conclusione di $1''61$. Considerando gli errori sulle misure effettuate ed il valore atteso secondo la previsione fatta da Einstein di $1''74$, Eddington fu in grado di concludere che la Relatività Generale veniva confermata dal suo esperimento.

Quale importanza hanno le meteoriti?

Le meteoriti, detto in parole semplici, altro non sono che sassi caduti dal cielo e provenienti dall'universo. Sono quindi materia cosmica proveniente dalla nebulosa primordiale gravitante attorno al Sole e dalla quale si sono formati i pianeti del sistema solare. In particolare, sono molto importanti le condriti carbonacee, ovvero quelle meteoriti classificate come pietre meteoriche e con prevalente composizione carbonacea, ovvero contenente carbonati. Essendo condriti presentano le condrule, ovvero sono come un conglomerato di sassi e cemento, cioè dalla loro formazione non hanno subito nessuna trasformazione che li ha omogeneizzati. Sono quindi testimoni delle prime fasi della nascita del sistema solare, in particolare la loro composizione chimica rappresenta la composizione chimica della prima materia che si è condensata dalla nebulosa primitiva. Questo vuol dire che studiando la composizione chimica delle condriti carbonacee sappiamo quale era la

composizione chimica della Terra e degli altri pianeti interni rocciosi. La composizione attuale della Terra è diversa da quella delle condriti carbonacee e ciò significa che dal momento della sua nascita la Terra si è modificata nel suo interno, essendosi differenziata in nucleo, mantello e crosta. Le condriti carbonacee hanno invece una composizione chimica pressoché uguale a quella del Sole, dimostrando che il Sole si è formato dalla nebulosa primordiale e la stessa, iniziando a gravitare attorno alla nostra stella, ha prodotto i vari pianeti.

Come fu accolto il risultato sperimentale di Eddington?

Dopo aver analizzato i dati a disposizione accumulati in Brasile e sull'isola di Principe, Eddington ed i suoi collaboratori erano pronti per annunciare pubblicamente i risultati della loro spedizione. "L'accuratezza (riferendosi ai dati sperimentali a disposizione) sembra sufficiente per dare una conferma abbastanza attendibile della teoria di Einstein", parole che Eddington pronunciò a Londra il 6 novembre 1919 in occasione della riunione congiunta della Royal Society e della Royal Astronomical Society. La platea accolse con riserva la notizia: nessuno discuteva i dati sperimentali raccolti da Eddington e le sue analisi; erano invece molti quelli che mettevano in discussione la validità della Relatività Generale proposta da Einstein. Molti furono i fisici che cercarono una spiegazione alternativa della deflessione dei raggi luminosi: alcuni tirarono in ballo proprietà ottiche dell'etere, altri facevano riferimento a effetti dovuti ad un raffreddamento dell'atmosfera terrestre durante l'eclisse di Sole. Naturalmente queste critiche ebbero vita piuttosto breve, ma evidenziano due aspetti: primo, la fama di Eddington era tale da renderlo immune alle critiche in merito al metodo di analisi dati utilizzato (che secondo alcuni critici contemporanei non era del tutto privo di punti oscuri) e, secondo, la Relatività Generale era una teoria scarsamente compresa e, a causa della prima guerra mondiale, scarsamente diffusa al di fuori degli ambienti accademici tedeschi.

Come si produce la corrente elettrica nelle pile?

La corrente elettrica all'interno delle pile è generata tramite una reazione chimica che va sotto il nome di reazione di ossidoriduzione o redox. Una reazione redox avviene sempre grazie ad una coppia di elementi chimici, di cui uno si riduce ed uno si ossida. L'elemento che si riduce è un elemento che acquista elettroni, mentre l'elemento che si ossida cede elettroni. Quando si dice che il Ferro stando all'aria si ossida, cioè fa la ruggine, non si fa altro che parlare di una reazione redox. Il Ferro all'aria aperta reagisce con l'Ossigeno, nello specifico il Ferro cede elettroni all'Ossigeno e questo scambio di elettroni fa sì che si formi l'ossido di Ferro, cioè la ruggine. In gergo chimico si dice che si è creata una pila. Un altro esempio di pila si ha quando si mettono in contatto due metalli diversi, ad esempio Ferro/Rame o Ferro/Zinco e si notano delle corrosioni o incrostazioni. Nelle pile si ha una reazione redox controllata tra Manganese e grafite (cioè Carbonio), ma gli elettroni che si spostano tra i due elementi chimici vengono convogliati verso l'estremità negativa della pila che una volta collegata ad un apparecchio elettrico chiudono il circuito. Gli elettroni escono quindi dal polo negativo, attraversano il circuito elettrico dell'apparecchiatura mettendola in funzione e ritornano alla pila attraverso il polo positivo, completando la reazione redox. Una volta che la reazione redox ha termine la pila è scarica.

Quale fu la reazione di Einstein dopo l'annuncio fatto da Eddington?

Secondo molti fisici e storici la fama mondiale di Einstein è strettamente legata al successo della spedizione di Eddington; è naturale quindi che la reazione di Einstein fu di grande riconoscenza verso i ricercatori inglesi fautori del suo successo mondiale. Queste le parole che Einstein scrisse su richiesta del London Times il 28 novembre 1919: "è sicuramente in accordo con le grandi e fiere tradizioni scientifiche del vostro paese che eminenti scienziati abbiano dovuto spendere tempo e fatica e che le vostre istituzioni non abbiano badato a spese per testare una teoria che fu perfezionata e pubblicata durante la guerra in una terra di vostri nemici". Lo stesso Einstein mise

in risalto la particolare situazione geopolitica che caratterizzava quel periodo storico; la ricerca scientifica riuscì ad andare oltre le barriere politiche che dividevano gli stati europei durante il primo conflitto mondiale giungendo ad un risultato di fondamentale importanza storica: in queste puntate abbiamo raccontato, seppur brevemente, di quella spedizione sperimentale che confermò la Relatività Generale dando fama mondiale ad Einstein.

Quali sono i quattro principali rami della chimica?

La disciplina della chimica si divide in 4 rami: chimica analitica, chimica fisica, chimica organica e chimica inorganica. La chimica analitica è quella parte della chimica che si occupa delle analisi chimiche, ovvero quella parte che studia come analizzare i composti chimici. L'analitica, quindi, oltre che studiare il chimismo degli elementi chimici e dei composti si occupa di mettere a punto le tecniche di analisi, sia manuale che strumentale. La chimica fisica o chimica teorica, come dice il nome stesso, è quella parte della chimica che studia l'aspetto teorico, cioè la fisica della chimica. Vengono studiate le proprietà chimiche degli atomi, interpretandole partendo dalla loro intima natura particellare che viene descritta dalla matematica. La chimica fisica quindi potrebbe non sembrare la vera chimica, ma è invece la base della chimica che dà una spiegazione teorico-matematica ai fatti osservati. La chimica organica è la chimica del carbonio e considerando che la materia biologica è composta da composti del carbonio, detti appunto organici, l'organica è anche la chimica della vita. Ma non solo; è, ad esempio, la chimica che studia i composti derivanti dal petrolio, i prodotti sintetici come coloranti o i derivati del benzene oppure tutta quella parte inerente alle droghe (l'LSD fu difatti scoperto dal chimico organico Hoffman). Infine, la chimica inorganica è la chimica che studia il comportamento di tutti i rimanenti elementi chimici diversi dal Carbonio e dei composti da essi formati. Ad esempio, la chimica inorganica studia i minerali o i catalizzatori utilizzati nelle industrie.

Quali potrebbero essere ulteriori conferme della Relatività Generale?

La misura della deflessione dei raggi luminosi fatta da Eddington è stata certamente una conferma importante della teoria della Relatività Generale, una teoria in grado di spiegare la precessione del perielio di Mercurio ed appunto la deflessione dei raggi luminosi, una teoria, in tal senso, in grado di andare oltre la teoria newtoniana della gravità. Tuttavia il contenuto concettuale della Relatività Generale risulta più ampio: le equazioni matematiche all'interno delle quali si condensa il senso della Teoria Generale della Relatività, le cosiddette equazioni di Einstein, ci dicono molte cose in più. Queste equazioni, se opportunamente maneggiate, prevedono l'esistenza, da una lato, dei buchi neri e, dall'altro, delle onde gravitazionali. In questi ultimi anni è stata molto intensa la ricerca di segnali in grado di confermare sperimentalmente sia l'esistenza dei buchi neri che la presenza di onde gravitazionali.

Cosa sono gli enantiomeri?

Quello dell'enantiomeria è un concetto molto importante nella chimica e, per chiarirlo, un esempio di tutti i giorni è la cosa migliore. Se guardiamo le nostre mani abbiamo un evidente esempio di enantiomeria che si spiega nel modo seguente: se sovrapponiamo la mano destra alla mano sinistra ci accorgiamo che le due mani non si sovrappongono esattamente, lo sarebbero invece se riuscissimo a ruotare una delle due di 180° . In questo caso le nostre mani si dicono avere chiralità, ovvero non sono sovrapponibili e ognuna delle nostre mani è un enantiomero. La chiralità è presente in moltissimi composti chimici, in particolare nei composti organici che governano la nostra vita, si dice che molte molecole sono chirali ovvero presentano almeno una coppia di enantiomeri. Se dal punto di vista della formula chimica sono identici, così non è per le proprietà chimiche, che invece sono completamente diverse. Un esempio eclatante è il composto chimico responsabile del caratteristico profumo dell'arancia e del limone: il limonene. La formula chimica è la stessa, stessi

atomi e stessa struttura se non fosse per un atomo di idrogeno che in un caso punta verso l'alto, mentre nell'altro verso il basso. Si dice che il limonene può essere alfa o beta, il primo enantiomero è contenuto nel limone, il secondo nell'arancia. Ciò è possibile perché le molecole chimiche sono tridimensionali e non planari e i due enantiomeri sono come l'immagine originale e quella riflessa nello specchio. Anche la droga LSD presenta chiralità, in particolare gli enantiomeri possibili sono 16, ma solo uno ha le proprietà allucinogene e una volta sintetizzato si dovranno eliminare le 15 non attive. Moltissimi farmaci che usiamo per le nostre cure presentano chiralità ed i controlli effettuati per verificare di produrre il giusto enantiomero sono molto severi e difficili, ecco perché certi farmaci e anche l'LSD costano molto.

Cosa sono le onde gravitazionali?

Le onde gravitazionali sono una previsione teorica della Relatività Generale, in altre parole una soluzione particolare delle equazioni di Einstein. Le onde gravitazionali corrispondono alla vibrazione del campo gravitazionale; ma poiché la gravità si manifesta come curvatura dello spaziotempo, le onde gravitazionali corrispondono a distorsioni dello spaziotempo, manifestandosi come variazione della distanza tra due corpi liberi di oscillare; la distanza aumenterà e diminuirà alternativamente al passaggio dell'onda. Le sorgenti di onde gravitazionali possono essere molte e si legano a fenomeni astrofisici violenti come le esplosioni di supernovae o le collisioni fra stelle. Nonostante questo, il segnale associato ad un'onda gravitazionale è estremamente debole e quindi molto difficile da rilevare sperimentalmente. Esistono numerosi strumenti sulla Terra atti alla rilevazione delle onde gravitazionali, alcuni dei quali in Italia. Poco lontano da Pisa si trova VIRGO, un rilevatore costituito da due tunnel lunghi 3 km posti ad angolo retto in modo da captare deboli segnali gravitazionali attraverso un fascio di luce che corre all'interno dei tunnel. Questo fascio di luce percorre distanze diverse nei due tunnel al passaggio di un'onda gravitazionale producendo un segnale osservabile sperimentalmente. Sarebbe un'ulteriore conferma della Relatività Generale, aprendo le porte per nuovi modi di studiare l'Universo che ci circonda (si parla di "astronomia gravitazionale").

Cos'è l'esperimento del gatto di Schrödinger?

Erwin Schrödinger fu un fisico teorico e uno dei padri della meccanica quantistica. La meccanica quantistica è l'interpretazione fisica del mondo microscopico e si basa sulla statistica; per fare un esempio, nella vita quotidiana se vedo una macchina su un parcheggio posso affermare con sicurezza del 100% che la macchina si trova nel parcheggio, invece se si parla di particelle costituenti gli atomi non si potrà mai dire con certezza assoluta dove si trova, ma si esprimerà una probabilità. Non si avrà mai la sicurezza al 100% della posizione di una particella, l'unica certezza è che se la particella non c'è, la probabilità è 0. Per spiegare questa interpretazione probabilistica della natura, Schrödinger inventò l'esperimento concettuale del gatto nella scatola: un gatto chiuso in una scatola ed una pistola carica connessa ad un sistema in grado di azionarla se il gatto urta il congegno. Se parte il corpo c'è una probabilità del 50% che il gatto sia morto e del 50% che sia vivo, ma finché non si apre la scatola non si ha la certezza di quale sia lo stato vero del gatto, dovrò quindi considerare il mescolamento delle due probabilità e l'unica certezza è che la somma delle due probabilità sia il 100%. Nel mondo microscopico al posto del gatto ci sono le particelle, le cui probabilità di trovarsi in un posto o di avere una certa velocità sono mescolate, certi valori saranno più probabili ed altri meno probabili, ma solo indagando la particella con tecniche analitiche si saprà quale sarà la probabilità più alta per una certa grandezza. Fino al momento prima della misura tutti i valori sono equiprobabili. L'esperimento del gatto di Schrödinger ha acceso le proteste degli animalisti e ultimamente si è cercato di sostituire il gatto con un coniglio, ma senza risolvere il problema.

Come possono essere osservati sperimentalmente i buchi neri?

I buchi neri, come detto nelle puntate precedenti, sono oggetti previsti teoricamente dalla Relatività Generale; essi sono caratterizzati da un intenso campo gravitazionale tale da non permettere neppure alla luce di fuggire. In tal senso, sono oggetti che non emettono alcun segnale in proprio, almeno dal punto di vista classico, e, per essere osservati, hanno quindi bisogno di un partner, sia esso una stella, un ammasso di stelle, una galassia o un ammasso di galassie. Il buco nero si rende visibile così in maniera indiretta: grazie alla sua forza di gravità attira verso di sé grandi quantità di polveri e gas prelevate dal partner; mentre è in caduta verso il buco nero, questa materia viene accelerata emettendo energia sotto forma di radiazione elettromagnetica, in particolare raggi X. Sono questi raggi X che possono essere fotografati dalle strumentazioni a bordo di diversi telescopi in orbita attorno alla Terra: Hubble, Chandra e altri telescopi hanno fotografato in questi anni numerosi eventi e fenomeni che vengono ricondotti alla presenza di un buco nero; oggi si pensa che al centro di numerose galassie si trovi un buco nero con masse di milioni o miliardi di volte quella del nostro Sole. Tuttavia queste sono prove indirette dell'esistenza di un buco nero, ovvero molti sostengono che questi oggetti possano essere la causa dei fenomeni osservati, pur mancando una prova diretta; in tal senso i buchi neri continuano ad essere fra i più misteriosi ed esotici oggetti della fisica moderna.

NOVEMBRE 2009

“Ricerca è ciò che faccio quando non so che cosa sto facendo.”

W. VON BRAUN

Perché il ghiaccio galleggia sull'acqua?

Immaginiamo di prendere quattro molecole d'acqua, H_2O , queste hanno delle interazioni tra di loro che si chiamano “interazioni di legame ad idrogeno”. Le interazioni di legame ad idrogeno avvengono tra l'idrogeno e l'ossigeno e nell'acqua allo stato liquido sono abbastanza deboli a causa della temperatura elevata, per cui le molecole sono sotto agitazione termica, continuamente rimescolate e questo rimescolamento fa sì che non ci sia una struttura ordinata con conseguente, detto in parole semplici, “incastrò” delle molecole stesse. Con l'abbassarsi della temperatura, l'agitazione termica delle molecole di acqua diminuisce e le interazioni di legame ad idrogeno prevalgono e diventano sempre più forti, giunti a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ i legami ad idrogeno sono così efficienti da creare una struttura reticolare ordinata. Le quattro molecole di acqua si dispongono ai vertici di una piramide a base quadrata, occupando un volume maggiore rispetto a quando erano liquide. E siccome la massa delle quattro molecole non è cambiata e considerando che la densità è data dal rapporto massa su volume, vorrà dire che la densità dell'acqua solida, cioè del ghiaccio, è minore rispetto a quella dell'acqua con conseguente galleggiamento del ghiaccio sull'acqua.

Cos'è un terremoto?

Il terremoto è un fenomeno naturale che avviene nella parte più pellicolare del nostro pianeta, quella che chiamiamo crosta terrestre. In questa zona i materiali, cioè le rocce, sono soggetti ad un comportamento fragile, che significa che possono rompersi. Le rocce sono sottoposte ad una lenta deformazione per dei moti convettivi che avvengono nelle parti più profonde del pianeta e, quando raggiungono il limite della rottura, avviene uno spostamento relativo di una porzione rocciosa rispetto all'altra. Questo spostamento avviene lungo una superficie che chiamiamo “piano di

faglia”; generalmente noi diamo il nome di terremoto sia alla causa del fenomeno, cioè lo spostamento relativo di due blocchi rocciosi, sia all’effetto ovverosia le onde sismiche che si propagano da quel punto, e che sono avvertibili a grande distanza.

Quali sono le principali interazioni che si esercitano tra atomi?

Gli atomi quando si uniscono tra di loro possono dar vita a diverse interazioni fornendo, quindi, composti differenti. Se due atomi hanno la stessa elettronegatività, ovvero se sono vicini nella tavola periodica, manifesteranno i legami covalenti, ovvero formano un legame chimico condividendo due elettroni di legame al centro del legame chimico, dando vita ai composti covalenti come ad esempio l’anidride carbonica, CO_2 . Se due elementi chimici hanno una grossa differenza di elettronegatività, ovvero se occupano posti nella tavola periodica lontani tra di loro, si formeranno dei legami ionici in cui i due elettroni di legame invece di stare al centro saranno completamente spostati verso l’atomo più elettronegativo caricandolo negativamente, essendo l’altro caricato positivamente. I composti ionici come ad esempio il sale da cucina, NaCl , si possono interpretare come tenuti assieme da due cariche opposte che si attraggono, un po’ come succede ai due poli di una calamita. Tutti gli elementi chimici che danno vita ai metalli, come ferro o titanio, manifestano quello che si chiama legame metallico che viene interpretato nel modo seguente: i nuclei degli atomi sono dispersi dentro un mare di elettroni, ovvero tutti gli elettroni degli atomi dei metalli sono completamente mescolati e in mezzo a questo mare di elettroni si trovano i nuclei.

Cosa sono le onde sismiche?

Nel momento in cui ha origine un terremoto, l’energia che è stata accumulata viene rilasciata improvvisamente e parte di questa energia rilasciata dallo spostamento lungo il piano di faglia si propaga in una perturbazione. Come il battito delle mani, che viene percepito dalle nostre orecchie tramite un’onda sonora. Si chiamano onde sismiche perché riguardano la Terra. Sono in realtà delle perturbazioni che possono attraversare materiali solidi, liquidi e, talvolta, vengono addirittura a propagarsi attraverso i gas. Infatti, non è inusuale che nel momento in cui noi avvertiamo un terremoto, sentiamo anche un boato che non è altro che la trasformazione in onda sonora dell’onda sismica. Ci sono diversi tipi di onde sismiche: le chiamiamo tecnicamente onde Primae, onde Secundae e onde di superficie e sono caratterizzate da diverse velocità di propagazione. Stiamo parlando di qualcosa che è nell’ordine di 4-6 km/s, cioè una velocità elevatissima rispetto alla nostra esperienza. L’ampiezza della vibrazione portata da queste onde sismiche provoca il movimento del terreno e quindi poi anche le conseguenze dannose sugli edifici.

Come si producono le immagini nei vecchi televisori?

I vecchi televisori riproducevano le immagini grazie al cosiddetto tubo catodico, un semplice tubo chiuso e posto sottovuoto che venne utilizzato a fine '800 per lo studio degli elettroni e dei protoni, costituenti fondamentali dell’atomo. Nel tubo catodico si trova un gas, ad esempio Argon, sottoposto ad una condizione di vuoto molto spinto. Agli estremi del tubo catodico si trovano due elettrodi, uno carico positivamente, l’altro negativamente. Se si applica una scarica molto intensa ai due elettrodi, il gas in esso contenuto si ionizza, ovvero perde elettroni. Questi elettroni caricati negativamente, essendo molto leggeri si mettono in moto a causa della differenza di potenziale e migreranno verso l’elettrodo caricato positivamente, detto catodo, da cui il nome di tubo catodico. Un elettrone accelerato a velocità prossime a quelle della luce emette radiazione e la lunghezza della radiazione emessa, cioè il colore, è funzione dell’accelerazione posseduta. Quindi controllando l’accelerazione dell’elettrone si avranno diversi colori emessi che compongono l’immagine prodotta sullo schermo. Necessario per tutto questo è che all’interno del tubo catodico ci sia un vuoto molto intenso, altrimenti gli elettroni urterebbero tosto gli atomi del gas dal quale si sono generati, non riuscendo ad arrivare sul catodo.

I terremoti possono avvenire ovunque?

No, teoricamente non possono avvenire ovunque. I terremoti si concentrano in alcune zone del nostro pianeta in cui osserviamo una intensa deformazione. Queste zone vengono chiamate “marginie di placca”, perché la crosta terrestre è suddivisa in una sorta di zatteroni, in moto relativo uno rispetto all’altro. La crosta subisce dei movimenti di trascinamento grazie a delle forze che originano in profondità, nel mantello terrestre, e nei punti in cui le placche convergono, o divergono, abbiamo fenomeni come vulcani e terremoti, la formazione di catene montuose o fosse oceaniche. È proprio in quelle zone che avvengono principalmente i terremoti e sicuramente tutti i terremoti più importanti.

Perché si pensa che il sistema solare sia nato da una stessa materia?

Le teorie sulla formazione del sistema solare sono molte, tre forse le più citate, ma una su tutte sembra essere la più corretta, se non altro perché basata su dati osservativi. Difatti gli astronomi studiando i pianeti del sistema solare si sono accorti di tre cose: le orbite dei pianeti sono quasi circolari, o meglio leggermente ellissoidali, tutte le orbite dei pianeti sono quasi complanari con quella della Terra e tutti i pianeti hanno lo stesso senso di rotazione attorno al Sole. Questo è possibile solo se tutti i pianeti si sono formati da quella che viene chiamata “nebulosa primordiale” ruotante attorno al Sole, ovviamente poi con processi di differenziazione, difatti i pianeti interni sono piccoli e rocciosi, quelli esterni alcuni giganti, ma tutti gassosi. Questo modello viene chiamato “modello della nebulosa primordiale a piccola massa”, ma soffre di alcuni deficit teorici, per questo è stato proposto anche il “modello della nebulosa primordiale a grande massa”. Il modello a piccola massa prevede una nebulosa ruotante attorno al Sole con massa circa un millesimo di quella del Sole, il modello a grande massa prevede invece una massa 100 volte quella del Sole. Il divario è enorme, a testimonianza di quanto ancora ci sia da capire sul sistema solare.

L’Italia è una zona soggetta a terremoti?

Ahinoi, sì! L’Italia è la zona dove vanno a collidere due placche, la placca Euroasiatica con la placca Africana, ovvero due zone di crosta terrestre in movimento relativo fra di loro. La situazione è ulteriormente complicata perché la placca Africana che spinge verso Nord quella Euroasiatica, ha una sorta di promontorio, chiamato anche microplacca Adriatica perché la sua estensione corrisponde più o meno a quella del Mar Adriatico. I suoi margini, ovvero gli Appennini, le Alpi Orientali, tutta la catena delle Dinaridi e dei Balcani e forse anche una direttrice che unisce il Gargano con le isole di Corfù, sono margini attivi dal punto di vista dei terremoti. E ugualmente molto attivo è anche l’arco Calabro, che interessa quindi tutta l’Italia Meridionale, fino alla Sicilia. Montagne e vulcani denunciano la rilevanza della deformazione in quest’area, pur essendo le velocità in gioco molto inferiori rispetto a quelle che si riscontrano in altri punti della Terra, come ad esempio nella zona dell’Anatolia, in California o in Giappone. L’Italia ha una lunga storia sismica, abbiamo documentazione di terremoti che risalgono all’epoca romana e un numero esorbitante di morti legati ai terremoti. Si faccia conto che mediamente, negli ultimi mille anni, il numero medio di morti all’anno si attesta a 300 persone. Trecento morti, per inciso, sono circa i morti dell’ultimo forte terremoto, quello avvenuto a L’Aquila nel 2009.

Cos’è il calore?

Ci sono varie definizioni di calore, forse la più semplice è quella che definisce il calore come una forma di energia, difatti tutti noi sappiamo che se ci avviciniamo troppo al fuoco ci scottiamo perché il fuoco emette energia termica. Questa forma di energia, però, è definita energia disordinata nel senso che noi possiamo solo parzialmente controllarla, a differenza di una forma diversa di energia che i fisici chiamano lavoro. Si può dire che noi possiamo convertire tutto il lavoro in calore, ma non viceversa. Un semplice esempio chiarirà quanto detto. Se noi mescoliamo una pentola

d'acqua con un cucchiaino riscaldiamo l'acqua, quindi tutto il lavoro che facciamo con l'atto del mescolamento si converte in calore, ma è difficile che se riscaldiamo una pentola d'acqua con dentro un cucchiaino, quest'ultimo cominci a ruotare... Oppure, sfregandoci le mani ci riscaldiamo, ma ponendole vicine al fuoco non succede a nessuno che le mani si mettano in moto. Con particolari metodi si può ricavare lavoro dal calore, ad esempio con le centrali termoelettriche oppure pensiamo ai vecchi treni a vapore, ma non si riuscirà mai a convertire tutto il calore in lavoro. Se ciò fosse possibile sarebbe possibile il moto perpetuo, ovvero un moto che continua all'infinito senza bisogno di somministrare energia ed avremmo risolto il problema della fine del petrolio. Ma ciò è scientificamente impossibile perché viola un principio sacro, il terzo principio della termodinamica.

Come si misurano i terremoti?

Esistono sostanzialmente due scale per misurare i terremoti, una basata sugli effetti e un'altra basata sulla fisica del fenomeno, sull'energia. Entrambe le scale sono nate fra la fine del XIX e l'inizio del XX secolo. Come per misurare la febbre a un figlio noi possiamo ricorrere al termometro, oppure limitarci a pensare abbia la febbre perché osserviamo che ha gli occhi lucidi, guance arrossate e fronte bollente, allo stesso modo ragioniamo per i terremoti. La scala macrosismica, cioè quella che classifica gli effetti dei terremoti, è chiamata scala Mercalli-Cancani-Sieberg, MCS in Italia. In realtà le diverse nazioni utilizzano scale macrosismiche diverse, ad esempio i giapponesi hanno una scala articolata su meno gradi rispetto alla nostra. La scala MCS classifica gli effetti dei terremoti su dodici gradi; di maggior rilevanza sono alcuni gradi che noi prendiamo come riferimento. Il terzo grado della scala MCS, ad esempio, è il grado che corrisponde alla prima percezione umana del terremoto, il sesto grado individua la soglia di primo danno e il nono grado indica la soglia di distruzione, ovvero, in una città che non ha case costruite con criteri antisismici, la percentuale di edifici collassati o inutilizzabili si aggira intorno al 50-70% del totale. L'altra scala che misura l'energia, è una scala che si avvale di strumentazioni, i sismografi. È una scala che generalmente viene identificata col nome di scala Richter, perché Charles Richter fu la prima persona che propose una codifica di questo tipo di misurazioni. In pratica si misura l'ampiezza di una certa fase registrata dal sismografo e questa ampiezza è legata all'energia rilasciata dalla sorgente. La misura del terremoto viene indicata con dei numeri reali e fra un grado e il successivo della scala Richter, fra il 5 e il 6 ad esempio, c'è un rapporto di circa trenta volte l'energia rilasciata. Considerate in maniera molto approssimativa che il terzo grado della scala Richter identifica anch'esso un terremoto appena percepibile dall'uomo, mentre quando passiamo al sesto grado della scala Richter siamo di fronte ad un evento davvero disastroso, come quello de L'Aquila, ad esempio. I terremoti più violenti che gli strumenti abbiano mai registrato sono terremoti di magnitudo 9,4-9,5, fra i quali ricordiamo anche l'evento che nel 2004 ha causato un enorme maremoto nell'Oceano Indiano.

Quanti e quali sono i principi della termodinamica?

I principi della termodinamica sono quattro: il principio zero, il primo, il secondo ed il terzo. Il principio zero della termodinamica afferma che se poniamo in contatto due corpi a temperatura diversa, questi si porranno in equilibrio nel tempo raggiungendo la stessa temperatura. Il primo principio della termodinamica afferma che l'energia dell'universo è costante, ovvero non si crea e non si distrugge nulla, ma tutto si trasforma. Il secondo principio della termodinamica afferma che non è possibile trasformare tutto il calore in lavoro. Ricordando che il calore è forma disordinata di energia, se ciò fosse possibile vorrebbe dire che in un'altra parte dell'universo il calore aumenterebbe, cioè aumenterebbe il disordine. Questo vuol dire che il nostro universo non è destinato ad una situazione di ordine, ma di disordine, difatti il terzo principio della termodinamica afferma che il disordine dell'universo, detto entropia, è destinata ad aumentare. Equivalenti enunciazioni del terzo principio sono: non è possibile raggiungere lo zero assoluto della temperatura, oppure gli atomi non sono mai fermi nemmeno allo zero assoluto.

Fino a quale distanza si sentono i terremoti?

La distanza dipende dalla magnitudo, ovvero dall'energia che è stata rilasciata dal terremoto. La perturbazione che viene portata dalle onde sismiche si attenua, si disperde, man mano che ci allontaniamo dal punto di nucleazione del terremoto. Eventi piccoli - parliamo di eventi che possono essere appena percepiti dall'uomo - sono riconoscibili dagli strumenti fino ad alcune centinaia di chilometri; ci sono situazioni particolari, ad esempio il mio Istituto (Istituto Nazionale di Oceanografia e Geofisica Sperimentale OGS) ha delle stazioni estremamente sensibili, come una nei Colli Euganei che "sente" terremoti a centinaia di chilometri di distanza, pur essendo eventi piccoli o, al contrario, una stazione a Jesolo che molto disturbata dal moto del mare della vicina costa non riesce a distinguere il movimento del terreno di eventi anche più forti e vicini. Eventi grossi, viceversa, possono essere percepiti dall'uomo fino a centinaia di chilometri di distanza, ma gli strumenti di tutto il mondo sono in grado di vederli. Parlo di strumenti di tutto il mondo perché le onde sismiche attraversano completamente il nostro pianeta e, per inciso, sono state anche il principale mezzo con cui abbiamo fatto delle ipotesi sulla struttura interna della Terra. Le onde che si propagano sulla superficie del pianeta, che si chiamano proprio onde di superficie, talvolta, in caso di terremoti disastrosi, continuano a percorrere la superficie, continuando a propagarsi sull'involucro esterno del nostro pianeta, per diverse giornate; potete immaginare una analogia con il suono di un piatto di batteria, che continua a vibrare a lungo anche dopo il colpo della bacchetta.

Quali sono i tre meccanismi di trasmissione del calore?

Le tre forme di trasmissione del calore sono: conduzione, convezione ed irraggiamento. La conduzione si ha quando non c'è movimento macroscopico di materia, ad esempio quando riscaldiamo una barra di metallo ad un'estremità e sull'estremità che teniamo in mano sperimentiamo la temperatura che sale. La convezione si ha quando si manifestano movimenti macroscopici di materia, ovvero lo spostamento della materia è il vettore per il trasporto del calore, un esempio si ha nel Sole oppure nella pentola d'acqua in ebollizione. L'irraggiamento è la trasmissione causata da radiazione elettromagnetica, un esempio quotidiano si ha con il fuoco, difatti stando vicini al fuoco sentiamo il calore. Anche nel Sole si ha il fenomeno del trasporto radiativo di calore, ma questo è in convivenza con la convezione. In particolare, il Sole può essere diviso in una zona radiativa, nucleo e parte superiore al nucleo, e una zona convettiva corrispondente allo strato più esterno. Il limite convettivo/radiativo riposa nel principio di Schwarzschild.

Terremoti di simile energia sono ugualmente pericolosi?

No, ci sono diversi fattori che rendono diversamente pericolosi terremoti di simile energia. Alcuni di questi fattori sono legati alla sorgente, cioè al meccanismo di generazione dei terremoti: ad esempio la profondità, immaginate un terremoto molto profondo è sicuramente meno percepito dalla popolazione, di un evento molto superficiale. Oppure il tipo di meccanismo di rottura, l'orientazione del piano di faglia, sono fattori che possono influire diversamente sulla propagazione. Poi ci sono fattori alla scala regionale, che legano diciamo l'efficienza della propagazione delle onde sismiche. C'è un esempio molto didattico, su come Città del Messico, la capitale del paese del Centroamerica, sia stata investita e distrutta da un terremoto molto lontano che aveva origine a centinaia di chilometri di distanza lungo il margine di subduzione della placca sudamericana. In quel caso la città è stata distrutta per un effetto di risonanza del bacino di sedimenti lacustri su cui la città si era sviluppata. Oltre a tutto questo, gli effetti dei terremoti sono influenzati dalle caratteristiche specifiche del sito su cui noi andiamo ad edificare e questi caratteri locali, che riguardano al massimo alcune centinaia di metri di profondità, spesso governano la risposta sismica e quindi il pericolo legato ad un terremoto. Ricordiamo però che c'è una differenza di significato fra pericolo e rischio sismico.

Cos'è il calore latente?

Per rispondere a questa domanda usiamo un esempio quotidiano, la solita pentola d'acqua per la pasta. Quando accendiamo il fornello, la fiamma cede calore all'acqua per aumentarne la temperatura fino alla fase di ebollizione. Fino a questo punto possiamo arguire che la quantità di calore somministrata all'acqua è proporzionale all'aumento della temperatura. Ma la cosa sorprendente è che se si pone un termometro nella pentola, ci si accorge che una volta raggiunta l'ebollizione la colonnina di mercurio non sale più, la temperatura rimane costante. Allora dove va a finire tutto il calore che la fiamma continua a cedere all'acqua? Questo calore, non potendolo vedere con l'aumento di temperatura, viene giustamente chiamato calore latente, nascosto quindi. Una volta raggiunta la temperatura di ebollizione il calore latente serve alle molecole d'acqua per cambiare il proprio stato di aggregazione, ovvero per passare dallo stato liquido a quello di aeriforme, nella fattispecie il vapor acqueo. Stessa cosa accadrebbe se raffreddassimo il vapor acqueo per farlo ritornare liquido, vedremmo la temperatura scendere gradualmente, ma una volta iniziata la condensazione la temperatura rimarrebbe costante, servendo il calore sottratto dall'ambiente al passaggio di stato di aggregazione. Esiste un valore di calore latente per ogni processo di cambiamento di fase: solidificazione, liquefazione, evaporazione, condensazione e sublimazione.

Che differenza c'è fra pericolosità sismica e rischio sismico?

In italiano, i termini di pericolosità e rischio sono spesso utilizzati come sinonimi. L'inglese invece ricorre a termini diversi, hazard e risk, per identificare due cose distinte. Pensiamo ad esempio alla montagna. La montagna è un posto definito pericoloso, ma il rischio riguarda semplicemente l'escursionista o l'alpinista, la persona che va in montagna. Analogamente nel settore dei terremoti la pericolosità è la potenzialità di avere dei terremoti, mentre per rischio noi indichiamo l'insieme di effetti, danni economici o sociali, che possono derivare dall'occorrenza di un terremoto. L'Italia è un paese ad elevata pericolosità sismica, cioè avvengono terremoti energetici con una certa frequenza, ma non elevatissima; ci sono Paesi come la Turchia, la California e il Giappone, soggetti a terremoti molto più forti e molto più frequenti. Per contro, l'Italia è un Paese ad elevatissimo rischio sismico, cioè i terremoti che accadono comportano effetti estremamente pesanti. Questo è legato a fattori come il tipo di antropizzazione e alle caratteristiche delle strutture abitative.

Quali sono le analogie tra i composti chimici in laboratorio e quelli di tutti i giorni?

Generalmente le varie soluzioni che vengono utilizzate in casa o nel lavoro sono quasi sempre soluzioni molto diluite, circa il 5%, rispetto a quelle utilizzate nei laboratori chimici. L'ammoniaca utilizzata in casa è al 5%, in laboratorio si usa al 25/30%, il massimo raggiungibile. Quello che viene chiamato acido muriatico, è una soluzione di acido cloridrico al 5% che in laboratorio si usa al 37%. La varechina altro non è che una soluzione al 5% di ipoclorito di sodio. Quello che viene chiamato vetriolo è un sale di ferro, il solfato di ferro, FeSO_4 . La trielina è un particolare derivato del petrolio che i chimici chiamano tricloroetilene. I famosi fuochi fatui che si originano in cimitero durante le notti estive altro non sono che fosfina, un particolare composto del fosforo molto volatile e con temperature di accensione molto basse; difatti è uno degli stratagemmi dei piromani per incendiare i boschi, in questo caso si utilizzano pastiglie di fosforo che con la calura estiva si incendiano. I prodotti per sgombrare gli scarichi otturati, altro non sono che un gel di soda caustica, idrossido di sodio con formula chimica NaOH e che nel laboratorio chimico è sotto forma di pastiglie.

Com'è la situazione in Veneto, riguardo ai terremoti?

Il Veneto è una regione sismica, tendiamo talvolta a sottovalutare l'importanza sismica di questa regione. La documentazione storica ci dice che ci sono stati molti eventi disastrosi in Veneto, a partire da un evento nell'VIII secolo - che viene riferito a Treviso perché questo era il centro

urbanizzato più importante all'epoca - ad un evento nell'area veronese avvenuto nel 1117; poi ci sono dei grossi terremoti avvenuti nel 1695 nella zona di Asolo. Il 1873 è una data importante per l'Alpago-bellunese, perché quel giugno Belluno fu ampiamente distrutta da quel terremoto; poi ci sono eventi più vicini a noi nel tempo, come il terremoto del 1936 che interessò l'area del Cansiglio. Oltre a questi eventi, che comunque causarono vittime, ci sono poi eventi più piccoli, ovviamente, e ci sono anche eventi che vengono fortemente risentiti in Veneto, ma che provengono dalle regioni confinanti. La maggior parte dei residenti in Veneto nel 1976, si ricorderà perfettamente la paura, e anche i danni, a seguito dei terremoti del Friuli. La zona in cui avvengono i terremoti in Veneto è una fascia interessata dalla deformazione geologica più recente: corrisponde sostanzialmente alla parte più esterna delle Alpi, cioè alla fascia in cui i rilievi montuosi di raccordano alla pianura. Lungo questa fascia, ci sono anche settori, aree in cui non sono avvenuti terremoti significativi in epoca storica; sono zone particolari, poiché abbiamo indicatori di movimento, ma non abbiamo nella storia la documentazione di un evento avvenuto in quelle zone. In questi settori si stanno concentrando negli ultimi anni le ricerche relative alla pericolosità sismica, oggi, per cercare di ridurre gli effetti di questi possibili eventi.

Cos'è lo spin?

Lo spin, dall'inglese *to spin = ruotare*, è una proprietà intrinseca delle particelle atomiche e subnucleari e descrive un comportamento quantistico. Prendiamo ad esempio un elettrone, possiamo assimilarlo ad una trottola che ruota e detta in maniera un po' grezza, ma chiarificatrice, possiamo affermare che avrà due modi di ruotare, orario ed antiorario. A ciascuno di questi sensi di rotazione si attribuisce un certo spin, detti "spin su" e "spin giù". La meccanica quantistica attribuisce dei valori quantizzati a questi spin, per l'elettrone si avranno due possibili valori $+1/2$ e $-1/2$. Tutte le particelle che possono possedere solo questi due valori oppure altri valori semi-interi vengono chiamate fermioni, obbedendo alla statistica di Fermi-Dirac. Sono possibili anche valori interi, come 0 o 1, ad esempio per i mesoni. A queste particelle viene dato il nome di bosoni, obbedendo alla statistica di Bose-Einstein. Questa proprietà intrinseca ha parecchi risvolti importanti ed essenziali per la struttura atomica della materia, ad esempio gli elettroni in un atomo si trovano sugli orbitali atomici e per ogni orbitale possono trovare posto al massimo due elettroni a patto che abbiano spin opposto. Questa regola è nota come regola di Hund.

I terremoti si possono prevedere?

Darò una risposta secca, NO, i terremoti non si possono prevedere, ma non è una risposta scientificamente corretta. Con questa risposta spero però di invitarvi a cercare di cambiare l'atteggiamento mentale, rispetto a questo argomento. Nessuno di noi, e ora sposto completamente l'attenzione del discorso, porta il proprio figlio dal pediatra chiedendogli di prevedere delle malattie che potranno insorgere nei mesi, negli anni o nei decenni successivi. Non usiamo lo stesso atteggiamento quando si parla di terremoti, pensando che la previsione sia un approccio vincente, che ci permette di salvaguardare le nostre vite. Ma così non è. La scienza oggi è in grado di riconoscere alcuni sintomi che sono indizio di un imminente terremoto, ma non è in grado di fornire una previsione con un livello di certezza che sia utile ai fini della protezione civile. Per questo l'atteggiamento deve spostarsi dall'idea della previsione, alla pratica della prevenzione degli effetti dei terremoti.

Cosa sono i gradi di libertà di una molecola?

I gradi di libertà di una molecola sono le espressioni di movimento che può avere, ovvero i moti traslazionali, quelli rotazionali e quelli vibrazionali. Se prendiamo una molecola monoatomica, ovvero un solo atomo, rotondo come una pallina, questo potrà spostarsi nelle tre dimensioni, x, y e z trovandosi in posizioni differenti da quella originale. Se però ruota lungo qualsiasi direzione, essendo di forma sferica è come se fosse rimasto fermo, rimanendo indistinguibile dall'inizio. Se

prendiamo una molecola biatomica, pensabile come un manubrio con due palle agli estremi, questa avrà sempre le tre traslazioni, ma anche due rotazioni, difatti se ruota lungo l'asse del manubrio lo stato finale è uguale a quello iniziale, ma se ruota lungo direzioni perpendicolari al manubrio avremo due posizioni finali differenti da quella iniziale. Le molecole possono anche vibrare, ma il numero di possibili vibrazioni è difficile da chiarire, anche se è molto facile calcolarle, basta moltiplicare per tre il numero di atomi costituenti e sottrarre i gradi di libertà rotazionali e traslazionali, ovvero $3 \cdot n - 2$, dove n è il numero di atomi. Quindi una molecola monoatomica avrà solo un grado di libertà vibrazionale, una biatomica ne avrà quattro.

Come si fa la prevenzione dai terremoti?

La prevenzione dai terremoti si fa limitando l'impatto disastroso che i terremoti possono avere sulle strutture abitative e sulla società. Ci sono sostanzialmente due metodi per attuare una prevenzione: la normativa sismica e gli interventi di riduzione del rischio. La normativa sismica è un insieme di leggi e di codifiche che stabilisce le caratteristiche minime delle abitazioni, caratteristiche minime di resistenza che devono avere per essere in grado di non collassare in caso di un terremoto. Dal 2003 in Italia è in vigore una norma sismica che prevede quattro zone di un diverso livello di prestazioni richieste alle strutture abitative. Ovviamente la normativa sismica si applica quando si edificano delle nuove costruzioni. Ma ci sono anche norme che regolano gli interventi di riadeguamento sismico, cioè gli interventi che vengono fatti su strutture già esistenti. In questo caso, oltre ad interventi strutturali di rafforzamento possono esistere dei criteri di riduzione del rischio che magari prevedano una diversa destinazione d'uso. Immaginate una palazzina non esattamente protetta, dal punto di vista sismico, nella quale può essere ridotto il rischio sismico modificando, ad esempio, l'affluenza di persone che insistono su questa palazzina. Ci sono poi un insieme di procedure che vengono attuate nel momento in cui si ha un terremoto e sono procedure che gestiscono le fasi di emergenza.

Il vetro è un solido?

Il vetro non è un solido, ma viene definito come un liquido ad alta densità e sottoraffreddato. Un solido è tale perché gli atomi che lo costituiscono sono intimamente connessi senza poter avere gradi di libertà traslazionali, ma potendo solo vibrare attorno a delle posizioni di equilibrio. Se invece potessimo guardare le molecole costituenti il vetro, ovvero la silice composta da ossidi di silicio, vedremmo che questi ossidi di silicio sarebbero in movimento e non vibrerebbero solo. Una prova diretta che il vetro non è un solido, ma un liquido lo si ha nelle chiese molto vecchie e con le vetrate alte. Qui difatti i vetri sono molto spessi in basso e sottili in alto, ma originariamente erano uniformi. Ciò è dovuto al fatto che la forza di gravità attira i corpi verso il basso e l'intensità della forza è maggiore avvicinandosi al centro della Terra. Quindi la parte più bassa del vetro è più vicina al centro della Terra rispetto alla parte sommitale. Ovviamente questa differenza nella forza di gravità non è apprezzabile, ma se la vetrata è molto alta e pure vecchia, diciamo centinaia di anni, la differenza si nota. Quello che è sicuro è che se il vetro fosse un solido questo fenomeno non accadrebbe.

Cosa si fa in Veneto per ridurre il rischio sismico?

Come nel resto dell'Italia, in Veneto si applica (o si dovrebbe applicare) la normativa sismica. Ci sono tre zone sismiche - seconda, terza e quarta - che interessano i comuni del Veneto: da notare che dal 2003, quando è entrata in vigore l'ultima modifica normativa su questo argomento, il numero di comuni a debole pericolosità in Veneto è drasticamente aumentato e quindi ci sono dei problemi molto significativi di deficit di protezione sismica sul territorio del Veneto. Oltre alla applicazione della normativa, c'è poi un servizio di monitoraggio e un sistema di allarme e di allerta in caso di terremoti. Per il Veneto questo servizio viene offerto dall'Istituto al quale appartengo, l'Isti-

tuto Nazionale di Oceanografia e Geofisica Sperimentale OGS, e permette di avere un contatto diretto fra il mondo della ricerca e la Protezione Civile del Veneto. Oltre a fornire indicazioni alla Protezione Civile, il monitoraggio dei terremoti ci permette di aumentare le conoscenze, quindi gestire in modo ottimale l'informazione, in caso di coinvolgimento di popolazione. C'è poi una cosa che non è demandabile alle leggi e che bisognerebbe fare in Veneto come nel resto dell'Italia ed è aumentare la cultura e la consapevolezza nei confronti del terremoto, la sensibilità complessiva e la responsabilità individuale al rispetto delle leggi. Ma, come dicevo prima, questo non è un intervento che può essere imposto dalla legge.

DICEMBRE 2009

“Felice l'uomo che ha per destino di conoscere i segreti della Terra.”

EURIPIDE

Cos'è la Stratigrafia?

Le rocce affioranti sulla superficie terrestre costituiscono i documenti che racchiudono la storia della litosfera; il loro ordinamento cronologico, almeno in senso relativo, costituisce la premessa per ricavare dal loro studio una successione ordinata di eventi. La branca della geologia che si occupa dei criteri e dei metodi per ordinare cronologicamente i corpi rocciosi è denominata Stratigrafia, in quanto le basi concettuali sono state fondate su rocce sedimentarie stratificate, per le facilitazioni che l'assetto geometrico e la presenza di fossili offriva alle deduzioni dei primi ricercatori. Successivamente, con l'avvento di nuove metodologie di indagine, gli intenti della Stratigrafia sono stati estesi anche a rocce non stratificate e a rocce non sedimentarie, per cui attualmente il termine Stratigrafia può essere utilizzato in senso più ampio per riferirsi all'ordinamento cronologico di tutti i tipi di rocce, sedimentarie e non, utilizzando per i vari gruppi rocciosi i criteri più confacenti per ciascuno di essi.

Cos'è il pi greco?

Se tracciamo vari cerchi, di dimensioni diverse, e in ognuno misuriamo la lunghezza della circonferenza e poi la lunghezza del diametro, ci accorgeremo che il rapporto tra queste due lunghezze è uguale in tutti i cerchi, ed è uguale a un numero che vale circa 3,14: in altre parole la circonferenza è sempre lunga circa 3,14 volte il diametro. Questo numero speciale è stato chiamato π ed è fondamentale in tutti i rami della matematica. La lettera π dell'alfabeto greco fu scelta all'inizio del Settecento perché iniziale della parola "*perimetros*" e anche del nome del matematico Pitagora. Il fascino del π sta nel fatto che è difficilissimo specificare quanto valga esattamente questa costante. Non esiste una divisione tra due numeri interi che sia uguale a π : ad esempio $22/7$ e $355/113$ sono numeri vicini a π , ma non esattamente uguali a π . L'unico modo sarebbe elencare tutte le sue cifre decimali dopo la virgola, ma si dà il caso che queste siano infinite! Nella Bibbia si dice indirettamente che π è uguale a 3, ma già Tolomeo conosceva le prime 4 cifre decimali. Nei secoli successivi, matematici arabi, cinesi e indiani hanno calcolato sempre più cifre decimali di π ; intorno al 1600 Ludolph van Ceulen trovò 35 cifre. Con l'avvento dei computer elettronici, nel Novecento, il π venne scandagliato sempre più in profondità: oggi si conoscono migliaia di miliardi di cifre, ma la magia emanata da questo numero rimane tuttora immutata.

Quali sono gli altri scopi della Stratigrafia?

Oltre che dell'ordinamento cronologico delle rocce, la Stratigrafia si occupa dei criteri con i quali le rocce della crosta terrestre possono essere raggruppate o suddivise in corpi geologici aventi una definita estensione areale, denominati unità stratigrafiche (che possono essere di vario tipo) e come tali corpi possano essere organizzati in sequenze verticali e orizzontali; si occupa inoltre della loro correlazione e fissa i principi della loro cartografabilità. Il riconoscimento di unità stratigrafiche ha un'importanza decisiva ai fini cartografici in quanto la colorazione di una carta geologica implica e sottintende una qualche forma di raggruppamento concettuale delle rocce che affiorano in un'area. La cartografia geologica moderna viene redatta non distinguendo i singoli litotipi, bensì corpi rocciosi di rango maggiore che sono appunto le varie unità stratigrafiche.

Cos'è un teorema?

In matematica esistono delle verità che vengono fissate come principi fondamentali alla base di una teoria e che vengono considerate vere a priori, senza bisogno di alcuna dimostrazione. Da questi principi fondamentali di una teoria matematica, che sono chiamati *assiomi*, discendono poi altre verità, non meno importanti per la teoria, che però devono essere dimostrate rigorosamente, appunto sulla base degli assiomi. Queste affermazioni dimostrabili sono chiamate *teoremi*. Possiamo citare ad esempio il teorema di Pitagora sui triangoli rettangoli, la cui dimostrazione si basa sugli assiomi della geometria euclidea. Nell'odierno linguaggio giornalistico, soprattutto politico, si usa impropriamente la parola "teorema" con il significato di illazione o tesi arbitraria sostenuta da una parte politica senza prove oggettive o dimostrazioni certe. Questo utilizzo del termine "teorema" è del tutto improprio, perché un teorema è, al contrario, una verità dimostrata definitivamente attraverso un procedimento logico indiscutibile. Per questo tipo di affermazione suggerirei invece il termine "congettura", anch'esso usato dai matematici, appunto col significato di ipotesi non ancora dimostrata.

Quali sono i criteri di ordinamento delle rocce sedimentarie?

L'assetto stratificato della maggior parte di questa tipologia di rocce e le relazioni geometriche tra gli strati di differenti corpi rocciosi hanno permesso l'enunciazione di alcuni principi fondamentali, che riguardano le relazioni cronologiche deducibili dalle relazioni geometriche di corpi stratificati sovrapposti o affiancati lateralmente. Tali principi sono stati enunciati a partire dal XVII secolo ad opera di Nicolò Stenone e, nel secolo successivo, ad opera di Giovanni Arduino. Essi sono validi fondamentalmente per rocce sedimentarie deposte in ambiente marino, in particolare in ambiente pelagico, ma possono essere estrapolati, con qualche limitazione, anche a rocce di ambiente diverso. I principi validi per questa categoria di rocce sono: il principio di sovrapposizione, il principio di orizzontalità originale degli strati, il principio di correlazione delle facies o regola di Walther.

Cosa sono i sistemi di numerazione?

Un sistema di numerazione è un insieme di regole e convenzioni in base alle quali viene usato un alfabeto di simboli speciali, chiamati *cifre*, per dare un nome a tutti i numeri. I Romani, ad esempio, usavano un complicato sistema in cui l'alfabeto era formato da cifre come la lettera I (che corrispondeva al numero 1), la lettera V (che corrispondeva al 5) e così via; mettendo insieme più cifre si otteneva un numero il cui valore si calcolava sommando i valori di ogni cifra secondo regole molto difficili, che rendevano quasi impossibile usare questo sistema per far di conto. Tutto è diventato più comodo e facile quando sono stati inventati i sistemi di numerazione di tipo *posizionale*: fu una delle invenzioni più geniali della storia della matematica. Nei sistemi posizionali il valore di ogni cifra varia a seconda della posizione che la cifra assume all'interno del numero. Ad esempio, nel sistema di numerazione che usiamo oggi, quello decimale, usiamo appunto dieci diversi simboli

come cifre, cioè i numeri dallo 0 al 9. Ad esempio la cifra 7 vale semplicemente 7 se è usata come cifra più a destra di un numero, ma vale 70 se è posta come penultima cifra o 700 se è la terzultima e così via. Il sistema di numerazione binario, usato nei computer, è perfettamente analogo, con la differenza che invece di usare 10 cifre diverse, ne usa solo due: lo zero e l'uno.

Cosa dice il “Principio di sovrapposizione”?

Questo principio afferma che ciascuno strato di roccia è più recente dello strato di roccia che ricopre ed è più antico dello strato da cui viene ricoperto. Tale principio vale solo per strati che conservano la propria giacitura primaria, non modificata cioè da eventi deformativi successivi, quali piegamenti o traslazioni tettoniche, nel qual caso strati più antichi possono giacere sopra strati più recenti. Il principio di sovrapposizione è particolarmente evidente ed intuitivo quando le superfici di stratificazione evidenziano un sostanziale parallelismo, ossia ogni strato si depone sul dorso del precedente. Talora gli strati si depongono su superfici d'erosione inclinate sulla stratificazione del substrato: tale fatto non inficia il principio, perché le rocce più recenti si sovrappongono pur sempre alle rocce più antiche, ma lo rendono di meno immediata percezione in quanto le rocce più recenti possono rimanere ad una quota topografica minore di quella delle rocce più antiche. Esistono naturalmente delle eccezioni a questo principio dovute, ad esempio, all'infiltrazione di sedimenti in fratture di rocce pre-esistenti o alla differenziazione diagenetica.

È vero che in una estrazione del gioco del lotto i numeri che non escono da molte settimane hanno più probabilità di uscire?

No, è assolutamente falso, così come è falso in generale che alcuni numeri possano avere maggiori o minori probabilità di uscire rispetto ad altri. Si potrebbe dire che le ruote del lotto non hanno memoria e quello che è successo nelle estrazioni precedenti non influisce sulle successive. In altre parole, ad ogni estrazione tutti i 90 numeri hanno esattamente la stessa probabilità di uscire, per cui non esiste alcuna possibilità di prevedere i numeri che usciranno ed ogni presunto metodo per fare previsioni è da considerarsi destinato a non funzionare. La falsa teoria dei numeri ritardatari si basa su un equivoco: è vero che, statisticamente, i lunghi ritardi sono poco probabili, ma questo è un normale fenomeno probabilistico che non autorizza a concludere che un numero che non esce da molto tempo abbia oggi maggiori probabilità di uscire rispetto ad altri. Ovviamente tutto quello che ho detto è vero a patto che le ruote non siano truccate, ma questo è un altro paio di maniche!

Cosa dice il “Principio di orizzontalità originaria degli strati”?

Tale enunciato fa riferimento essenzialmente a sequenze sedimentarie deposte in ambiente di mare aperto, nel quale gli strati si depongono con giacitura orizzontale su fondali pressoché piatti. Sedimenti deposti in ambienti di altro tipo possono presentare modeste inclinazioni primarie, denominate clinostratificazioni, oppure possono assumere inclinazioni maggiori fino all'angolo limite con il quale possono reggersi senza franare. Negli ambienti ove gli strati si depositano con giacitura orizzontale, l'accrescimento del corpo roccioso avviene in senso essenzialmente verticale; tale processo viene denominato “aggradazione” e gli strati che via via si depositano esemplificano al meglio il principio di sovrapposizione. Negli ambienti ove gli strati evidenziano una clinostratificazione primaria, l'accrescimento del corpo roccioso avviene in senso essenzialmente laterale; tale processo viene denominato “progradazione” e gli strati rispecchiano ugualmente il principio di sovrapposizione, anche se avviene lateralmente.

Cosa sono i numeri di Fibonacci?

I numeri di Fibonacci sono una successione di numeri che inizia con lo zero e l'uno e prosegue con l'unica regola che ogni numero è uguale alla somma dei due numeri precedenti. Quindi il

terzo numero di Fibonacci è uguale a $0 + 1$, cioè 1; il quarto è uguale a $1 + 1$, cioè 2; il quinto è uguale a $1 + 2$, cioè 3 e così via. I primi dieci numeri di Fibonacci sono quindi 0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55. La successione venne descritta dal matematico pisano del XIII secolo Leonardo Fibonacci, il cui intento era rappresentare matematicamente la crescita di una popolazione di conigli. Ben presto si scoprì che i numeri di Fibonacci godono di una quantità stupefacente di proprietà e intervengono in moltissimi campi della matematica. Uno dei tanti esempi è questo: se prendiamo tre numeri di Fibonacci consecutivi, moltiplichiamo il primo per il terzo e il secondo per se stesso si ottengono sempre due numeri che differiscono di 1. Ma i numeri di Fibonacci si possono usare anche per descrivere moltissimi fenomeni naturali: dalla disposizione delle foglie lungo uno stelo e dei petali delle rose alle fluttuazioni dei mercati finanziari, dalla forma delle conchiglie e di alcuni cristalli alla struttura degli ammassi di galassie e mille altre cose.

Cosa dice il “Principio di correlazione delle facies”?

La *facies* di un deposito sedimentario è data dall'insieme delle caratteristiche composizionali, tessiturali, strutturali e di contenuto faunistico che caratterizzano e contraddistinguono quel dato deposito (ossia gli aspetti oggettivi della roccia) e permettono di ricostruire i processi e l'ambiente di sedimentazione (ossia l'interpretazione ambientale). Ammettendo che gli ambienti marini variano con gradualità nello spazio e nel tempo, le facies delle successioni rocciose che ne sono l'espressione debbono pure variare con gradualità sia lateralmente che verticalmente. Negli ambienti costieri la linea di costa può migrare in direzione della terra emersa (ingressione marina) provocando la sovrapposizione di facies di maggior profondità su facies di minor profondità in ogni punto, oppure può migrare in direzione del mare aperto (regressione marina) provocando una migrazione delle facies in modo opposto. In entrambi i casi la variazione delle facies che si nota verticalmente si ritrova anche lateralmente: questa relazione è nota come “regola di Walther”.

Cos'è la sezione aurea?

Se prendiamo un pezzo di spago con una certa lunghezza e lo tagliamo in un certo punto non al centro, otteniamo due pezzi, uno più lungo e uno più corto. Se scegliamo il punto di taglio in modo che la lunghezza totale dello spago stia a quella del pezzo più lungo come la lunghezza del pezzo più lungo sta a quella del pezzo più corto, possiamo dire che le lunghezze dei due pezzi di spago stanno tra loro in un rapporto di sezione aurea. Il rapporto aureo è un numero fisso che vale circa 1.618 e gode di moltissime sorprendenti proprietà. Fin dall'antichità questa proporzione venne associata ad un ideale di perfezione e di armonia e venne largamente usata nella pittura, nell'architettura, nella musica e nella fotografia. Viene anche chiamato sezione divina, proporzione aurea, numero di Fidia, eccetera. Nel 1611 Keplero scoprì un singolare legame tra i numeri di Fibonacci, di cui abbiamo già parlato, e la sezione aurea. Se si prende uno dei numeri della successione di Fibonacci e lo si divide per il numero che lo precede, si ottiene un numero che è abbastanza vicino al rapporto aureo; facendo questo esperimento con numeri che si trovano molto avanti nella successione, quindi numeri molto grandi, il rapporto si avvicina sempre di più alla sezione aurea, senza però raggiungerla mai.

Quali sono i criteri di ordinamento delle rocce intrusive?

Per tale categoria di rocce vale il “Principio di intersezione” che stabilisce che un dato corpo intrusivo è più recente della roccia che esso interseca e più antico della roccia o superficie (sia essa d'erosione o tettonica) da cui viene intersecato. Le rocce intrusive si mettono in posto all'interno di corpi rocciosi preesistenti, quindi sono più recenti di tali corpi e anche della sovrastante copertura, se in continuità. Corpi intrusivi di grandi dimensioni che provocano un'aureola metamorfica nelle rocce incassanti sono necessariamente più recenti di esse. Corpi filoniani di forma tabulare o colonnare tagliati da superfici d'erosione sono più recenti della roccia incassante e più antichi della su-

perficie d'erosione. Se quest'ultima è stata a sua volta ricoperta da una sequenza sedimentaria o vulcanica, tale sequenza è più recente sia dei corpi filoniani sia della superficie erosiva. Un corpo intrusivo che taglia un altro corpo intrusivo è più recente del corpo che viene tagliato. In questo caso il principio stratigrafico di intersezione trova la sua espressione più evidente.

Chi fu Alan Turing?

Alan Turing fu uno dei più grandi matematici del Novecento. Nato a Londra nel 1912, è considerato uno dei padri dell'informatica, soprattutto grazie a due concetti geniali da lui ideati: il primo è il cosiddetto "test di Turing", un particolare criterio per determinare se una macchina sia in grado di pensare, sul quale si basarono molti successivi studi sull'intelligenza artificiale; il secondo è la nozione della "macchina di Turing", un modello astratto di calcolatore ideale, sul quale si fonda tutta l'informatica teorica. Turing fu anche un brillante esperto di crittografia e durante la seconda guerra mondiale lavorò al servizio del governo inglese, riuscendo a decifrare i codici usati nelle comunicazioni naziste, che venivano criptate tramite il cosiddetto sistema Enigma. Nonostante questi enormi meriti, a partire dagli anni Cinquanta cominciò ad essere perseguitato e venne infine arrestato a causa della sua omosessualità, cosa che lo indusse al suicidio, che avvenne nel 1952; pare che decise di uccidersi con una mela avvelenata, traendo ispirazione dalla fiaba di Biancaneve che aveva amato fin da bambino.

Cosa si intende per "memoria degli eventi" in geologia?

Gli eventi geologici comprendono episodi di sedimentazione, messa in posto di rocce vulcaniche e di corpi intrusivi, episodi di erosione che determinano le discontinuità stratigrafiche, eventi deformativi che modificano l'assetto dei corpi rocciosi, eventi metamorfici. Gli eventi possono coinvolgere solo le rocce e le superfici già esistenti nel momento o intervallo di tempo in cui l'evento stesso si esplica e non rocce o superfici non ancora esistenti. L'evento erosionale, tettonico e metamorfico è quindi successivo alla roccia più recente sulla quale si manifesta e più antico della roccia che taglia in discordanza le rocce sulle quali gli eventi si sono impressi. Le rocce, in definitiva, conservano memoria solo dei processi che hanno causato la loro deposizione o messa in posto e degli eventi deformativi o metamorfici successivi. Gli eventi tettonici e metamorfici possono manifestarsi in più episodi separati nel tempo, in cui fasi più recenti si sovrappongono alle più antiche; quindi gli eventi più antichi sono osservabili o deducibili con difficoltà via via crescente a misura che altri si sono sovrapposti su essi.

Cos'è un algoritmo?

In generale, possiamo chiamare algoritmo un insieme di semplici operazioni che devono essere eseguite in un certo ordine per ottenere un risultato atteso o per risolvere un problema. Ad esempio, un algoritmo per fare il tè sarebbe formato da operazioni del tipo: riempi il pentolino d'acqua, metti il pentolino sul fuoco, metti nella teiera le foglioline di tè o la bustina, ecc. Oltre a semplici operazioni in successione, possiamo avere istruzioni cicliche (ad esempio: tieni il pentolino sul fuoco finché l'acqua non ha raggiunto una certa temperatura) e istruzioni condizionali (ad esempio: se usi le foglioline, allora versa il tè nella tazza usando un colino). Le istruzioni di un algoritmo devono essere indicate in modo non ambiguo, devono essere in numero finito, devono essere eseguibili e portare ad un risultato. Quando si progetta un algoritmo perché sia eseguito da un computer, occorre prima o poi tradurlo o, come si dice in gergo, implementarlo, in un linguaggio di programmazione, in modo che sia compreso dalla macchina: a quel punto l'algoritmo diventerà un programma. La parola "algoritmo" ha origine dal nome del grande matematico persiano Muhammad ibn Mūsa 'l-Khwārizmī, che intorno all'800 d.C. fu tra i primi a fare riferimento esplicitamente a questo concetto.

Cosa si intende per unità stratigrafiche?

La corretta identificazione dei tipi litologici sul terreno costituisce la premessa indispensabile per poter procedere con la cartografia dei corpi rocciosi. In carta, tuttavia, non vengono cartografati e delimitati i singoli litotipi riconosciuti, bensì corpi rocciosi di più ampio respiro che possono comprendere tipi litologici diversi, seppur unificati da un minimo comune denominatore. Questi corpi geologici vengono denominati unità stratigrafiche. La distinzione dei corpi rocciosi in base alle unità stratigrafiche rappresenta la soluzione più utile e pratica, in quanto costituisce la rappresentazione più sintetica ed organizzata delle osservazioni fatte sul terreno. La banale rappresentazione per litotipi costituirebbe una rappresentazione dispersiva e renderebbe difficile la comprensione dell'evoluzione geologica. Vi sono varie categorie di unità stratigrafiche e, all'interno di ciascuna categoria, unità di diverso rango. Alcune categorie sono state introdotte durante il secondo Congresso Geologico Internazionale tenutosi a Bologna nel 1881, altre sono state proposte dopo il 1960 con l'affermarsi di nuove tecniche di indagine.

Cosa sono e a cosa servono le reti neurali?

Una rete neurale è un insieme di cellule nervose, chiamate anche neuroni, che si trovano connesse tra di loro nel cervello e nel sistema nervoso dell'uomo e degli animali; generalmente, però, quando si parla di reti neurali si fa riferimento alle reti neurali artificiali, cioè a modelli matematici che imitano la struttura e il comportamento delle reti di neuroni viventi e costituiscono un'importante tecnica dell'intelligenza artificiale. I meccanismi tipici delle reti neurali si trovano di solito realizzati all'interno di programmi che vengono eseguiti su computer, allo scopo di risolvere problemi complessi, come riconoscimento di volti e di oggetti all'interno di immagini, riconoscimento vocale, riconoscimento di testo scritto, sistemi di controllo, previsioni meteo, analisi finanziarie, diagnosi mediche, applicazioni bioinformatiche e così via. La particolarità più notevole di una rete neurale è il fatto che essa riesce a modificare la propria struttura imparando continuamente dai problemi che deve affrontare. Una rete neurale, infatti, per poter funzionare bene deve essere addestrata. Ciò significa che qualcuno deve ripetutamente fornire alla rete esempi di dati in ingresso e di corrispondenti risultati attesi; la rete è in grado di apprendere da questi esempi e modificare di conseguenza la propria struttura interna, allo scopo di migliorare sempre di più la qualità delle future elaborazioni.

Cosa sono le unità litostratigrafiche?

Si tratta del tipo di accorpamento attualmente più utilizzato nelle carte geologiche. Il criterio adottato è quello della natura litologica e della posizione stratigrafica di queste litologie. L'accorpamento di litologie nella stessa unità litostratigrafica sarà semplice nel caso di corpi geologici con litologia omogenea e ben diversificata da quella di corpi contigui; potrà rivelarsi più problematica e soggettiva in presenza di litologie molto variabili, alternantesi irregolarmente o con passaggi transizionali verso altre litologie. Il punto essenziale è la congruità delle litologie accorpate nel definire un ambiente o un processo di formazione compatibile per le stesse. La posizione stratigrafica delle litologie accorpate rappresenta il secondo parametro essenziale, in quanto lo stesso tipo di roccia può ripresentarsi in posizioni molto diverse della successione stratigrafica. Il requisito della posizione stratigrafica limita l'applicabilità delle suddivisioni litostratigrafiche alle situazioni in cui la posizione dei corpi rocciosi sia definibile mediante il principio di sovrapposizione o di intersezione.

Cos'è un bit? E cosa sono i KB, i MB, i GB?

La parola bit è la contrazione di "binary digit", che significa "cifra binaria". Un bit corrisponde infatti ad una decisione "binaria", cioè una scelta tra due possibili alternative: ad esempio vero o falso, acceso o spento, zero o uno, alto o basso, destra o sinistra e così via. Si tratta quindi della più piccola quantità possibile di informazione che possa essere registrata o trasmessa. Qualsiasi insie-

me di informazione può essere rappresentata, ad esempio all'interno della memoria di un computer, come un insieme di bit, cioè di informazioni elementari di tipo binario. In informatica si definiscono allora altre unità di misura dell'informazione più grandi del bit, che sono diventate familiari in quanto vengono usate per indicare la capacità degli hard disk o delle memorie dei moderni computer: ad esempio, un byte corrisponde a 8 bit; un kilobyte corrisponde a 1024 byte; un megabyte corrisponde a 1024 kilobyte, cioè a circa un milione di byte; un gigabyte corrisponde a 1024 megabyte, cioè a circa un miliardo di byte. Per dare qualche idea su queste grandezze, possiamo dire che l'intero testo della Divina Commedia "pesa", per così dire, soltanto 500 kilobyte; la capacità di un CD è di circa 700 megabyte e quella di un DVD varia tra 1,4 e 17 gigabyte.

Qual è l'unità stratigrafica fondamentale?

L'unità stratigrafica fondamentale è la Formazione; essa è rappresentata da un volume roccioso con area di affioramento delimitabile, costituito da identità od omogeneità litologica o litologia uniformemente o regolarmente ripetuta. La possibilità di istituire una Formazione è determinata solo dalla sua utilità ed importanza concettuale; tuttavia, essa deve essere cartografabile alla scala 1:25.000. Deve inoltre essere designata un'ara-tipo della Formazione in questione, entro la quale viene istituita, descritta e misurata una sezione-tipo. Ogni Formazione è caratterizzata da un nome costituito da due parti: una prima parte desunta dalla litologia e la seconda da un toponimo facilmente reperibile nell'area-tipo. Nel caso di eterogeneità litologica, la prima parte del nome può essere sostituito dallo stesso termine Formazione. Vi sono, tuttavia, molti nomi formazionali che non seguono queste regole perché di antica costituzione o perché il secondo termine è, ad esempio, il nome di un fossile. Ogni nuova Formazione deve essere formalizzata con la pubblicazione dei parametri che la designano su un periodico scientifico di larga diffusione.

Cosa sono i computer quantistici?

Un computer quantistico è una macchina che esegue calcoli sfruttando alcune proprietà delle particelle previste dalla fisica quantistica. Abbiamo già parlato dei bit, le unità elementari dell'informazione, corrispondenti alla scelta tra due possibilità, ad esempio 0 e 1. Nei computer quantistici il concetto di bit è sostituito dal concetto di *qubit*, cioè bit quantistico: un qubit può anch'esso assumere i valori 0 e 1, ma non necessariamente in modo esclusivo; cioè può assumere entrambi i valori nello stesso momento. Questo comportamento è sicuramente in contrasto con il buon senso, ma è perfettamente in accordo con quanto previsto dalla meccanica quantistica. La ricerca sui computer quantistici ha avuto inizio nel 1982 e sta attraversando in questi anni una fase caratterizzata da continue scoperte e innovazioni. I principi concettuali sui quali queste macchine si basano sono completamente diversi dai fondamenti del calcolo classico, su cui si fondano i computer che usiamo ogni giorno. I risultati ottenuti sono a tutt'oggi di carattere prettamente teorico, ma ciò non esclude che un giorno l'informatica quantistica possa diffondersi e offrire un ausilio per applicazioni pratiche.

Esistono altre unità litostratigrafiche oltre alla Formazione?

L'unità stratigrafica di rango superiore alla Formazione è costituita dal Gruppo, che riunisce formazioni aventi un minimo comune denominatore da un punto di vista litologico o di significato ambientale. Unità stratigrafiche di rango inferiore alla Formazione sono il Membro, con le varietà di Lingua e Lente, caratterizzate da geometrie particolari, e lo Strato. Tali unità si utilizzano per eventuali suddivisioni più dettagliate della Formazione e il loro utilizzo è facoltativo e consigliato solo dalla loro eventuale utilità. Nel caso in cui la posizione stratigrafica di unità che compongono un corpo roccioso risulti non accertabile o sia irrisolvibile dal punto di vista stratigrafico, si utilizza il termine, fuori gerarchia, di Complesso ad indicare un aggregato di litologie sedimentarie o ignee o metamorfiche. Per le rocce vulcaniche è stata proposta l'applicabilità delle Unità a limiti inconfor-

mi. Nei casi in cui l'inestricabilità dei rapporti stratigrafici sia chiaramente riconducibile a cause tettoniche che hanno provocato mescolanze di litologie, spesso tra loro incongrue, si utilizza il termine *Mélange*.

Cosa significa "digitale"?

"Digitale" deriva dalla parola inglese "digit", che significa "cifra". Il termine viene infatti largamente utilizzato con riferimento alle tecnologie elettroniche che possono facilmente elaborare informazioni rappresentate sotto forma di numeri. Ad esempio, in un orologio digitale le ore e i minuti vengono indicati in modo numerico, così come in un computer tutte le informazioni elaborate sono rappresentate internamente sotto forma di sequenze di cifre binarie, cioè di bit. Le moderne tecnologie elettroniche sono in genere caratterizzate da una rappresentazione digitale delle informazioni, siano esse relative a contenuti di testo, segnali audio o video, immagini e così via. Il contrario di digitale è "analogico". Un segnale o una informazione è analogica quando la sua rappresentazione non fa uso di numeri, ma sfrutta un'analogia con un'altra grandezza: ad esempio negli orologi meccanici le ore e i minuti sono indicati dagli angoli formati dalle lancette; viene fatta cioè un'analogia tra il numero di ore o minuti e l'ampiezza di questi angoli. Sono analogici anche il vecchio termometro a mercurio, il tachimetro a lancetta dell'automobile e la manopola del volume di uno stereo (sempre che non abbia gli scatti).

GENNAIO 2010

“Se insegnassimo la scienza creazionista come alternativa all'evoluzione, allora dovremmo anche insegnare la teoria della cicogna come alternativa alla riproduzione biologica.”

J. HAYES

Cosa si intende per Arenaria di Libano?

Si tratta di una Formazione costituita da arenarie quarzose grigio-verdastre bioturbate, da fini a grossolane, talora microconglomeratiche; la stratificazione è poco distinta e vi è povertà di strutture sedimentarie. Le facies individuate sono caratteristiche di fronte deltizia a tendenza regressiva. La formazione sottostante è la Siltite dei Casoni e il limite tra le due è transizionale, mentre a tetto si trova la Marna di Bolago, con limite netto. I fossili sono dati da resti vegetali fluitati anche di grosse dimensioni e, soprattutto, da denti e ossa di squali e odontoceti, nonché Ostreidi e Pettinidi. La sezione-tipo si trova lungo il Torrente Gresal, mentre affioramenti tipici si possono osservare alle cave di Bolzano, ai Casoni e lungo il Torrente Rumian. Lo spessore delle Arenarie di Libano varia da 6 a 17 metri. Nella letteratura geologica è indicata anche con i sinonimi di "Molasse di Libano e Bolzano a mammiferi" e "Arenarie grige di Belluno". L'età dell'Arenaria di Libano, su base litostratigrafica, è Aquitaniano-Burdigaliano, ossia circa 20 milioni di anni.

Chi era Enrico Fermi?

Enrico Fermi nacque a Roma il 29 settembre 1901; figlio di un dirigente ferroviario e di una maestra elementare, Fermi fin da adolescente mostrò vivo interesse per la fisica ed un grande talento per la matematica, tanto che la sua conoscenza andava ben oltre l'insegnamento scolastico. Nel luglio del 1918 Fermi conseguì la licenza liceale e su consiglio di un collega del padre si iscrisse alla Normale di Pisa; sostenne l'impegnativo esame di ammissione il 14 novembre dello stesso an-

no, superandolo brillantemente con un tema dove mostrava un talento che andava ben oltre la sua età. Durante il periodo universitario Fermi frequentò sia l'Università di Pisa che la Scuola Normale avvicinandosi alle tematiche della Relatività e della Fisica Atomica e pubblicando anche i suoi primi articoli. Si racconta che spesso il direttore del laboratorio di fisica, Luigi Puccianti, chiesse a Fermi di insegnarli qualcosa tanto era elevata la sua preparazione. Fermi si laureò con lode il 7 luglio 1922 discutendo presso l'Università di Pisa una tesi sperimentale sulla diffrazione dei raggi X; subito dopo conseguì il diploma della Normale, discutendo una tesi su un teorema di calcolo delle probabilità e alcune sue applicazioni astronomiche. Una volta laureato Fermi fece ritorno a Roma.

Cosa si intende per Arenaria di Orzes?

In questa Formazione, al di sopra di un livello di arenarie glauconitiche con base netta si ha la sovrapposizione successiva di siltiti bioturbate, alternanze di arenarie fini e siltiti, con spessori da centimetrici a decimetrici e, infine, arenarie medie e grossolane glauconitiche, talora con granuli, a stratificazione incrociata concava. Nella successione sono rappresentate facies di barre sabbiose di estuario rielaborate da correnti di marea. Segue poi una porzione con ritorno ad arenarie e infine siltiti, che registrano un approfondimento in ambiente di piattaforma. Tra le strutture sedimentarie si notano laminazioni oblique a piccola scala e stratificazioni incrociate a media e grande scala. La Formazione sottostante è la Siltite di Bastia e il limite tra le due è netto ed erosivo; a tetto si ha la Siltite di Casoni, con limite transizionale. I fossili sono dati da rari resti di piante, Pettinidi e Coralli. Il suo spessore è compreso tra 25 e 50 metri e la sua sezione-tipo è posta a Ponte di Mas; affioramenti tipici si osservano lungo il Torrente Ardo e a Gron. L'età è Aquitaniano p.p., ossia circa 23 milioni di anni.

Che ruolo giocò O. M. Corbino nello sviluppo della carriera di Fermi?

Di ritorno a Roma Fermi si recò all'istituto di fisica per discutere del suo avvenire; qui conobbe Orso Mario Corbino. All'epoca Corbino, uno dei fisici italiani più illustri, era direttore dell'istituto di fisica in via Panisperna, senatore per meriti scientifici e Ministro della Pubblica Istruzione. Fra Corbino e Fermi nacque subito un'intesa sia professionale che personale. Grazie a Corbino, Fermi ottenne nel 1923 una borsa di studio che gli permise di recarsi a Göttingen presso l'istituto di Max Born, dove conobbe Heisenberg, Jordan e, probabilmente, Pauli; di ritorno in Italia tenne un corso di matematica presso l'Università di Roma. Poi, nel 1924, con un'altra borsa di studio, perfezionò i suoi studi a Leida nell'istituto diretto da Ehrenfest, dove conobbe di persona scienziati del calibro di Lorentz ed Einstein. Nei primi mesi del 1926 tenne un corso di meccanica teorica ed uno di fisica matematica presso l'Università di Firenze; nel frattempo la fama internazionale di Fermi cresceva di pari passo con le sue pubblicazioni; a questo punto si mosse Corbino, che istituì la prima cattedra di Fisica Teorica in Italia; il concorso, bandito nell'autunno del 1926, fu vinto da Fermi che a soli 25 anni era docente universitario presso l'Istituto di Fisica di via Panisperna a Roma.

Cosa si intende per Arenaria di S. Gregorio?

È una Formazione costituita da arenarie da molto fini a medie, debolmente glauconitiche, con intercalazioni siltose nella parte bassa; sono presenti diffuse bioturbazioni; la stratificazione è da poco distinta ad indistinta nella parte superiore. La successione costituisce una sequenza di fronte deltizia. La Formazione sottostante è la Marna di Bolago, con la quale il limite è transizionale, mentre il limite con la sovrastante Marna di Monfumo è netto ed erosivo. Il contenuto fossilifero è scarso ed è rappresentato da rari e dispersi resti vegetali fluitati. Non è stata designata una sezione-tipo, ma la località-tipo è San Gregorio nelle Alpi, mentre affioramenti tipici si hanno a Costa di Serravalle, presso Vittorio Veneto. Un sinonimo usato in letteratura è "Arenarie di Altin". Lo spessore varia da 8-10 metri presso San Gregorio, a oltre 100 metri presso Serravalle. L'Arenaria di San Gregorio si è deposta nel Burdigaliano, circa 20 milioni di anni fa.

Chi erano i ragazzi di Via Panisperna?

Nel 1926, come detto precedentemente, Fermi divenne professore di Fisica Teorica a Roma; sebbene fosse molto giovane aveva già dimostrato il suo valore a livello internazionale, evidenziando una notevole versatilità che gli permetteva di spaziare dalla fisica teorica alla fisica sperimentale. Tuttavia era necessario creare attorno alla sua figura un gruppo di giovani talenti in grado di portare avanti ricerche di alto livello. Anche in quest'occasione ebbe un ruolo importante il senatore Corbino, il quale reclutò diversi giovani; Franco Rasetti, già compagno di corso di Fermi a Pisa, divenne suo assistente. Majorana, Amaldi, Segrè e, più tardi, Pontecorvo furono i primi componenti del gruppo quand'erano ancora studenti universitari; era un gruppo piuttosto unito, come dimostrano i curiosi soprannomi che i componenti si erano dati: Fermi era il "Papa", Rasetti il "Cardinale Vicario", Majorana il "Grande Inquisitore". Più semplicemente erano i ragazzi di via Panisperna, un gruppo di fisici che riuscì non solo a rivitalizzare l'interesse per la fisica nei giovani, ma anche a dare risalto internazionale alla Scuola di Roma, che diventò un punto di riferimento a livello europeo nel campo della fisica nucleare. Mentre i vari Fermi, Rasetti, Amaldi e Segrè viaggiavano verso gli Stati Uniti, l'Olanda o la Germania per apprendere nuove tecniche sperimentali, bisogna annotare come molti fisici tedeschi per migliorare la propria preparazione visitarono la Scuola di Roma.

Cosa si intende per Arenaria Glauconitica di Belluno?

Si tratta di arenarie a granulometria media, molto glauconitiche e fossilifere in cui i fossili si trovano addensati in livelli, con intense bioturbazioni. La stratificazione è a strati tabulari amalgamati. Alla base vi è uno strato grossolano con ciottoli esotici (quarzo, selce) e frammenti del substrato. Sono inoltre presenti livelli di biocalciruditi e biocalcisiltiti. Verso la sommità si ha una tendenza alla diminuzione della granulometria e del contenuto in glauconite. Nel complesso, l'unità rappresenta una sequenza trasgressiva di piattaforma, con tenenza alla condensazione per bassa velocità di sedimentazione. L'unità costituisce un orizzonte di spessore limitato, tra 2 e 10 metri, ma con buona continuità laterale, tanto da essere utilizzato come marker stratigrafico. I fossili sono dati da Pettinidi, Gasteropodi, Scafopodi, Echinidi, denti di pesci e resti vegetali. Al di sotto dell'Arenaria Glauconitica di Belluno affiorano il Flysch di Belluno e la Siltite di Curzoi; i limiti sono erosivi e con discordanza angolare. Al di sopra si ha la Siltite di Bastia, a cui si passa con limite graduale. La sezione-tipo è posta presso Ponte di Mas. Questa Formazione risale al Chattiano Superiore, ossia a poco più di 23 milioni di anni fa.

Cos'è il principio di esclusione di Pauli?

Il primo risultato di livello internazionale Fermi lo ottiene nel 1926 quando pubblica un articolo nel quale sviluppa, utilizzando il principio di esclusione di Pauli, la cosiddetta statistica di Fermi-Dirac. Il principio di esclusione, sviluppato da Pauli nel gennaio del 1925, è uno dei principi fondamentali della Meccanica Quantistica; ogni particella può essere descritta a livello quantistico sulla base di diversi numeri quantici, ognuno dei quali si associa al valore di un parametro fisico, per esempio l'energia. Uno di questi numeri è lo spin, il quale rappresenta la modalità di rotazione intrinseca che la particella ha rispetto ad un proprio asse, come nel caso della rotazione terrestre; in particolare, questo numero può assumere valori interi (0, 1, 2) o seminteri ($1/2$, $3/2$,...). Il principio di esclusione di Pauli afferma che due particelle con spin semintero non possono essere caratterizzate dalla stessa sequenza di numeri quantici, ovvero una prima particella con determinate proprietà fisiche esclude automaticamente una seconda particella identica, cioè caratterizzata dagli stessi numeri quantici; in altre parole, in ogni stato quantico non ci può essere più di una particella simultaneamente. Due particelle possono convivere solo se possono essere distinte quantomeno per la loro rotazione intrinseca, che dovrà essere opposta, una girerà in senso orario l'altra in senso antiorario.

Cosa si intende per Calcarea del Vajont?

Si tratta di calcareniti oolitiche, talora pisolitiche, grige o grigio-nocciola, a stratificazione indistinta o in grossi banchi spessi da 1 a 4 metri, talora gradate, con breccie basali ad elementi micritici in matrice oolitica; nella parte superiore degli strati sono presenti ripples, laminazioni parallele e incrociate. Nella parte inferiore dell'unità sono presenti livelli silicizzati e straterelli di calcarea grigio scuro a grana fine. Nella parte superiore si osservano intercalazioni di dolomie vacuolari giallastre. Spesso l'unità è interessata da fenomeni di dissoluzione, stilolizzazione e dolomitizzazione. Le Formazioni sottostanti sono la Formazione di Igne, i Calcari Grigi, il Rosso Ammonitico, sempre con limiti netti. Al di sopra si possono osservare la Formazione di Fonzaso o Unità di piattaforma, anche in questi casi con limiti netti. Il Calcarea del Vajont si è deposto alla base della scarpata continentale, interessata da risedimentazione oolitica con formazione di depositi torbiditici. Lo spessore è di 370 metri nella sezione tipo, lungo il torrente Vajont, ma varia da pochi metri fino a oltre mille. I resti fossili sono rarissimi e la Formazione risale al Bajociano-Oxfordiano, tra 170 e 160 milioni di anni fa circa.

Qual è il significato fisico della statistica di Fermi-Dirac?

Quando Pauli pubblicò i suoi risultati all'interno dei quali si trovava il cosiddetto Principio di Esclusione, Fermi si rese subito conto di avere tutti gli strumenti per formulare una teoria quantistica sui gas ideali di particelle soddisfacenti a questo principio. Per intenderci, possiamo pensare ad un gas di elettroni contenuto all'interno di una scatola ad una data temperatura; la statistica di Fermi-Dirac ci permette di determinare il numero medio di elettroni che si trovano nel medesimo stato caratterizzato da un ben determinato livello energetico. Fermi la propose nel febbraio del 1926, mentre Dirac, nell'agosto dello stesso anno, ne chiarì il legame con la nascente meccanica quantistica. Nel 1924 Bose, un fisico indiano, sviluppò una funzione di distribuzione analoga valida per le particelle a spin intero, la cosiddetta statistica di Bose-Einstein. In altre parole, le particelle in base allo spin, ovvero in base al loro intrinseco modo di ruotare attorno a loro stesse, si comportano in modo differente: ad una data temperatura particelle a spin intero o semintero si distribuiscono fra i diversi livelli energetici in modo diverso. Fermi ottenne così un risultato di fondamentale importanza teorica nell'ambito della meccanica quantistica, tanto che le particelle che si comportano in accordo con la sua funzione di distribuzione statistica vennero ben presto ribattezzate fermioni.

Cosa si intende per Calcarea di Morbiac?

Si tratta di calcari micritici nodulari scuri, in strati ondulati di 10-20 centimetri di spessore, che si alternano a subordinate marne siltose e arenarie grigie, in strati di 3-20 centimetri. La parte alta della Formazione è caratterizzata da una notevole variabilità litologica laterale: localmente si segnalano, infatti, micriti laminate a volte selcifere, carbonati ad Alge Dasicladali, dolomie con noduli di selce nera, breccie. Al di sotto si osserva la Formazione di Werfen, con contatto erosivo, o il Conglomerato di Richthofen, con limite graduale. A tetto si ha la Formazione di Contrin o la Formazione di Moena, in entrambi i casi con passaggio graduale. Il Calcarea di Morbiac materializza un ambiente di deposizione lagunare, passante a condizioni marine nella parte superiore. I macrofossili sono rappresentati da molluschi, crinoidi e resti di piante. Lo spessore dell'Unità può raggiungere i 200 metri, ma in genere è limitato a pochi metri. La sezione-tipo è localizzata in Val Morbiac, ma affioramenti si hanno in Agordino, in Val di Zoldo, lungo la valle del Biois e del Cordevole. Questa Formazione si è deposta nell'Illirico, circa 240 milioni di anni fa.

Fermioni e bosoni: cosa si intende?

Nel mondo della fisica delle particelle, fermioni e bosoni sono due tipi distinti di particelle: i fermioni sono le particelle con spin semintero ($1/2$, $3/2$ e così via...), mentre i bosoni sono le parti-

celle con spin intero (0, 1, 2 e così via...). I fermioni soddisfano la statistica di Fermi-Dirac, i bosoni soddisfano la statistica di Bose-Einstein. A questo punto possiamo fare alcuni esempi: sono fermioni tutti i mattoni costituenti la materia che ci circonda, ovvero elettroni, protoni e neutroni. Più in profondità sono fermioni i quark che compongono i protoni ed i neutroni. Fra i bosoni ricordiamo il fotone e le altre particelle che nel Modello Standard trasportano le informazioni relative alle forze fondamentali della Natura, ovvero gluoni, W_{\pm} e Z_0 . Va inoltre ricordato che la “particella di Dio” tanto cercata all’LHC del CERN di Ginevra è anch’essa un bosone, il bosone di Higgs. Il risultato ottenuto da Fermi in merito alla distribuzione delle particelle con spin semintero è quindi di fondamentale importanza non solo nell’ambito della fisica atomica, ma anche nell’ambito della fisica delle particelle elementari, tanto che il suo nome si lega proprio ad uno schema di classificazione delle particelle.

Cosa si intende per Calcareniti dell'Alpago?

Questa Formazione è costituita da arenarie fini glauconitiche fossilifere, microconglomerati che nei livelli basali in strati centimetrici, siltiti marnose bioturbate in strati da 2 a 5 metri, arenarie fini e calcareniti fossiliferi bioturbate in strati di 7-11 metri. La base dell’unità presenta intense bioturbazioni. I livelli glauconitici della parte intermedia dell’unità testimoniano una tendenza a condensazione o bassa velocità di sedimentazione. È presente un livello sommitale spesso 5 metri, con arenarie glauconitiche, talora lenti calcaree a rodofite. La Formazione sottostante è il Flysch di Belluno, su cui si appoggia con discordanza angolare. Al di sopra, con limite netto, si osserva la Siltite di Bastia. L’unità rappresenta un ambiente di piattaforma interna o intermedia, protetta da apporti terrigeni. I fossili sono dati da Bivalvi, Echinidi, Briozoi, Alghe e macroforaminiferi. Lo spessore varia da 15 a 50 metri. Affioramenti tipici si osservano in Alpago. La Formazione, eteropica all’Arenaria Glauconitica di Belluno, risale al Chattiano-Aquitano, ossia 23 milioni di anni fa.

Quale fu l’indirizzo delle ricerche di Fermi dopo i primi successi negli anni ‘20?

Dopo i primi successi teorici ottenuti a metà degli anni venti, l’interesse scientifico di Fermi si indirizzò verso la fisica nucleare, convinto che la fisica atomica avesse ormai esaurito il suo compito. In tal senso, verso la fine degli anni ‘20 e l’inizio degli anni ‘30 Fermi rivolse la sua attenzione ai nuovi fenomeni che in quegli anni venivano osservati e studiati: i fenomeni della radioattività, legati alla natura e alla stabilità del nucleo atomico; la radiazione beta, ovvero l’emissione di elettroni da parte del nucleo; i fenomeni relativi alla radiazione artificiale, ovvero lo studio dell’instabilità del nucleo indotta dal bombardamento attraverso altri piccoli nuclei, le cosiddette particelle alfa. In quegli anni, Fermi viaggiò molto avendo così modo di confrontarsi con i maggiori esperti internazionali su questi aspetti di frontiera della ricerca in fisica: nel 1927 partecipò al quinto Convegno Solvay, nel 1930 tenne un corso estivo di fisica teorica all’Università del Michigan ad Ann Arbor. Molto importante fu il settimo Convegno Solvay del 1933 che aveva come tema “Struttura e proprietà dei nuclei atomici”. Fra i partecipanti ricordiamo: Schrödinger, Bohr, Heisenberg, Dirac, ma soprattutto Pauli, che per l’occasione avanzò ufficialmente l’ipotesi dell’esistenza del neutrino, e Chadwick che l’anno precedente aveva scoperto il neutrone.

Cosa si intende per Calcari del Monte Cavallo?

Questa unità è caratterizzata dall’alternanza di calcari bianco-nocciola di piattaforma e calcari grigi detritici e fossiliferi. Lo spessore degli strati varia da alcuni decimetri a parecchi metri, con spessore più frequente attorno al metro; si tratta di banchi massicci, clinostratificati. Sono inoltre presenti livelli marnosi di 30-40 centimetri. Su base sedimentologica e biostratigrafica sono state riconosciute 4 subunità. Al di sotto dei Calcari di Monte Cavallo si hanno il Calcare del Cellina e il Calcare del Vajont, con limiti transizionali, mentre a tetto si osserva il passaggio erosivo verso il

Membro del T. Colvera. La Formazione in esame rappresenta una successione di piattaforma aperta con caratteristiche di rampa, passante a margine. Lo spessore massimo complessivo è di circa 500 metri. I macrofossili sono molto abbondanti e, generalmente, sono rappresentati da resti di Rudiste; anche i microfossili risultano presenti in grande quantità e con un vasto numero di specie. La Formazione, che affiora tipicamente in Val Cellina, risale al Maastrichtiano-Albiano, da 110 a 70 milioni di anni fa.

Cosa si intende per radiazione artificiale?

Nel 1932 Chadwick scoprì il neutrone sviluppando e ben interpretando alcuni esperimenti condotti in precedenza dai coniugi Frédéric Joliot e Irène Curie; gli stessi coniugi che nel 1934 annunciarono le loro scoperte sulla radiazione artificiale: se bombardati con particelle alfa i nuclei di alluminio si trasformano in nuclei instabili di fosforo, emettendo neutroni. In altre parole, un nucleo stabile può essere trasformato in un nucleo radioattivo capace di emettere radiazione nucleare. Tornato dalle vacanze sulle Dolomiti e venuto a conoscenza dei risultati dei coniugi Joliot-Curie, Fermi si mise subito al lavoro su nuove ricerche sperimentali riguardanti la radioattività artificiale indotta dai neutroni. Fermi voleva usare i neutroni come proiettili per rendere instabili, quindi radioattive, alcune sostanze fra le quali l'uranio. Fermi scoprì che i neutroni determinavano la trasformazione dell'uranio in elementi che Fermi ed il suo gruppo di ricerca credevano transuranici, cioè con un numero di protoni nel nucleo superiore a 92. Durante le sue intense ricerche Fermi scoprì che l'efficacia del processo cresceva se i neutroni venivano rallentati con sostanza ricche di idrogeno, quali l'acqua e la paraffina. Questa scoperta costituirà un passo fondamentale verso l'utilizzazione dell'energia nucleare attraverso l'uso delle reazioni a catena.

Cosa si intende per Conglomerato di Richthofen?

Si tratta di un conglomerato poligenico, con alternanza di livelli detritici più o meno grossolani; i banconi conglomeratici grossolani, a clasti prevalentemente carbonatici, sono lenticolari, a base spesso erosiva, con assetto interno caotico o con laminazioni e contengono orizzonti arenacei o, in alternanza, siltiti. Superiormente si hanno arenarie e siltiti rosse poco micacee e livelletti di biomicriti a Crinoidi. Localmente, l'unità è rappresentata soltanto da arenarie con laminazioni a piccola scala. Da zona a zona variano le caratteristiche composizionali, strutturali e stratimetriche, a causa della diversa natura del substrato. Lo spessore è in genere inferiore a 10 metri, ma può superare i 100. L'unità poggia su diverse Formazioni, sempre con limite netto ed erosivo, mentre a tetto si ha il passaggio graduale al Calcare di Morbiac. Affioramenti tipici si hanno in Agordino e in Alto Adige. Rappresenta una serie di ambienti, da fluviale a quello di piattaforma. I fossili sono dati da Crinoidi e da impronte di Tetrapodi. L'età del Conglomerato è Anisico superiore, circa 240 milioni di anni fa.

Quando riuscì Fermi a realizzare la prima reazione a catena?

Le scoperte fatte da Fermi in merito alle reazioni provocate dai neutroni "lenti", rallentati cioè dall'acqua o dalla paraffina, meritavano l'assegnazione del Nobel nel 1938. In quell'anno l'ombra del secondo conflitto mondiale si allungava sul mondo della ricerca e molti fisici europei dovettero emigrare negli Stati Uniti; fra questi anche Fermi, visto che la moglie era di origine ebrea. Fermi partì da Roma alla volta di Stoccolma per ritirare il premio conferitogli consapevole che non avrebbe fatto ritorno in patria. Da Stoccolma raggiunse direttamente New York e la Columbia University: era il 2 gennaio 1939. Ben presto arrivarono oltreoceano le ultime notizie sulle scoperte fatte in Europa proprio durante l'inverno del 1938-1939: un gruppo di ricercatori tedeschi aveva spiegato i fenomeni osservati da Fermi in termini di fissione nucleare, ovvero di suddivisione del nucleo originario in due nuclei più leggeri. Subito Fermi volle riprodurre il fenomeno utilizzando gli strumenti a disposizione alla Columbia University; il fisico italiano era fermamente convinto della

possibilità di innescare una reazione a catena dalla quale ricavare energia, cioè una reazione capace di sorreggersi da sola una volta innescata, grazie alla continua produzione di neutroni. Fermi si trasferì a Chicago insieme ad altri colleghi e fu qui che il 2 dicembre 1942 innescò la prima reazione a catena autosostenuta.

Cosa si intende per Conglomerato di Voltago?

Si tratta di un'unità conglomeratica in cui si distinguono due facies: nella prima si ha alternanza di conglomerati da fini a grossolani e arenarie fini/siltiti rosse; gli strati sono in genere lenticolari e lo spessore varia tra 30 e 150 centimetri, fino a 5 metri negli strati amalgamati. Nella seconda facies si hanno marne siltose grigie, grigio-rosate o rossastre, con intercalate siltiti e arenarie grigie finissime in strati di 15-20 centimetri e talora arenarie grigie grossolane; al tetto, talvolta calcilutiti siltose nere più o meno marnose, in strati ondulati da 4 a 25 centimetri. Questa unità poggia su diverse formazioni, sempre con limite netto e in genere erosivo; al tetto si osserva la Formazione di Agordo o il Calcare di Recoaro, con limite graduale o transizionale rapido. Il Conglomerato di Voltago rappresenta ambienti di sedimentazione fluviale e può superare i 100 metri di spessore. I fossili sono dati da resti di piante e impronte di Tetrapodi. La sezione-tipo è ubicata lungo il Rio Domadore. L'unità si è deposta nell'Anisico, 240 milioni di anni fa.

Cosa si intende per “Teoria di Fermi dell’Interazione Debole”?

All'inizio degli anni 30 era noto un fenomeno per cui alcuni nuclei instabili emettevano elettroni; durante il processo sembrava andasse persa dell'energia: era il fenomeno del decadimento beta. Era un bel rompicapo: il nucleo doveva contenere anche elettroni oltre a protoni e a neutroni? E dove finiva l'energia mancante? Inizialmente, Pauli ipotizzò nel 1933 l'esistenza di una nuova particella che, dovendo essere neutra cioè priva di carica elettrica, Fermi ribattezzò neutrino. Questa particella avrebbe dovuto trasportare l'energia mancante nel processo di decadimento. Sulla base di questa ipotesi Fermi sviluppò una sua teoria dell'interazione che stava alla base del fenomeno: all'interno dei nuclei atomici un neutrone si disgrega, decade, si trasforma in un protone, un elettrone ed un (anti)neutrino; in tal senso il nucleo si trasforma in un elemento più stabile emettendo raggi beta (cioè elettroni) e neutrini, particelle di massa molto piccola che sfuggono all'osservazione sperimentale determinando l'apparente perdita di energia. Tuttavia questo fenomeno non era un'espressione della forza elettromagnetica, la quale non era in grado di spiegare le vite medie degli elementi che decadevano emettendo radiazione beta, bensì era la manifestazione di una nuova forza più tardi ribattezzata Interazione Debole.

Cosa si intende per Encrinite di Fanes Piccola?

Si tratta di una Formazione costituita da lenti metriche di calciruditi e calcareniti encrinitiche e oolitiche di colore grigio o biancastro, localmente rossastre, composte in maggior parte da frammenti di Crinoidi, in strati da 30 a 50 centimetri con stratificazione incrociata o in strati da 5 a 10 centimetri con laminazioni parallele. Localmente è presente alla base un livello decimetrico di calcari micritici rossi. In alcuni affioramenti le encriniti sono immerse in una matrice micritica a Lamellibranchi pelagici e piccole Ammoniti. Al di sotto si possono avere diverse formazioni: Calcari Grigi, Calcare del Dachstein, Dolomia Principale, in paradiscordanza o discordanza angolare. Al di sopra si osserva il Rosso Ammonitico Inferiore, sempre con limiti analoghi. L'Encrinite ha uno spessore massimo di 20 metri e rappresenta un ambiente di piattaforma passante ad ambiente pelagico profondo. La sezione-tipo designata è sita presso Fanes Piccola, ma affiora tipicamente anche nei dintorni di Cortina. L'attribuzione cronologica è Giurassico inferiore-medio, tra 180 e 160 milioni di anni fa.

Quali furono gli sviluppi della fisica successivi alla Teoria di Fermi dell'Interazione Debole?

La teoria di Fermi riguardante l'interazione debole rappresenta un risultato eccezionale da un punto di vista storico poiché aprì la strada allo studio della fisica delle particelle elementari. Nel 1935 Yukawa aveva sviluppato una teoria che doveva spiegare perché protoni e neutroni potessero legarsi fra loro all'interno del nucleo: queste particelle si legano fra loro scambiandosi delle piccole particelle che hanno la funzione di collante, particelle che stanno in mezzo a protoni e neutroni e che vennero così ribattezzate mesoni. In pratica all'inizio degli anni '30 i fenomeni legati al nucleo ed alla sua struttura avevano portato i fisici teorici ad ipotizzare l'esistenza di particelle ancora non osservate: Fermi e Pauli avevano ipotizzato l'esistenza dei neutrini, Yukawa aveva ipotizzato l'esistenza dei mesoni. Gli anni successivi furono anni di studio sperimentale piuttosto intenso che portarono a scoperte notevoli: nel 1947 studiando i raggi cosmici furono scoperti i mesoni di Yukawa, mentre l'analisi di fenomeni nei pressi di alcuni reattori nucleari portarono nel 1956 alla scoperta dei neutrini. Le ipotesi teoriche sembravano confermate anche se in realtà si era aperta una stagione dove le scoperte sperimentali nel campo delle particelle elementari furono numerose: lo studio dei raggi cosmici prima e lo sviluppo successivo dei primi acceleratori portarono alla scoperta di numerose altre particelle che si affiancavano ai protoni, ai neutroni ed agli elettroni.

Cosa si intende con Flysch di Belluno?

Si tratta di torbiditi arenitiche e ruditiche a clasti per lo più carbonatici, alternate a livelli sottili di emipelagiti bioturbate; presentano gradazione normale, laminazione incrociata a piccola scala e convoluta. La stratificazione è in alternanze piano-parallele con spessori variabili, da centimetrici a pluridecimetrici nelle torbiditi e da millimetrici a centimetrici nelle emipelagiti. Nella parte medio-alta si hanno corpi plurimetrici di biocalciruditi, caratterizzate da diminuzione di grana da Sud verso Nord e da assottigliamento progressivo dello spessore nella stessa direzione; la presenza di questi corpi è però limitata al fianco meridionale della Sinclinale di Belluno, tra le valli del T. Ardo e del T. Cicogna. Sono inoltre presenti strutture basali sia da vortici, sia da impatto e trascinamento. Il Flysch appoggia in concordanza sulla Marna della Vena d'Oro, la Scaglia Rossa e la Scaglia Grigia. Al di sopra, in discordanza angolare, si possono avere l'Arenaria Glauconitica di Belluno, le Calcareniti dell'Alpago o la Siltite di Curzoi. Il Flysch, il cui spessore complessivo supera i mille metri, si è depositato in una piana bacinale durante l'Eocene inferiore e medio, 55-50 milioni di anni fa.

Quali furono gli ultimi interessi scientifici di Fermi?

La nuova fisica degli acceleratori e delle particelle elementari affascinò subito Fermi che negli ultimi anni della sua carriera, spesi all'Università di Chicago, studiò le proprietà dei mesoni attraverso l'uso degli acceleratori presenti nel suo ateneo. Fu tra i primi a studiare gli urti fra alcuni mesoni ed i protoni e tra l'altro fu tra i primi ad utilizzare i nuovi calcolatori elettronici che in quegli anni si configuravano come strumenti essenziali per lo studio delle particelle elementari. Purtroppo Fermi morì a causa di un tumore piuttosto precocemente: era il 28 novembre 1954, aveva solo 53 anni. Questa carrellata di domande ha messo in evidenza come Fermi sia stato uno dei pochi fisici ad ottenere grandi risultati sia sperimentali che teorici, spaziando dalla fisica atomica alla fisica delle particelle elementari, passando per la fisica nucleare. Concludiamo questa serie di domande riportando una frase di Bruno Pontecorvo, uno dei ragazzi di via Panisperna, che esprime bene la grandezza di Fermi: "Se le ricerche di Fermi fossero state pubblicate sotto il nome di diversi autori, quanti premi Nobel sarebbero stati assegnati? Credo non meno di sei...".

FEBBRAIO 2010

“La vita organica, ci dicono, si è evoluta gradualmente dal protozoo al filosofo e questa evoluzione, ci assicurano, rappresenta senza dubbio un progresso. Disgraziatamente, chi ce lo assicura è il filosofo, non il protozoo.”
B. RUSSELL

Quali sono state le prime prove sulla divisibilità dell'atomo?

La parola atomo proviene dal greco e vuol dire “indivisibile”, in quanto gli antichi greci pensavano la materia come costituita da queste particelle piccole e indivisibili. Questa idea dell'atomo resistette per più di 2.000 anni, fino a quando alcune osservazioni su particolari esperimenti misero in dubbio il concetto di indivisibilità. Nel 1796 Henry Becquerel studiando in modo sistematico la fluorescenza dei minerali di Uranio iniziò lo studio della radioattività e la interpretò come un “qualcosa” che veniva sprigionato e generato dall'atomo, quindi l'atomo non era più indivisibile. Oggi in suo onore un'unità di misura della radioattività si chiama Becquerel. La seconda prova della divisibilità proviene dagli esperimenti sull'elettrolisi da parte di Michael Faraday nel 1833. Faraday si accorse che una soluzione di acqua deionizzata non era in grado di trasmettere la corrente elettrica, ma se si introduceva una piccola quantità di sale da cucina si notava il passaggio di corrente. Il sale da cucina sciogliendosi in acqua forma gli ioni, atomi con carica positiva o negativa, perdendo o acquisendo elettroni. Se l'atomo quindi può perdere o acquisire elettroni vuol dire che è divisibile.

Cos'è l'astronomia?

L'astronomia è la scienza che ha per oggetto l'osservazione e la spiegazione scientifica dei fenomeni celesti. Studia le origini, l'evoluzione, le proprietà fisiche, chimiche e temporali degli oggetti osservabili in cielo. In passato gli uomini erano tutti un po' più attenti agli avvenimenti celesti di quanto non siamo noi ora, in quanto tali avvenimenti scandivano dei cicli temporali su scale brevi e lunghe. Tuttavia, solo da Galilei in poi si sono sviluppate le vere conoscenze scientifiche che ci permettono ora di indagare con precisione i meccanismi di funzionamento dell'universo in cui siamo immersi. Senza necessariamente scendere in sofisticati tecnicismi, tutti possiamo fare astronomia, osservando il cielo e gli oggetti in esso contenuti. In particolare, i dilettanti appassionati di astronomia vengono definiti astrofili e si dilettano, per l'appunto, nell'osservazione e nello studio del cielo, prevalentemente notturno.

Come venne scoperto l'elettrone?

L'elettrone fu scoperto nel 1897 da Joseph Thomson utilizzando un tubo di Crookes, l'antenato del più noto tubo catodico dei vecchi televisori. Thomson utilizzò questo tubo di Crookes riempito di un idoneo gas a pressione molto ridotta, molto minore della pressione atmosferica, facendo quindi il sottovuoto. Ai due estremi del tubo erano presenti due elettrodi metallici in modo da creare una scarica elettromagnetica. Dando corrente, la scarica elettromagnetica ionizza il gas producendo una “corrente”, un fascio verde di particelle che partono da un elettrodo, quello negativo e terminano nell'altro, quello positivo. Thomson posizionò lungo il cammino del fascio di particelle un mulinello e notò che questo si metteva in rotazione, segno che il fascio verde era costituito da particelle aventi massa e non era quindi una radiazione elettromagnetica. Inoltre, posizionando

due elettrodi perpendicolari alla corrente del fascio, ovvero sopra e sotto, Thomson notò che il fascio era deviato dall'elettrodo positivo, segno quindi che il fascio verde delle particelle era caricato negativamente, era quindi composto da quelle particelle negative che oggi chiamiamo elettroni. In realtà il nome fu proposto da Stoney che lo coniò nel 1891 interpretando l'esperimento sull'elettrolisi di Faraday. In maniera analoga fu scoperto il protone nel 1886 da parte di Eugen Goldstein.

Cosa sono i cicli celesti?

I cicli sono delle ripetizioni di configurazioni simili, di cui tutti abbiamo diretta esperienza. La prima e più immediata è l'alternanza del dì e della notte in un giorno. Questo accade in quanto la Terra, che ha forma approssimativamente sferica, ruota su sé stessa, appunto, in un giorno. Quando siamo rivolti verso il Sole e ne riceviamo la luce siamo nel dì, quando siamo rivolti dalla parte opposta al Sole vediamo il buio dello spazio costellato di stelle e lo chiamiamo notte. Questa rotazione ci fa vedere il Sole che sorge e tramonta di giorno e le stelle che sorgono e tramontano, come il Sole, ma di notte. Oltre che su sé stessa, la Terra ruota anche intorno al Sole, con un moto di rivoluzione che si compie ogni anno. Il piano di rivoluzione su cui la Terra si muove è il piano dell'eclittica e visto dalla Terra non è altro che il cammino apparente che il Sole traccia nel cielo durante l'anno. Questo fatto è causa dell'alternarsi delle stagioni, astronomicamente definite come gli intervalli di tempo intercorrenti tra un equinozio ed un solstizio. Gli equinozi, che si hanno a marzo e settembre, sono i due giorni in cui la durata del dì e della notte si equivalgono. I solstizi invece sono i momenti in cui si ha il dì o la notte più lunga, ovvero quando il Sole raggiunge la sua massima o minima altezza all'orizzonte. Intuitivamente questo è dovuto al fatto che l'asse di rotazione terrestre non è perpendicolare al piano di rivoluzione intorno al Sole, quindi al solstizio, dal Sole, si vedrebbe un polo terrestre, ma non l'altro. Anche il fatto che alcune stagioni siano più calde ed altre più fredde dipende da questa inclinazione e non dipende invece dalla distanza dal Sole, in quanto i raggi solari nelle varie stagioni si distribuiscono su aree più o meno ampie.

Cos'è il modello a panettone di Thomson?

Thomson, lo scienziato che scoprì l'elettrone, ipotizzò un modello della struttura atomica noto come "modello a panettone di Thomson". Negli anni precedenti si erano scoperti il protone e l'elettrone, rispettivamente carichi positivamente e negativamente, tuttavia la materia è di per sé neutra, non venendo attratta né dai poli negativi, né da quelli positivi. Thomson quindi ipotizzò che l'atomo fosse costituito da una massa gelatinosa sferica di carica positiva, mentre gli elettroni carichi negativamente sarebbero disposti all'interno della massa gelatinosa, rendendo il tutto elettroneutro. Facendo il paragone con il ben noto panettone, la pasta di fondo rappresenta la massa gelatinosa positiva, mentre l'uvetta rappresenta gli elettroni caricati negativamente. Il modello di Thomson è molto semplicistico, soprattutto pensando che egli considerava una carica positiva, ma molti elettroni in essa dispersi, mentre alla luce delle conoscenze attuali sappiamo che ciò non è possibile. Questo modello atomico ha comunque l'onore di essere il primo modello ad essere abbozzato.

Anche la Luna fa parte dei cicli celesti?

Sì, la Luna è sempre stata una presenza particolarmente importante per l'uomo. Oltre ad effetti fisici che molto probabilmente hanno contribuito all'evoluzione della vita come la conosciamo, ovvero le forze di marea che periodicamente, due volte al giorno, si manifestano su un determinato punto della superficie terrestre, la Luna scandisce un calendario che dura circa 28 giorni. Se si osserva la Luna giorno dopo giorno si può notare che il nostro unico satellite naturale entra in una diversa fase approssimativamente ogni 7 giorni, per poi ritornare allo stato iniziale. Quindi, oltre al movimento apparente dato dalla rotazione terrestre, la Luna ha anche un moto proprio, che si può identificare in quanto la sua posizione, rispetto alle stelle che, su scale di tempi umane, appaiono in posizioni fisse, cambia di giorno in giorno. Se si riesce ad osservare una sera la posizione della Lu-

na, prendendo un punto di riferimento come un albero, un lampione o l'angolo di una casa, ripetendo l'osservazione dal medesimo posto alla medesima ora la sera successiva si potrà notare che la posizione sarà spostata a sinistra rispetto alla sera prima, in quanto la Luna sorge con circa 50 minuti di ritardo ogni giorno, ovvero il suo spostamento nel cielo da ovest verso est provoca un costante ritardo nella sua apparizione. Se si ha costanza nell'osservare dallo stesso posto alla stessa ora ci si accorgerà che, dopo i citati circa 28 giorni, si ritroverà la Luna nella stessa posizione in cui era stata trovata la sera di inizio dell'esperimento di osservazione.

Come furono determinati massa e carica dell'elettrone?

Carica e massa dell'elettrone furono determinati da Millikan attraverso uno degli esperimenti più belli della fisica. A tale scopo utilizzò un nebulizzatore ad olio rappresentato da un classico spruzzatore a pompetta in grado di nebulizzare l'olio all'interno di una camera di forma e dimensioni simili a una normale pentola. La base ed il coperchio della pentola sono rappresentati da due elettrodi che servono a creare un campo elettrico. Le gocce di olio nebulizzato, attraversando l'elettrodo in alto si caricano per elettrostaticità a causa dello strofinio con le pareti del buco attraverso il quale entrano nella camera. Le gocce, come le gocce di pioggia, sono soggette alla forza di gravità e quindi cadono inesorabilmente verso il fondo della camera. Però, modulando la tensione tra i due elettrodi, coperchio e fondo della camera, il campo elettrico creato è in grado di contrastare la forza gravitazionale. Con l'equilibrio tra le due forze, la goccia rimane sospesa per aria e conoscendo la tensione applicata, ovvero l'entità della forza elettrica e l'entità della forza gravitazionale, che sono uguali, si ricavano massa e carica. In particolare, Millikan si accorse che la carica era sempre diversa, dipendendo dalla grandezza della goccia, ma era comunque sempre un multiplo di una carica fondamentale, la carica dell'elettrone pari a $1,6 \cdot 10^{-19}$ C.

Le stelle non si spostano, a parte il moto apparente notturno?

Sì, come dicevamo, su scale di tempi umane, perché su scale di tempi cosmiche anche le stelle si muovono ed hanno un loro ciclo vitale, inteso come una serie di cambiamenti nella propria esistenza. Le stelle non sono altro che astri simili al nostro Sole, alcune più piccole, altre incredibilmente più grandi, che ci appaiono puntiformi data l'enorme distanza che ci separa da esse. Nei loro processi evolutivi subiscono variazioni di luminosità, di raggio e di temperatura anche molto pronunciate, ma si sta in questo caso parlando di milioni o miliardi di anni. Il nostro Sole, ad esempio, si stima che abbia tra i 4 ed i 5 miliardi di anni e che sia approssimativamente a metà del suo ciclo vitale. La nascita delle stelle è un evento comune nell'universo, coinvolge grandi quantità di materia, prevalentemente gassosa, che per effetto dell'attrazione gravitazionale si concentra in spazi sempre più piccoli, determinando una diminuzione di volume e di conseguenza un aumento di temperatura, fino ad innescare processi di fusione nucleare, se la massa è sufficiente. Dalla Terra le stelle appaiono puntiformi, ma non tutte con la medesima luminosità. Alcune sembrano più splendide ed altre meno, in base a due parametri: la luminosità assoluta e la distanza, che determinano quella che viene definita magnitudine apparente. Più intrinsecamente luminosa e più vicina è una stella e maggiormente ci appare splendente nel cielo notturno.

Come venne scoperto il nucleo atomico?

Nel 1911, due dottorandi del famoso fisico Ernst Rutherford sperimentavano le collisioni tra una lamina di Oro e una nuova particella appena scoperta, la particella α . Il fascio di particelle α ha potere penetrante in grado di oltrepassare una sottile lamina di Oro. I due dottorandi si accorsero che il 2% delle particelle rinchiodava, segno questo che ogni tanto il fascio impattava contro qualcosa di molto pesante, altrimenti non sarebbero rinchiodate, ma molto piccolo, altrimenti la percentuale di particelle rinchiodate sarebbe stata più grande. Questa nuova entità venne chiamata nucleo ed è alla base del modello nucleare di Rutherford, secondo il quale l'atomo è costituito da un nucleo molto

piccolo e pesante composto dai protoni di carica positiva, all'esterno del quale ruotano gli elettroni caricati negativamente. Secondo questo modello l'atomo è per il 90% vuoto, essendo la massa dell'atomo concentrata nel nucleo. Per rendere l'idea dell'esperimento, Rutherford disse: "È come se avessimo sparato una cannonata da 15 pollici contro un foglio di carta e ci fosse tornata indietro". I due dottorandi, che non ebbero gloria nell'elaborazione di questo modello atomico, si chiamavano Geiger e Müller, dai cui cognomi deriva il noto contatore Geiger-Müller per la radioattività.

Come funzionano le magnitudini delle stelle?

La scala con cui sono misurate le magnitudini ha origine storica nell'antica Grecia, in particolare nella pratica di dividere le stelle visibili ad occhio nudo in sei magnitudini. Le stelle più luminose erano dette di prima magnitudine, quelle brillanti la metà erano di seconda magnitudine e così via fino alla sesta magnitudine che si trovava al limite della visibilità umana senza ausili ottici. Nel 1856 il sistema venne formalizzato definendo una stella di prima magnitudine come 100 volte più luminosa di una stella di sesta magnitudine. Una stella di prima magnitudine è quindi circa 2 volte e mezza più luminosa di una di seconda. La scala fu inizialmente fissata attribuendo il valore 2 alla stella Polare, tuttavia ora si preferisce usare la stella Vega come riferimento, in quanto la Polare è risultata leggermente variabile e non adeguata al compito. La scala non è più limitata a 6 magnitudini, in quanto grazie ai telescopi riusciamo a vedere oggetti molto più deboli e non è nemmeno limitata a valori positivi, in quanto oggetti particolarmente luminosi richiedono magnitudini apparenti negative. Ad esempio Sirio, la stella più brillante della sfera celeste, l'Alfa del Cane Maggiore, ha magnitudine apparente tra -1,44 e -1,46. La Luna piena ha un valore di -12 ed il Sole di -26,7.

Perché fu ipotizzato il neutrone?

Il modello atomico di Rutherford prevedeva un nucleo molto piccolo contenente i protoni caricati positivamente. Ma cariche dello stesso segno non possono coesistere in uno spazio molto piccolo, in quanto si respingerebbero come fanno i due poli identici di una calamita. Inoltre, la massa dell'atomo calcolata risulta circa il doppio della massa del protone, potendo trascurare l'elettrone con massa circa 2.000 volte inferiore a quella del protone. Non per ultimo, la forza necessaria per strappare un elettrone dall'atomo è circa sei milioni di volte inferiore alla forza necessaria per togliere un protone dal nucleo. Questi tre indizi fecero presupporre che ci dovesse quindi essere un'altra entità che funge da cemento, consentendo ai protoni di coesistere nel nucleo e giustificando la grande forza necessaria per estrarli. Sicuramente la carica di questa nuova particella doveva essere zero, altrimenti avrebbe sbilanciato l'equilibrio di cariche tra elettroni e protoni, venendo meno l'elettroneutralità della materia. Questo aspetto suggerì il nome di neutrone, particella che venne scoperta solo nel 1932 da James Chadwick, molti anni dopo la sua teorizzazione.

Cosa significa "Alfa del Cane Maggiore"?

Per orientarsi nel cielo si sono stabiliti convenzionalmente dei confini che raggruppano insieme di stelle. Nello spazio tridimensionale non c'è quasi mai relazione tra le stelle che compongono una costellazione, è solamente una forma convenzionale adottata per suddividere ciò che dalla Terra si vede proiettato sulla sfera celeste. I nostri antenati avevano fantasiosamente inventato delle figure mitologiche (e delle affascinanti storie) per indicare i gruppi di stelle più evidenti e l'attuale classificazione in questo senso richiama la tradizione. In prima approssimazione, le costellazioni sono la "cartina geografica" del cielo. Attualmente il cielo è suddiviso in 88 costellazioni ufficiali, con nomi precisi, costruite in modo che ogni punto della sfera celeste appartenga ad una ed una sola costellazione. Il Cane Maggiore è una di queste 88 costellazioni. Anche i nomi delle stelle principali hanno origini antiche, tradizionali e mitologiche, molte volte derivanti dall'arabo, alcune volte dal latino ed altre dal greco. Non tutte le stelle hanno tuttavia un nome proprio e per identificarle si usano vari metodi, tra cui spesso uno specifico numero di un dato catalogo. Un metodo molto usato

è quello delle “lettere di Bayer”, che consiste nell'ordinare le stelle di una costellazione per luminosità decrescente, attribuendo ordinatamente a ciascuna stella una lettera dell'alfabeto greco. Mettendo insieme la lettera dell'alfabeto greco ed il nome della costellazione si individua facilmente una determinata stella: l'Alfa del Cane Maggiore è quindi la stella più luminosa della costellazione del Cane Maggiore. La stessa stella ha anche un nome proprio: Sirio.

Cos'è il modello planetario di Bohr?

Tra il 1912 ed il 1913 Niels Bohr, avendo a disposizione la ricetta completa dell'atomo, ovvero conoscendo l'esistenza di elettroni, protoni e neutroni, ipotizzò che l'atomo fosse costituito da un nucleo in cui convivono protoni e neutroni, mentre gli elettroni ruotano attorno al nucleo percorrendo solo determinate orbite, come fanno i pianeti attorno al Sole. Ad ogni orbita corrisponde un livello di energia $E=n\hbar\nu$, in cui \hbar è la costante di Planck ($6,62 \cdot 10^{-34}$ Js). Gli elettroni possono spostarsi a seguito di acquisizioni di energia solo sui livelli superiori e da qui decadere verso i livelli inferiori per perdite di energia. L'atomo quindi può assorbire ed emettere energia solo in maniera discreta, ovvero secondo multipli della costante di Planck e questi pacchetti di energia vengono chiamati quanti. Da qui il concetto di quantizzazione alla base della meccanica quantistica.

Quali sono le principali costellazioni visibili dalle nostre località?

Non è difficile riconoscere le costellazioni, con una cartina stellare o qualcuno che ci aiuti ad individuarle. Un particolare gruppo di costellazioni, chiamate circumpolari nord, hanno la caratteristica di non tramontare mai alla nostra latitudine e sono pertanto visibili in qualsiasi notte dell'anno, anche se in posizioni diverse alla medesima ora di mesi diversi. Tutte le stelle appaiono ruotare attorno alla stella Polare, l'Alfa dell'Orsa Minore, individuabile dalle nostre zone guardando verso nord ad un'altezza di circa 45 gradi. Le costellazioni circumpolari più note sono l'Orsa Maggiore e Cassiopea, che disegna una sorta di V doppia, che si trovano contrapposte l'una rispetto all'altra rispetto alla stella Polare. A seconda del periodo dell'anno, oltre alle circumpolari si notano anche altre famose costellazioni. Citando solo le principali, in estate si individuano il Cigno, la Lira e l'Aquila, le cui rispettive stelle Alfa disegnano quello che viene chiamato il “triangolo estivo”, molto evidente. In autunno si evidenziano Andromeda, Perseo e Pegaso, mentre in inverno Orione, Toro, Gemelli, Cane Maggiore ed Auriga e, per finire, in primavera la Vergine, il Bovaro ed il Leone. Le costellazioni circumpolari sud da noi non si vedono mai, per vederle tutte si deve andare all'equatore. Un particolare gruppo di costellazioni sono quelle zodiacali, che hanno la caratteristica di giacere su una fascia di circa 8° da entrambi i lati dell'eclittica e rinchiudono il percorso apparente del Sole nel suo moto annuale, caratterizzato anche dal fatto che comprende i percorsi apparenti della Luna e dei pianeti visibili ad occhio nudo, che orbitano su piani non molto inclinati rispetto al piano di rivoluzione terrestre attorno al Sole. Le costellazioni zodiacali sono 13.

Cos'è il modello quantomeccanico dell'atomo?

Il modello di Bohr descrive molto bene l'atomo di Idrogeno, ma fallisce se applicato ad atomi più pesanti. Una descrizione migliore si ebbe con la nascita della meccanica quantistica da parte dell'austriaco Erwin Schrödinger il quale descrisse l'atomo ed i suoi costituenti come onde elettromagnetiche; questo concetto riposa nell'equazione di Schrödinger. Secondo questa interpretazione gli elettroni non si muovono su delle orbite prestabilite, ma occupano determinate regioni di spazio chiamate orbitali atomici. All'interno dell'orbitale atomico gli elettroni hanno una probabilità di trovarsi una determinata regione e alcune regioni saranno più probabili di altre. Si perde quindi il concetto di posizione a favore di quello di probabilità di trovare l'elettrone; se la probabilità è zero in una data regione vorrà dire che in quella regione non si troverà l'elettrone. Inoltre, non è possibile sapere esattamente e contemporaneamente posizione e velocità di un elettrone: maggiore sarà la precisione nella misura della posizione, meno accurata sarà la misura della velocità e viceversa.

Perché i segni zodiacali sono 12 e non 13, come le costellazioni?

Non si confonda l'astrologia, che non è una scienza, con l'astronomia che invece lo è. In astronomia lo zodiaco è il percorso reale del Sole, visto dalla Terra, tra le costellazioni, nel corso dell'anno. La costellazione zodiacale che normalmente manca all'appello si chiama Ofiuco. In tempi antichi gli studiosi dei moti celesti spesso erano sia astronomi che astrologi, in quanto prima cercavano di comprendere i moti celesti e, successivamente, di dare delle interpretazioni prettamente umane a quanto osservavano, ma ora l'astronomia non ha più nulla a che fare con l'astrologia. Si pensi, ad esempio, al fatto che i segni zodiacali usati in astrologia una volta coincidevano con le zone di cielo occupate dalle rispettive costellazioni, ma oggi sono in realtà spostati di una trentina di gradi, ovvero tra l'inizio di un certo segno zodiacale a calendario e l'entrata del Sole nella costellazione con lo stesso nome passa circa un mese, in quanto le costellazioni zodiacali coprono mediamente 30 gradi ciascuna sulla fascia zodiacale. Negli ultimi 2.100 anni la precessione degli equinozi ha comportato uno spostamento dell'asse di rotazione, quantificabile in un ritardo di un mese tra le posizioni vere del Sole e quelle indicate in astrologia. La precessione degli equinozi è un movimento che fa cambiare in modo lento, ma continuo l'inclinazione dell'asse di rotazione terrestre rispetto alle stelle fisse e può essere intuito pensando al movimento di una trottola che oltre a girare su se stessa ondeggia, descrivendo con il suo apice una circonferenza. La Terra compie tale movimento oscillatorio in circa 25.800 anni e, conseguentemente, fra circa 13.000 anni la stella polare non sarà quella che vediamo noi ora, ma il nord terrestre punterà verso la stella Vega.

Si possono vedere gli elettroni?

Per rispondere a questa domanda possiamo dire che non si vedono gli atomi ed essendo l'atomo molto più grande dell'elettrone, risulta ovvio che non si possono vedere nemmeno gli elettroni. Tuttavia, si possono vedere le "tracce" della loro presenza con particolari tecniche di analisi, come, ad esempio, la diffrattometria a raggi X a stato solido, in particolare quella a singolo cristallo. Questa tecnica permette di fare letteralmente i raggi X ai cristalli ed avendo i raggi X una lunghezza d'onda paragonabile alle dimensioni degli atomi, questi raggi vengono diffratti, cioè vengono "deviati". Questi raggi deviati si sommano o si distruggono come fanno i cerchi provocati dal lancio di un sasso nello stagno. Le somme corrispondono alla presenza degli atomi o, meglio, delle loro densità elettroniche. Quindi in una mappa colorata e con particolari curve (come le isoipse delle carte topografiche), nella posizione dove le isoipse sono più concentrate, corrispondenti a colori più caldi come il rosso, si trovano degli elettroni. Viceversa, dove le isoipse sono più diradate ed i colori più freddi come il blu, non si trovano degli elettroni.

Guardando il cielo stellato cosa si può osservare oltre a stelle e Luna?

Alcuni oggetti all'apparenza stellari in realtà non brillano di luce propria, ma, come la Luna, di luce riflessa del nostro Sole. Si tratta dei pianeti, che etimologicamente richiamano il concetto di vagabondo, in quanto si muovono rispetto alle stelle fisse. I pianeti orbitano come la Terra attorno al Sole e, quindi, appaiono in posizioni diverse nel tempo in base alla prospettiva da cui noi li vediamo. I più facili da rintracciare, visibili ad occhio nudo, sono sicuramente Venere, brillante astro del mattino o della sera, il luminoso Giove e, pur se meno evidenti, Saturno e Marte. Ovviamente, non avendo sempre la stessa posizione, cambia di anno in anno e di mese in mese la possibilità o meno di osservarli. Per facilitarne l'individuazione si noti che essi orbitano sul piano dell'eclittica, quindi si cercheranno in direzioni prossime a dove si vedono Sole e Luna e non certo verso il nord; si noti anche che, se pur minuscoli, hanno una dimensione angolare, quindi nelle notti serene, ma turbolente danno un'immagine più stabile rispetto alle stelle che, a causa della rifrazione atmosferica, sembrano lampeggiare in vari colori. Sotto cieli bui e sereni si può anche vedere un batuffolo di luce, nella costellazione di Andromeda, che è una galassia simile alla nostra e che è il più distante oggetto osservabile ad occhio nudo. La Luna, le stelle ed i pianeti che vediamo si trovano tutti al-

l'interno della nostra galassia, un enorme agglomerato di oggetti quali stelle, sistemi, ammassi, gas e polveri legati assieme dalla reciproca forza di gravità, esteso probabilmente più di 100.000 anni luce. La nostra galassia è chiamata Via Lattea e non è altro che una tra moltissime altre galassie probabilmente simili alla nostra. Nell'universo osservabile se ne stimano più di 100 miliardi.

Cos'è il LASER?

LASER è un acronimo che sta per Light Amplified Stimulated Emission Radiation, ovvero luce amplificata stimolata da emissione di radiazione. Il principio teorico alla base del funzionamento del LASER è molto complicato e si basa su quelli che vengono chiamati orbitali virtuali, ovvero orbitali atomici o molecolari che non sono occupati normalmente dagli elettroni e che in realtà non esistono, però se gli elettroni vengono opportunamente stimolati da un'adeguata radiazione possono occupare questi orbitali virtuali in maniera diffusa. Gli elettroni eccitati ritorneranno al loro stato fondamentale emettendo diverse energie corrispondenti all'energia dei diversi orbitali virtuali. Queste energie sono emesse sotto forma di radiazione elettromagnetica, quindi si ha un vasto spettro di lunghezze d'onda che possono essere convogliate insieme verso un'uscita comune ed uscirne sotto forma di un fascio unico e molto energetico. Nella pratica, la maggior parte dei LASER sono costituiti da uno YAG, Yttrium Aluminium Garnet, cioè un granato molto simile alla pietra preziosa dei gioielli e da diodi, cioè delle sorgenti di energia. I diodi, grazie alla corrente elettrica, emettono una radiazione che, impattando contro il granato, stimola l'eccitazione degli elettroni sugli orbitali virtuali e da qui, secondo il decadimento appena esposto, si produce la luce LASER. Il primo LASER creato fu in realtà un MASER, dove la M sta per Microwave, cioè microonde, era quindi un fascio luminoso invisibile.

Qual è il significato di anno luce?

Stiamo parlando di quantità enormi e di distanze non facilmente immaginabili dalla mente umana. Distanze talmente enormi che richiedono unità di misura particolari per essere espresse. L'anno luce è appunto una unità di misura della lunghezza, definita come la distanza percorsa dalla radiazione elettromagnetica, ovvero la luce, nel vuoto, nell'intervallo di tempo di un anno. Tale velocità, in ipotesi di assenza di campo gravitazionale o magnetico, rappresenta una costante fisica. Indipendentemente dal sistema di riferimento di un osservatore o dalla velocità di un oggetto che emette la radiazione, ogni osservatore otterrà lo stesso valore della velocità della luce. Nessuna informazione può viaggiare più velocemente. Per cercare di capire, si pensi che la luce impiega circa 1,2 secondi per andare dalla Terra alla Luna, 8 minuti e 20 secondi per viaggiare dal Sole alla Terra, 5,4 ore per arrivare a Plutone, che non è più l'ultimo pianeta del sistema solare, e che per arrivare a Proxima Centauri, la stella più vicina a noi, impiega 4,22 anni. Per attraversare da parte a parte la Via Lattea, la nostra galassia, impiega 100.000 anni, ma per raggiungere la galassia di Andromeda, osservabile ad occhio nudo, impiega circa due milioni di anni e stiamo parlando della galassia più vicina a noi! Tra l'altro, guardando distante vediamo anche nel passato, in quanto vediamo la luce quando era partita, non quella emessa dall'oggetto in questo istante! Attualmente si crede che l'universo osservabile abbia un raggio di circa 14 miliardi di anni luce, corrispondenti all'epoca del Big Bang, secondo il modello cosmologico riguardante sviluppo ed espansione dell'universo predominante nella comunità scientifica.

Da dove proviene la luce delle stelle?

Le stelle sono delle perfette centrali a fusione nucleare dove atomi di uno stesso elemento si fondono insieme per formare un atomo più pesante. Le stelle provengono da una nebulosa primordiale a base di Idrogeno che per gravità pian piano si aggrega, quindi genera gravità. La gravità attira altra massa che pesa sempre di più sul nucleo centrale; quando la pressione raggiunge un certo livello di soglia, il calore aumenta e stimola la combustione dell'Idrogeno che fondendo forma Elio.

I processi che poi avvengono sono molto complicati e dipendono fortemente dalla massa della stella, ma nel caso più semplice l'Elio si fonde con altro Elio formando, attraverso complesse reazioni chimiche, Carbonio ed Ossigeno. L'enorme quantità di energia prodotta durante la fusione nucleare si libera sotto forma di radiazione elettromagnetica, anche di luce visibile.

Per capire sinteticamente cosa sia il Big Bang, cosa possiamo dire?

Con il termine Big Bang i cosmologi si riferiscono generalmente all'idea che l'universo iniziò ad espandersi a partire da una condizione iniziale estremamente calda e densa, che questo processo di espansione sia durato per un intervallo di tempo finito e che continui tutt'ora. Varie evidenze osservative sembrano confermare questa visione, ad esempio tra le molte si può ricordare la scoperta di Edwin Hubble che notò come la distanza delle galassie più lontane fosse sistematicamente proporzionale al loro red shift. Il red shift è l'effetto doppler sulla radiazione elettromagnetica, un cambiamento di frequenza o lunghezza d'onda, ovvero il medesimo effetto che ci fa sentire la differenza di suono emesso da una sirena quando si avvicina o si allontana, se rapportato alle onde sonore. Più distanti sono gli oggetti osservati, in qualsiasi direzione, più il loro red shift aumenta, quindi più rapidamente sembrano allontanarsi da noi. Ciò viene spiegato appunto con un universo in espansione, in cui l'espansione viene controbilanciata dalla forza di attrazione gravitazionale della materia presente nell'universo stesso. Si pensa che le prime galassie ed i primi quasar si possano essere formati circa un miliardo di anni dopo il Big Bang e che da allora si siano formate strutture più grandi, quali gli ammassi ed i superammassi di galassie. Le popolazioni stellari si sono evolute nel tempo e si può notare che le galassie più distanti, osservate in un universo più giovane dell'attuale, appaiono diverse dalle galassie a noi più vicine, osservate in uno stato più recente. La teoria del Big Bang sembra prevedere con buon accordo tali osservazioni ed è uno dei motivi per cui è generalmente accettata.

É giusto dire che nello spazio non c'è la forza di gravità?

La forza di gravità è presente dappertutto, dato che è provocata dalla presenza di massa, come giustamente recita la teoria della relatività generale di Einstein. Ciò che cambia nello spazio o, meglio, allontanandosi da un pianeta, è la sua intensità, nello specifico più ci si allontana dalla sorgente della gravità, la massa del pianeta, minore sarà l'intensità della forza di gravità e ciò non vuol dire che sia assente. Errato è anche affermare che gli astronauti in una navicella spaziale sono in assenza di gravità perché li vediamo fluttuare nel vuoto. In realtà ciò è dovuto sempre alla minore intensità della forza gravitazionale che non riesce a tenere con "i piedi per terra" le persone e gli oggetti. Un caso particolare di apparente scomparsa della forza di gravità si ha quando gli astronauti orbitano intorno alla Terra, in questo caso la forza di gravità è esattamente controbilanciata ed annullata dalla forza centripeta originata dal moto rotatorio della navicella spaziale attorno alla Terra. La forza gravitazionale è diretta verso il centro di rotazione, verso la Terra quindi, mentre la forza centripeta è diretta verso l'esterno: le due forze sono quindi diametralmente opposte.

Conosciamo tutto dell'universo in cui ci troviamo?

Assolutamente no. Per quanto siano stati fatti progressi incredibili ed in tempi tutto sommato brevi, restano moltissime cose da osservare, da comprendere e da spiegare. Tanto per fare un esempio, da un po' di tempo si è alle prese con la questione della materia oscura. Studiando il moto di rotazione delle galassie ci si è accorti che la materia che riusciamo a vedere non ha massa sufficiente, in termini di effetti gravitazionali, per formare le galassie in tempi così brevi, tra virgolette, come quelli osservati all'interno dell'attuale cosmologia basata sul Big Bang. Non si potrebbero nemmeno mantenere integre così come noi le osserviamo, perché non ci sarebbe forza gravitazionale sufficiente. Questa massa mancante, che non riusciamo ad osservare direttamente, ma di cui osserviamo gli effetti gravitazionali, sembra ammontare addirittura al 90% della massa totale, se-

condo alcune stime. Viene denominata materia oscura in quanto, non emettendo alcuna radiazione elettromagnetica, non risulta individuabile con i nostri strumenti di analisi spettroscopica. Un problema simile si ha anche per l'energia, recenti osservazioni hanno evidenziato che probabilmente l'espansione del cosmo sta addirittura accelerando, invece di essere rallentata dalla gravità e per poter dare una spiegazione nel modello standard si deve ricorrere ad una non conosciuta energia oscura, con pressione negativa! Qui ovviamente non si tentano spiegazioni, ma semplicemente si evidenziano problemi aperti e la necessità di continuare ad osservare e studiare il mondo che ci circonda, per comprenderlo fino a dove ci è possibile arrivare.

MARZO 2010

“Non vi è il più piccolo fra i piccoli, né il più grande fra i grandi. Vi è piuttosto qualcosa di ancora più piccolo e qualcosa di ancora più grande.”

ANASSAGORA

Perché il sale evita il formarsi del ghiaccio sulle strade?

Quando buttiamo il sale nell'acqua si ha il fenomeno dell'idrolisi, ovvero sia il sale da cucina, chimicamente Cloruro di Sodio (NaCl), si dissocia fornendo i cationi Na^+ e gli anioni Cl^- . Queste due specie si chiamano ioni e sono caricati positivamente e negativamente, si crea quindi una separazione di cariche che fino a prima dell'idrolisi non esisteva, essendo Sodio e Cloro legati tra di loro. Cariche libere non possono esistere per molto tempo, per cui le molecole di acqua circondano queste specie ioniche in modo da annullare le cariche. La molecola di acqua, H_2O , possiede un leggero sbilanciamento di cariche, ciò significa che a causa della differenza di elettronegatività tra Ossigeno ed Idrogeno si crea un dipolo elettrico che consiste in una leggera carica negativa sull'Ossigeno e di una leggera carica positiva sull'Idrogeno. Quindi il catione del Sodio, positivo, verrà circondato da molecole di acqua che si orienteranno con l'atomo di Ossigeno verso il Sodio e, dato che la carica negativa dell'Ossigeno è solo parziale, ci vorranno diverse molecole per bilanciare la carica positiva. Attorno a catione del Cloro, negativo, si disporranno le molecole di acqua orientate con l'atomo di Idrogeno verso il Cloro. Quando viene gettato il sale sulle strade ghiacciate, le molecole di acqua che prima erano cristallizzate a formare il ghiaccio, saranno attratte dagli ioni generati dal sale per cercare di solvatarli e quindi il sistema ghiaccio+sale evolve verso il sistema acqua+sale, con minore energia e quindi più stabile. Ad esempio, sciogliendo un kg di sale da cucina in un litro di acqua, questa ghiaccerà a circa $-14\text{ }^\circ\text{C}$. Per lo stesso motivo anche il punto di ebollizione dell'acqua si innalza in presenza di sale.

Chi era Jean Louis Rodolphe Agassiz?

Agassiz (1807–1873), zoologo, geologo, paleontologo e ittiologo svizzero, fu anche un valente alpinista e glaciologo. Ricevette, nel 1836, per il suo enorme lavoro sui pesci fossili e la loro classificazione, la medaglia di Wollaston e nel 1838 fu eletto membro straniero della Royal Society. Nel 1837 Agassiz fu il primo a proporre scientificamente l'idea che la Terra fosse stata nel passato soggetta ad un'era glaciale. Fece diverse escursioni nelle regioni alpine e si costruì una capanna su uno dei ghiacciai dell'Aar, in Svizzera, nella quale abitò per un po' di tempo per avere la possibilità di compiere delle ricerche sulla conformazione e sui movimenti del ghiaccio. Queste fatiche ebbero come risultato, nel 1840, la pubblicazione della sua opera in due volumi intitolata "Etudes sur les glaciers" ("Studio sui ghiacciai"). In quest'opera si discuteva dei movimenti dei ghiacciai, delle loro

morene, della loro influenza sull'erosione delle rocce e sulla formazione delle striature (roches moutonnées) osservate nei paesaggi di tipo alpino. Agassiz arrivò alla conclusione che non solo i ghiacciai delle Alpi si sarebbero estesi oltre le pianure e le valli, ma, in un passato relativamente recente, la Svizzera sarebbe stata un'altra Groenlandia e che, invece di pochi ghiacciai che occupavano le aree di interesse, un unico, enorme, strato di ghiaccio, formatosi originariamente sulle vette più alte delle Alpi, si sarebbe esteso fino ad occupare l'intera vallata della Svizzera nord-occidentale, fino a raggiungere i pendii meridionali. La pubblicazione di questo lavoro dette un nuovo impulso allo studio sul fenomeno dei ghiacciai in ogni parte del mondo.

Cosa sono gli isotopi e gli isobari?

Gli atomi sono univocamente descritti da due numeri, detti numero atomico Z e numero di massa A . Il numero atomico Z è pari al numero di protoni presenti nell'atomo e siccome l'atomo è neutro, avendo un uguale numero di elettroni, il numero atomico Z fornisce anche il numero di elettroni. Il numero di massa A è pari alla somma dei protoni e dei neutroni di un atomo; quindi si può facilmente determinare il numero di neutroni N sottraendo Z , il numero atomico, da A , la massa atomica, in formula $N=A-Z$. In simboli, il dato elemento X viene indicato come ${}_Z^A X$ e la discriminante tra un atomo e l'altro è il numero atomico Z , che ne determina la posizione nella tavola periodica degli elementi. A volte capita che uno stesso atomo con ugual numero di protoni e di elettroni possa possedere differenti numeri di neutroni: in questo caso Z , il numero atomico, rimane lo stesso mentre A , la massa atomica, varia. È come avere un dato elemento chimico di base e dei fratelli con $+1$, $+2$, $+3$ etc. neutroni; queste specie chimiche così imparentate vengono dette isotopi, un esempio è l'Uranio che può essere ${}^{235}\text{U}$ oppure ${}^{238}\text{U}$, con ben 3 neutroni in più. Quando invece si conserva la massa atomica A , si parla di isobari; in questo caso gli isobari condividono la somma di protoni e di neutroni, ma possono anche essere atomi diversi.

Chi è Walter Alvarez?

Geologo e archeologo statunitense, nato nel 1940. Figlio del Premio Nobel per la Fisica Luis Álvarez, si è laureato in Geologia nel 1962 al Carleton College di Northfield (Minnesota) e ha ottenuto il dottorato in Geologia all'Università di Princeton nel 1967. A metà degli anni '70 ha intrapreso la carriera accademica all'Università di Berkeley, diventando dapprima assistente di Geologia (1977-1979) e, successivamente, professore associato dal 1979 e ordinario dal 1981. Nel 1963 venne assunto dalla società petrolifera American Overseas Petroleum Limited, ma la sua passione per la geologia storica e l'archeologica lo indusse a lasciare la società petrolifera per trasferirsi in Italia dove, nel periodo 1968-1971, si dedicò allo studio dei primi insediamenti latini compiendo rilevamenti geologici sulla stratigrafia dei depositi vulcanici a nord di Roma, nell'ambito delle campagne archeologiche di scavo della British Academy a Roma. Nel 1977 cominciò a interessarsi agli impatti di meteoriti, ipotizzando che a fenomeni di questo genere fossero legate estinzioni di massa, in particolare l'estinzione del limite Cretaceo-Terziario verificatasi circa 65 milioni di anni fa; questi studi, svolti in collaborazione col padre, iniziarono con la segnalazione di un'anomalia positiva nella concentrazione di iridio (un elemento raro sulla Terra, ma molto comune nelle meteoriti), rilevato inizialmente in un livello stratigrafico nei pressi di Gubbio e confermato, infine, nel Cratere di Chicxulub, una struttura circolare nella penisola dello Yucatan, sede di impatto di un meteorite del diametro di almeno 10 km che si pensa abbia colpito la Terra alla velocità di 30 km/s, con conseguenze estinzione di circa il 76% delle specie viventi, compresi i dinosauri.

Quali sono i tre modi di decadimento di un isotopo radioattivo?

Un isotopo radioattivo è instabile avendo più energia, oppure un eccesso di massa, quindi dovrà liberarsi di questa energia in più. Per farlo, tre sono i cosiddetti canali di decadimento: decadimento γ , decadimento α e decadimento β . Quando un isotopo ha un eccesso di energia, questa ver-

rà liberata sotto forma di fotoni, ovvero di radiazione elettromagnetica con la lunghezza caratteristica dei raggi γ , viene quindi detto decadimento gamma (all'inizio definito decadimento τ) e un esempio è il ^{294}Pu . L'isotopo $^{228}_{88}\text{Ra}$, invece, decade nell'isotopo $^{228}_{89}\text{Ac}$ liberando un elettrone (detto anche all'inizio particella β) accompagnato da un anti-neutrino; in questo caso avviene un decadimento interno all'atomo, ovvero un neutrone si trasforma in un protone, che rimane all'interno e in un elettrone, che invece viene liberato. Questo è il decadimento β , mentre il decadimento α si ha quando l'isotopo ha un eccesso di massa e quindi deve liberarsene per diventare stabile. È il caso dell'isotopo $^{294}_{94}\text{Pu}$ che si trasforma nell'isotopo $^{236}_{92}\text{U}$ con liberazione di due protoni e di due neutroni legati insieme. Questa particella, detta α e che dà il nome al tipo di decadimento, altro non è che il nucleo di He, ovvero sia è come prendere un atomo di He e toglierli i due elettroni dalla prima orbita. Questo tipo di decadimento, producendo una particella pesante, non è molto salutare per l'uomo, in quanto ha un certo potere penetrante, mentre gli elettroni del decadimento β sono pressoché innocui. Le radiazioni γ , invece, essendo molto energetiche, circa 1.000 volte di più dei raggi X, possono penetrare in profondità creando problemi seri sull'uomo.

Chi era Scipione Breislak?

Scipione Breislak (1748–1826), geologo e naturalista di padre svedese, insegnò filosofia e fisica in diverse università italiane e, nel frattempo, approfondì i suoi interessi per la mineralogia. Nel 1780 vinse una cattedra di Scienze Naturalistiche presso l'Università di Milano e fu quello il periodo in cui venne a contatto con tutto il pensiero scientifico europeo e, nello specifico, con il nettunismo ed il plutonismo. Abbracciando con convinzione le nuove teorie scientifiche dell'epoca, si applicò soprattutto allo studio dei vulcani, diventando un pioniere nella raccolta e nell'analisi di gas vulcanici. Con la caduta della Repubblica romana, si recò a Parigi, frequentando scienziati di spicco come Cuvier, Haüy e Brogniart, entrando così nei circoli intellettuali e scientifici francesi. Nel 1802 entrò nell'amministrazione napoleonica come Ispettore delle polveri e salnitri e negli anni seguenti condusse ricerche geologiche e mineralogiche in Lombardia. La sua "Introduzione alla geologia" (in due volumi), pubblicata nel 1811, fu considerata da molti studiosi come un'opera fondamentale per un regolare corso di geologia e vide la luce quando ancora in altri stati esteri (ad esempio, la Francia) non vi era nessuna opera comparabile. Interessante come questa importante opera contenga anche le altezze delle principali montagne della Terra! In suo onore è stato dato il nome al minerale Breislakite.

Qual è la differenza tra reazioni esotermiche ed endotermiche?

Per reazioni esotermiche si intendono quelle reazioni chimiche in grado di liberare calore verso l'ambiente esterno; ne è un esempio lo scioglimento di soda caustica in acqua, infatti, se si tocca il contenitore dell'acqua mentre si sciolgono le pastiglie di soda caustica, si nota che la temperatura aumenta considerevolmente fino a non sopportare più il contatto con le mani. Ciò è dovuto ad un principio di equilibrio, ovvero al fatto che un sistema tende all'equilibrio, cioè al minore contenuto di energia. Nel caso delle pastiglie di soda caustica vuol dire che, finché rimangono pastiglie, non sono nella loro condizione di equilibrio, ma lo sono invece quando incontrano l'acqua e, sciogliendosi, liberano l'energia in più sotto forma di calore, raggiungendo l'equilibrio chimico. Per reazioni endotermiche si intendono reazioni che sottraggono calore all'ambiente esterno per potersi espletare, è il caso del nitrato di ammonio quando lo si scioglie in acqua e tenendo in mano il contenitore si può notare che la temperatura decresce considerevolmente, in alcuni casi fino a ghiacciare. Questo sta ad indicare che per poter sciogliere il nitrato d'ammonio in acqua serve fornire calore al sistema, altrimenti il nitrato d'ammonio non si scioglierebbe; fortunatamente l'energia necessaria a tale reazione non è considerevole e viene sottratta all'ambiente circostante, in particolare dalle pareti del contenitore. Concludendo, si può dire che le reazioni esotermiche sono reazioni più spontanee delle reazioni endotermiche, che necessitano di un intervento esterno per completarsi.

Chi era Christian Leopold von Buch?

Christian Leopold von Buch (1774–1853) fu allievo del famoso Werner e studiò alla celebre scuola mineraria di Freiberg. Si dedicò a viaggi a scopo scientifico in tutta Europa, specializzandosi particolarmente sui vulcani e sui fenomeni annessi a questi. Questo suo peregrinare lo portò anche nelle nostre zone dolomitiche e con i suoi scritti (1822-26) trattò il problema di Predazzo e delle caratteristiche essenziali della geologia delle Dolomiti. In quegli anni, Von Buch formulò la prima ipotesi sull'origine delle rocce dolomitiche, che si sarebbero prodotte per la dolomitizzazione di originari calcari provocata dalle porfirite augitiche. Fu anche autore di una superba carta geologica dell'area del Sud Tirolo, edita nel 1822, nella quale sono ben evidenziati i complessi rocciosi dolomitici, che sono consistenti e numerosi rispetto alle masse dolomitiche che diversi autori, anche negli anni successivi, andranno ad inserire nei loro lavori. Gli scritti di Von Buch, a giudizio di F. Von Richthofen (1860), segnano “una delle fasi più importanti per la conoscenza geologica delle Dolomiti”. Gli venne conferita la medaglia di Wollaston nel 1842.

Cos'è la mole?

La mole, abbreviata con “mol”, rappresenta l'unità di misura fondamentale con la quale si descrivono e si contano le quantità di atomi o di molecole nelle reazioni chimiche. Per inciso, la mole di un atomo rappresenta una quantità in grammi pari al proprio peso atomico; ciò vuol dire, ad esempio, che una mole di atomi di Idrogeno sarà costituita da 1 grammo di Idrogeno, una mole di atomi di Elio sarà costituita da 2 grammi di Elio e così via fino all'ultimo elemento chimico della tavola periodica. Quindi è vero che moli di atomi diversi pesano diversamente, ma una mole di atomi di Idrogeno corrisponde ad una mole di atomi di Uranio, in particolare una mole contiene sempre lo stesso numero di atomi pari al cosiddetto numero di Avogadro, che risulta essere dell'ordine di 10^{23} . Questa unità di misura risulta particolarmente utile quando si trattano le reazioni chimiche. Ad esempio, se l'atomo A si combina con un atomo B in un rapporto di 1 a 1, non vuol dire che 1 grammo di A si combina con un grammo di B, ma che una mole di A si combina con una mole di B. Dal punto di vista matematico la mole è calcolata semplicemente come il rapporto tra il peso in grammi dell'atomo ed il suo peso atomico, ecco quindi che se i grammi sono uguali al peso atomico il rapporto fa 1, la definizione di mole appunto. Le leggi di conservazione in chimica hanno un valore se e solo se espresse in moli.

Chi era William Buckland?

William Buckland (1784–1856), dopo la laurea ad Oxford nel 1804, venne ordinato pastore nel 1809. Primo lettore di Geologia a Oxford (1813), fa parte del gruppo di scienziati fedeli alla Chiesa anglicana e contrari all'Uniformity Act. Considerato uno tra i più importanti geologi del suo tempo, fu membro della Geological Society of London e della Royal Society e si impegnò nella diffusione dell'interesse per gli studi paleontologici. Le sue opere si sviluppano intorno alle tesi catastrofiste, in linea con le idee di George Cuvier del diluvio universale e di un unicum universale che ha dato il via alla vita sulla Terra. Raccolse una ricca collezione geologica che poi lasciò all'Università di Oxford. È stato un pioniere nello studio delle feci fossili, per le quali ha coniato il termine coprolite. Nel 1824 divenne presidente della Geological Society of London; in quell'occasione annunciò la scoperta, a Stonesfield, di ossa fossili di un rettile gigante che chiamò *Megalosaurus* (lucertola grande). Scrisse, in pratica, il primo resoconto completo di ciò che in seguito sarebbe stato chiamato un dinosauro. Nel 1848 è stato insignito della Medaglia di Wollaston, dalla Geological Society di Londra.

Cos'è il pH?

Spesso si sente parlare del pH, ma cosa rappresenta? La definizione esatta di pH è che esso è il logaritmo cambiato di segno della concentrazione, espressa in moli/L, degli ioni H^+ in una solu-

zione. L'utilizzo del logaritmo è dovuto al fatto che le concentrazioni in moli/L degli ioni H^+ in una soluzione sono solitamente variabili tra 10^0 e 10^{-14} , quindi fare il logaritmo di questi numeri vuol dire prenderne l'esponente, ovvero avere valori che vanno tra 0 e -14. Ma lavorare con numeri negativi è scomodo, per cui si moltiplicano i valori ottenuti per -1, rendendoli quindi positivi ed ottenendo una scala che va da 0 a 14. Da 0 a 6 si dice che si è in ambiente acido (ricco di H^+), tra 8 e 14 in ambiente basico (povero di H^+), mentre il $pH=7$ rappresenta il pH neutro che spetta all'acqua demineralizzata. Nella notazione pH , p sta per $-\log$ ed H per la concentrazione di H^+ . In realtà limitare la scala ai due estremi 0 e 14 non è esatto, esistono difatti valori al di fuori di questa scala. Un'altra curiosità: quando si sente alla TV parlare del pH neutro 5.5 è sbagliato perché, come detto prima, il pH neutro è 7, mentre 5.5 è il pH neutro rispetto alla pelle.

Chi era Edward Drinker Cope?

Edward Drinker Cope (1840–1897) è stato un paleontologo e anatomista statunitense, uno dei maggiori del diciannovesimo secolo. Fin dall'infanzia si interessò alle Scienze Naturali e nel 1859 inviò un articolo sulle salamandre all'Accademia di Scienze Naturali di Philadelphia. Divenne socio del Megatherium Club alla Smithsonian Institution a Washington. Si iscrisse all'Università di Pennsylvania e poi, dopo altri studi in Europa, divenne curatore presso l'Accademia di Scienze Naturali nel 1865, una posizione che conservò fino al 1873. Successivamente fu professore di Scienze Naturali all'Haverford College e professore di geologia e paleontologia all'Università della Pennsylvania. La sua specialità furono gli studi dei vertebrati fossili americani. Nell'arco della sua vita Cope descrisse più di mille nuove specie, così come moltissimi nuovi generi di vertebrati estinti. Tra questi, vi furono i più antichi mammiferi terziari scoperti in Nuovo Messico e 56 specie di dinosauri, come *Camarasaurus*, *Amphicoelias* e *Coelophysis*. Fu incredibilmente prolifico nella pubblicazione di articoli e nella sua vita ne produsse più di 1.200. Cope fu protagonista, insieme a Marsh, della cosiddetta "guerra delle ossa" nella quale i due ricercatori, acerrimi nemici, fecero a gara per tutta la loro vita nel ricercare, scovare e ricostruire i resti fossili di dinosauri.

Cos'è il principio dell'Aufbau?

Il principio dell'Aufbau è una conseguenza della regola dell'ottetto riguardante la configurazione elettronica degli atomi. Secondo l'interpretazione ad orbitali, l'atomo è costituito da un nucleo centrale e dagli elettroni che si muovono all'interno di determinati orbitali, i quali si collocano a diversi livelli. Ad ogni livello corrisponde un determinato livello energetico, più il livello è lontano dal nucleo maggiore sarà la sua energia. In particolare, al primo livello corrisponderà solo un orbitale detto di tipo 1s, al secondo livello corrisponderanno l'orbitale 2s e 3 orbitali 2p, al terzo livello corrisponderanno l'orbitale 3s, i 3p e 5 nuovi orbitali detti 3d. Su ogni orbitale possono trovare posto al massimo due elettroni con spin opposto, ovvero sul primo livello si avranno massimo due elettroni, sul secondo massimo 8, in particolare quando si è coperto tutto il secondo livello con l'ottavo elettrone si dovrà passare al terzo livello etc. L'ottavo elettrone, completando il livello, rende stabile l'atomo e così sarà ogni volta che si saranno aggiunti 8 elettroni: questa è la regola dell'ottetto. Ed il modo di aggiungere gli elettroni uno dopo l'altro, partendo dal livello più basso meno energetico e passando ai livelli superiori più energetici, segue uno schema che si ripete sempre e che va sotto il nome di Aufbau, termine tedesco che significa "costruire su", "creare".

Chi era James Hutton?

James Hutton (1726–1797), geologo scozzese, è considerato uno dei padri fondatori della geologia moderna. Le sue concezioni sull'evoluzione della crosta terrestre, rivoluzionarie per i tempi in cui furono concepite, costituiscono il punto di partenza per molti settori delle Scienze della Terra. Fu tra i primi a comprendere il ruolo fondamentale degli agenti esogeni nel modellamento della superficie terrestre e intuì il ruolo determinante del fattore tempo in geologia. Fu infatti il pri-

mo grande studioso a intuire l'antichità della Terra: molti milioni di anni, non i 6.000 anni che le attribuivano sulla base di una grottesca interpretazione troppo letterale della Bibbia. È stato il fondatore di quella scuola di pensiero, feconda ancor oggi, che è l'Attualismo, pietra angolare della paleoecologia, che afferma che ciò che vediamo accadere oggi può essere usato per interpretare ciò che è accaduto in passato. Schieratosi contro il Nettunismo (la teoria proposta da Abraham Gottlob Werner secondo la quale un tempo la Terra sarebbe stata tutta coperta dalle acque), James Hutton divenne il principale esponente della scuola plutonista, secondo la quale l'origine di molte rocce (basalti e graniti) era magmatica. Hutton fu il primo a riconoscere la natura delle rocce intrusive e a ipotizzare la loro origine da un magma primordiale.

Se l'acqua scioglie lo zucchero, perché una goccia d'acqua nel vasetto dello zucchero crea i grumi?

Quando aggiungiamo lo zucchero all'acqua, lo vediamo sciogliersi e questo è dovuto a dei principi termodinamici per cui l'energia dello zucchero sciolto è minore rispetto a quando è cristallizzato, oppure si dice che sciogliendo lo zucchero in acqua l'entropia aumenta. Aumento di entropia vuol dire aumento di disordine e le leggi della termodinamica affermano che tutti i processi spontanei sono quelli che portano ad un aumento di disordine, a cui l'universo tende. Quando una goccia cade nel vasetto dello zucchero, la quantità d'acqua non è sufficientemente elevata da essere in grado di sciogliere tutto lo zucchero contenuto nel vasetto. Quando la goccia cade non fa altro che sciogliere i cristalli di zucchero primi vicini, ma i cristalli secondi vicini si avvicineranno tentando di sciogliersi, perché così facendo diminuiscono l'energia ed aumentano l'entropia del sistema. Questi secondi cristalli si scioglieranno solo parzialmente, richiamando altri cristalli che si scioglieranno ancora meno ed il processo continuerà richiamando altri cristalli che tenteranno di avvicinare la goccia che si trova al centro. Tutti questi cristalli, cercando di raggiungere la goccia di acqua al centro, non fanno altro che compattarsi, formando i grumi.

Chi era Charles Lyell?

Charles Lyell (1797–1875), geologo scozzese, appassionato di geologia, scelse come mete preferite l'Europa: studiò la paleontologia dell'Inghilterra, riuscendo a collezionare fossili; studiò i vulcani estinti dell'Alvernia, del Vicentino, nonché il Vesuvio, l'Etna, le isole Canarie, Madera. A lui si deve la creazione dei termini geologici Eocene, Miocene, Pliocene e Pleistocene, elaborati tra il 1829 ed il 1839. Nel periodo che va dal 1830 al 1833 pubblicò i "Principi di Geologia" (Principles of Geology), dove applicò la teoria dell'Uniformitarismo, concepita da James Hutton, movimento che si frapponesse al catastrofismo dei naturalisti come Georges Cuvier e al Diluvianismo. La teoria è sintetizzabile con la frase "il presente è la chiave del passato", secondo la quale la Terra è stata modellata interamente dall'azione di forze con movimenti lenti agenti in periodi di tempo lunghissimi. Lyell suppose che i processi operavano nel passato con la stessa intensità e la stessa velocità con cui avvengono oggi. Rifiutò l'idea che la storia della Terra sia dominata da eventi catastrofici. Non era necessario quindi invocare catastrofi, né ipotizzare che i processi attuali abbiano agito con maggiore intensità in tempi precedenti. In breve, Lyell insegnò che il presente è la chiave per comprendere il passato e per questo diventò il principale sostenitore della teoria dell'Attualismo.

Perché alcuni gas sono detti nobili?

L'ultima colonna a destra della tavola periodica è occupata dai cosiddetti gas nobili che sono: Elio, Argon, Xenon, Krypton e Radon. Questi cinque gas hanno una configurazione elettronica speciale, perché gli elettroni riempiono completamente l'ultimo livello energetico, seguendo la regola detta dell'ottetto e rendendo l'elemento chimico stabile. Difatti, un elemento chimico riesce, in prima istanza, a dare legami chimici solo se ha un eccesso di elettroni ed è in grado di cederli, oppure se ha un difetto di elettroni ed è quindi in grado di accettarne. In entrambi i casi si riesce a comple-

tare il livello energetico. Se però l'atomo ha tutto il livello energetico completo, non sarà in grado di accettare elettroni, non avendo più posto a disposizione, ma nemmeno cederà elettroni perché verrebbe destabilizzato. Questo è il caso dei gas nobili che vengono così detti perché sono inerti, non si combinano con nessun altro elemento e creando quindi una "casta" nobile speciale. Tuttavia, non molto tempo fa si scoprì che alcuni gas nobili, in particolare Xenon, Radon e Krypton, erano in grado di creare composti con il Fluoro e questo era dovuto a due fattori: il Fluoro è un elemento chimico molto elettronegativo, ciò vuol dire che ha una grande forza di attrarre a sé gli elettroni e atomi come Xenon, Radon e Krypton hanno abbastanza elettroni per cui quelli interni sono in numero sufficiente da schermare l'attrazione del nucleo, tanto che gli elettroni più esterni ne risentiranno in modo molto minore. Questo permette al Fluoro di strappare un elettrone dal gas nobile, di creare un composto chimico e di rendere il gas meno nobile rispetto a ciò che si pensava inizialmente.

Chi era Andrija Mohorovičić?

Andrija Mohorovičić (1857–1936), geologo e meteorologo croato, è considerato come uno dei fondatori della sismologia moderna. L'8 ottobre 1909 un terremoto colpì la regione a sud est di Zagabria; un certo numero di sismografi esistenti fornì dati preziosi attraverso i quali lo scienziato croato fece nuove scoperte. Vide che, quando le onde sismiche attraversando il confine tra i diversi tipi di materiale, si riflettono e rifrangono, proprio come la luce quando colpisce un prisma e che nel caso del verificarsi dei terremoti vi sono onde che si propagano in maniera longitudinale e trasversale attraverso il suolo, con velocità diverse. Mohorovičić concluse che la Terra è costituita da strati superficiali che si trovano sopra un nucleo interno. Inoltre, stabilì per primo una discontinuità che separa la crosta della Terra dal cosiddetto mantello, cioè la zona a maggiore densità sottostante. Dai dati raccolti stimò poi lo spessore della crosta superiore in 54 km. Sappiamo oggi che la crosta è spessa 5-9 km sotto l'oceano e 25-60 km sotto i continenti. Il passaggio, quindi, dalla crosta terrestre al mantello è segnato da questa variazione di densità e comportamento fisico delle onde sismiche e viene chiamato discontinuità di Mohorovičić o, a causa della complessità del nome dello studioso, semplicemente Moho.

Quali tipi di geometrie di piastrelle permettono di coprire per intero un pavimento?

Per cercare di coprire interamente un pavimento, non tutte le geometrie delle piastrelle vanno bene. Solo piastrelle triangolari, quadrate, rettangolari od esagonali vanno bene. Se tentassimo di coprire un pavimento con piastrelle pentagonali rimarrebbero dei buchi, solo mescolando opportunamente piastrelle pentagonali ed esagonali permetterebbe di coprire tutto il pavimento; questo è ciò che accade, per esempio, nel caso del pallone da calcio. Parlare di piastrelle e di pavimento può sembrare banale, d'altronde le stesse regole valgono per i cristalli. In effetti, se si pensa al cristallo come una ripetizione periodica della stessa unità strutturale, questa deve essere in grado di coprire tutto lo spazio senza lasciare dei buchi. Proprio come nel caso del pavimento, la base delle unità strutturali di un cristallo potranno solo essere a simmetria triangolare, quadrata, rettangolare od esagonale. A queste simmetrie corrispondono degli assi di simmetria di rotazione che permettono di riportare nella stessa posizione di partenza l'unità strutturale. Se questa è triangolare si avrà un asse di rotazione ternario, ovvero ogni 120° , se rettangolare un asse binario (180°), se quadrato un asse quaternario (90°) e se esagonale un asse ancora terziario oppure senario (30°).

Chi era Georges-Louis Leclerc de Buffon?

Georges-Louis Leclerc de Buffon (1707–1788), naturalista, matematico, cosmologo e scrittore, fu uno scienziato "a tutto campo". Le sue teorie avrebbero influito sulle generazioni successive di naturalisti (in particolare Lamarck e Darwin). È autore della "Histoire naturelle", 36 volumi apparsi tra il 1749 ed il 1789, di cui gli ultimi 8 pubblicati postumi, nella quale incluse tutto il sapere

dell'epoca in campo delle scienze naturali. L'opera doveva comprendere tutti i regni della natura, ma vennero sviluppati solamente i minerali ed una parte degli animali. Interessante notare che rilevò la somiglianza fra l'uomo e la scimmia, considerando la possibilità di una genealogia comune. Quest'opera ebbe un immenso successo, tanto che i primi due volumi, "Théorie de la Terre" e "Histoire naturelle de l'homme", ebbero tre riedizioni successive in sei settimane e immediate traduzioni in tedesco, inglese ed olandese. Sosteneva che la Terra e gli altri pianeti si fossero formati a seguito di una collisione fra il Sole e una o più comete. La riaggregazione dei frammenti aveva dato luogo alla Terra che al momento della formazione aveva una temperatura molto elevata. A seguito del raffreddamento, la Terra sarebbe stata coperta da un oceano, il cui successivo ritiro ed evaporazione avrebbero determinato la composizione delle terre attuali. In "Histoire naturelle" Buffon scrisse che la Terra si è consolidata in 3.000 anni e raffreddata in 35.000, raggiungendo la temperatura attuale in circa 75.000 anni. Sosteneva che fra 45.000 anni (cioè a 168.000 dalla sua formazione) tutto diventerà nuovamente gelato e la vita scomparirà. Questa "cronologia corta" venne sostituita successivamente da una "cronologia lunga": parlò di un'età complessiva di quasi tre milioni di anni, ma non pubblicò mai queste nuove cifre per non andare contro i dettami delle sacre scritture. Due anni dopo la pubblicazione di "Histoire naturelle", la Sorbona gli contestò ben 14 punti "riprovevoli e contrari alla dottrina della Chiesa". Per mantenere la sua prestigiosa posizione di sovrintendente del Jardin du Roi di Parigi, Buffon dovette rinnegare "... ogni affermazione del mio libro relativa alla formazione della Terra e, più in generale, tutto ciò che possa essere contrario al racconto di Mosè". Divenne conte di Buffon nel 1773 e prima di morire vide la sua statua posta all'ingresso del museo di Storia Naturale, con l'iscrizione: "Majestati Naturae par ingenium".

Quale sostanza dà il colore alle feci e all'urina?

La sostanza chimica che dà il colore alle feci e all'urina è la bilirubina, che si forma per l'80% dalla distruzione di globuli rossi senescenti nel sistema reticolo endoteliale e per il 20% dal catabolismo di emoproteine sieriche (mioglobina, citocromi, perossidasi, catalasi). L'emoglobina contenuta negli eritrociti viene catabolizzata, con rottura del suo caratteristico anello protoporfirinico e l'eme che viene liberato grazie all'eme-ossidasi viene convertito in biliverdina, con distacco del ferro e globina. La biliverdina a sua volta viene trasformata in bilirubina grazie ad un enzima citosolico detto biliverdina-reduttasi. Questa bilirubina è detta "non coniugata" (o "indiretta") ed è insolubile, quindi per essere trasportata all'interno del sangue deve essere legata ad una proteina sierica prodotta dal fegato, l'albumina. Assieme all'albumina, la bilirubina non coniugata raggiunge il fegato, dove viene internalizzata grazie alla presenza di una proteina vettrice epatica, chiamata ligandina. Il deficit ereditario di questa proteina vettrice si manifesta con un'iperbilirubinemia congenita benigna (Sindrome di Gilbert). Nel fegato la bilirubina viene coniugata ad una proteina citosolica, glutatione-S-trasferasi (GST). Questo processo è catalizzato da un enzima microsomiale detto uridine difosfoglucuronil transferase (UDPGT) e ne deriva la bilirubina monoglucuronide e la bilirubina diglucuronide. Il deficit ereditario di questo enzima è la causa della sindrome di Crigler-Najjar, che si manifesta con ittero severo e persistente. La bilirubina così coniugata è resa solubile e viene quindi escreta dall'epatocita nella bile e viene riversata nell'intestino, passa nel colon dove viene parzialmente trasformata in urobilinogeno. La bilirubina e i suoi derivati (Stercobilinogeno) conferiscono alle feci il loro caratteristico colore marrone. L'urobilinogeno viene in parte riassorbito ed espulso dai reni come urobilina: è questa a dare all'urina il suo colore giallo.

Chi era Charles Francis Richter?

Charles Francis Richter (26 aprile 1900–30 settembre 1985), fisico e sismologo americano. Affascinato fin da giovane dalla sismologia, cioè lo studio dei terremoti e delle onde che si producono nella Terra, andò a lavorare nel 1927 presso l'Istituto di Tecnologia della California, iniziando a pubblicare relazioni periodiche sui terremoti nel sud della California; aveva però la necessità di

avere un sistema di misurazione della forza di questi terremoti. Insieme all'altro studioso, Gutenberg, creò una scala che sarebbe diventata nota come "scala Richter". Essa si basava sullo studio del dislocamento della Terra durante i terremoti e della misura dell'intensità delle onde sismiche attraverso una scala logaritmica. La coppia progettò un particolare sismografo per la misura di questo spostamento e l'unità di misura istituita venne nominata "Magnitudo". Il contributo di Gutenberg fu sostanziale, ma la sua avversione per le interviste contribuì a far sì che il suo nome venisse lasciato fuori dal nome dato alla scala. Dopo aver pubblicato la scala, proposta nel 1935, questa fu rapidamente adottata per la misura dell'intensità dei terremoti, inizialmente negli Stati Uniti e Giappone e poi, dopo qualche resistenza, anche nel resto del mondo.

Quale sostanza dà l'odore caratteristico alle feci?

È il b-metilindolo, detto anche scatolo (leggi: *scatòlo*), che si forma nella putrefazione o per fusione alcalina delle proteine e si ritrova accanto a tracce di indolo negli escrementi umani. Quando la flora batterica si altera e i batteri lavorano male (disordine fra i vari ceppi), vengono anche a ridursi gli enzimi e le immunoglobuline che sono le basi del sistema immunitario. In tali condizioni i funghi proliferano a dismisura per la mancanza di batteri antagonisti. Ricordiamo che le immunoglobuline fanno parte del sistema immunitario, presente nell'intestino con un numero da 100 alle 200 stazioni linfatiche (placche di Peyer), che rappresentano almeno il 65% del nostro potenziale immunitario. In condizione quindi di flora intestinale non equilibrata, questi aminoacidi subiscono un processo di decarbossilazione che produce alcune amine tossiche. Molte di queste amine sono dei potenti veleni vasocostrittori. Va notato che l'indolo e lo scatolo (metilindolo) sono responsabili in gran misura del particolare odore delle feci. Questo porta a comprendere perché le feci dei vegetariani non hanno odore o ne hanno uno assai leggero. Lo scatolo cristallizza in tavolette bianche caratterizzate da un odore estremamente nauseante; fonde a 95 °C e bolle a 268 °C. Interessante è che si può cristallizzare con un sublimatore e, a concentrazioni molto diluite, viene usato in profumeria come fissativo. Fu isolato per la prima volta dal chimico italiano Fileti.

Chi era Lazzaro Spallanzani?

Lazzaro Spallanzani (1729–1799), gesuita e biologo italiano, considerato il "padre scientifico" della fecondazione artificiale, è ricordato soprattutto per aver confutato la teoria della Generazione spontanea con un esperimento che verrà successivamente ripreso e perfezionato da Louis Pasteur. Nel 1769 fu chiamato all'Università di Pavia per insegnarvi Storia Naturale e assunse la direzione del Museo dell'Università, di cui fu anche rettore. Approfondì il problema della riproduzione e fin dal 1777 ottenne la prima fecondazione artificiale, usando uova di rana e rospo. Si dedicò, inoltre, a ricerche inerenti la digestione e la respirazione. Le sue ricerche di fisiologia gastroenterologica furono fondamentali nel dimostrare come il processo digestivo non consista solo nella semplice triturazione meccanica del cibo, ma anche in un processo di azione chimica a livello gastrico, necessario per permettere l'assorbimento dei nutrienti. Sin dal 1771 era riuscito a creare un Museo di Storia Naturale, che nel corso degli anni acquistò una grande fama anche internazionale e fu visitato perfino dall'imperatore Giuseppe II d'Austria. Nel 1785, mentre era in un viaggio di studio a Costantinopoli e nei Balcani, fu accusato dal custode del Museo di Pavia (sobbillato da alcuni colleghi) di aver rubato reperti del Museo: la vicenda si concluse dopo un anno con la dimostrazione della completa innocenza di Spallanzani e la condanna dei calunniatori. Oltre al Museo di Pavia, Spallanzani costituì nella sua casa di Scandiano una raccolta privata, che oggi si trova nei Musei Civici di Reggio Emilia.

APRILE 2010

“Lo scienziato non è l'uomo che fornisce le vere risposte; è quello che pone le vere domande.”

C. LÉVI-STAUSS

Cosa sono i Quark?

I quark sono dei componenti elementari della materia; possono essere pensati come oggetti puntiformi, privi cioè di estensione spaziale, dotati di massa, carica elettrica e di tutta una serie di altre proprietà fisiche. I quark sono i componenti elementari dei protoni e dei neutroni che a loro volta sono alla base della materia ordinaria che ci circonda. Durante gli anni '30 i fisici delle particelle stavano studiando intensamente il nucleo atomico nel tentativo di capire qual era la forza che permetteva di tenere uniti insieme più protoni; la scoperta del neutrone del 1932 aiutò i fisici nel cammino di comprensione della forza nucleare: i neutroni stabilizzavano la struttura nucleare. Si osservavano tuttavia alcuni fatti piuttosto curiosi: la massa del neutrone era circa uguale a quella del protone e la forza nucleare sembrava indifferente di fronte allo scambio di protoni in neutroni. In tal senso queste particelle sembravano simmetriche, indistinguibili agli occhi della forza nucleare, due facce di una stessa medaglia, ciò che venne chiamato nucleone. Cominciò così un lungo cammino nella comprensione del comportamento e della struttura delle particelle subnucleari che portò allo sviluppo del Modello a Quark.

Per osservare il cielo si usano i telescopi. Quali sono i principali tipi di telescopio?

Il primo tipo di telescopio utilizzato, di tipo “Galileiano”, era concettualmente molto semplice: una lente convergente costituiva l'obiettivo, una seconda lente divergente fungeva da oculare. Il tutto basato sui principi di rifrazione della luce. Una diffusa categoria di telescopi ottici è quindi quella dei “rifrattori”, ora costruiti in modo più complesso, in particolare con sistemi di lenti (quali doppietti o tripietti, ma non solo) che si basano sul concetto di far convergere i raggi luminosi in un punto di fuoco, di solito posteriore rispetto allo strumento. Un altro schema importante, molto usato, è lo schema “Newtoniano”, o riflettore, che si basa sul principio della riflessione dei raggi luminosi, per mezzo di uno specchio parabolico. In questo caso il punto di fuoco è anteriore e diventa necessario uno specchio piano inclinato di 45 gradi per estrarre lateralmente il fuoco, ovvero il punto in cui inserire gli oculari. I telescopi a specchi consentono di ottenere diametri molto maggiori dei rifrattori e in un telescopio uno dei parametri più importanti è il diametro dell'obiettivo, in quanto maggiore esso è, maggiore è la luce raccolta e maggiore è il potere risolutivo. Ovviamente nel corso degli anni sono stati ideati molti altri schemi, in particolare combinando lenti e specchi ottenendo strumenti chiamati “catadiottrici”, di cui alcuni famosi rappresentanti sono gli Schmidt-Cassegrain ed i Maksutov-Cassegrain. Il “Cassegrain” ha uno specchio come obiettivo, ma il secondo specchietto, quello secondario, rinvia il fascio luminoso verso l'obiettivo, che in centro verrà forato per consentire ai raggi luminosi di andare a fuoco.

Cosa si intende per nucleone?

Quando parliamo di nucleone ci riferiamo in realtà a due particelle, il protone ed il neutrone. Queste particelle subnucleari sono facilmente distinguibili per la carica elettrica, essendo il protone carico positivamente mentre il neutrone, come suggerito dal nome, elettricamente neutro. Tuttavia

protone e neutrone risultano indistinguibili agli occhi della forza nucleare e questo fece maturare nei fisici la convinzione che queste due particelle fossero strettamente legate da una profonda simmetria. Per primo Heisenberg nel 1932 e successivamente Wigner nel 1937 introdussero una nuova proprietà fisica denominata isospin forte; questa proprietà permetteva di considerare protoni e neutroni come una coppia di particelle simmetriche, indistinguibili a livello di forza nucleare caratterizzate da un ben preciso valore dell'isospin forte. L'introduzione di questa proprietà fisica era il tentativo teorico di esprimere le simmetrie evidenziate da alcuni fenomeni nucleari, permettendo una classificazione ordinata delle particelle note. Si poteva infatti parlare di nucleone non dovendo specificare se ci si riferiva ai protoni o ai neutroni. Per le sue ricerche sui principi di simmetria inerenti i nuclei atomici e le particelle elementari, Wigner vinse il premio Nobel per la fisica nel 1963.

Cosa sono i “quasar”?

Il vocabolo “quasar” deriva da una contrazione di parole inglesi: quasi-stellar radio source, traducibile in italiano con una locuzione simile a “radiosorgente quasi stellare”. Visti in un telescopio ottico assomigliano a delle stelle, ovvero a sorgenti puntiformi, ma il loro spettro rileva un notevole redshift, che significa in parole povere che sono oggetti molto distanti ed allo stato attuale si ritiene che siano eccessivamente distanti per poter essere semplici stelle. La loro natura sembra essere extragalattica, ovvero sarebbero posizionati al di fuori della nostra galassia e distanze del genere sono difficili da immaginare e descrivere. Il fatto che si vedano, ma che siano così incredibilmente distanti da noi, implica che debbano emettere quantità enormi di energia, si pensa addirittura più di dozzine di normali intere galassie. Allo stato attuale delle conoscenze sono considerati gli oggetti più intrinsecamente luminosi dell'universo osservabile ed hanno anche la caratteristica di emettere la medesima quantità di radiazione in quasi tutto lo spettro elettromagnetico, dalle onde radio ai raggi gamma. Secondo i modelli maggiormente accreditati, si dovrebbe trattare di galassie attive la cui particolare luminosità viene spiegata con meccanismi di frizione causati da gas e polveri che cadono verso un buco nero supermassiccio formando un disco di accrescimento. Tali meccanismi consentirebbero di convertire circa la metà della massa degli oggetti in energia. Si pensi per confronto che i processi di fusione nucleare arrivano a convertire pochi punti percentuali. Il fatto che i quasar si vedano “distanti” implica che fossero oggetti presenti in un universo più primitivo di quello in cui ci troviamo attualmente e forse anche che molte delle attuali galassie in passato siano passate attraverso delle fasi di “quasar”.

Qual è il significato dell'espressione “zoo delle particelle”?

Dopo i primi successi nella comprensione teorica della forza nucleare, la fisica delle particelle conobbe un periodo fatto da numerose scoperte sperimentali: tra gli anni '40 e '50 gli sviluppi tecnologici nel campo dell'indagine fisica portarono alla scoperta di numerose nuove particelle: nel 1947 gli studi effettuati da Powell, Occhialini e Lattes sui raggi cosmici portarono alla scoperta di due particelle cariche con masse intermedie fra quella del protone e quella dell'elettrone; queste nuove particelle vennero battezzate pioni. Sempre nel 1947 vennero scoperte altre due particelle cariche denominate kaoni. Nel 1950 ecco apparire sulla scena il terzo fratello della famiglia dei pioni, questa volta elettricamente neutro. Il ritmo delle scoperte sperimentali era incalzante e così verso la metà degli anni '50 furono scoperte numerose altre particelle con masse superiori anche a quella del protone; queste particelle vennero ribattezzate con nomi particolari associati a lettere dell'alfabeto greco: si parla così di particelle sigma (Σ_{\pm}), particelle xi (Ξ^{-}), particella lambda-zero (Λ^0). La famiglia delle particelle subnucleari acquistava con il passare del tempo sempre più elementi tanto che i fisici cominciarono a parlare di “zoo delle particelle”: la classificazione ordinata cominciò a diventare un problema.

In astronomia si sente spesso parlare di redshift. Di cosa si tratta?

Il termine redshift si traduce con la locuzione “spostamento verso il rosso” ed è un fenomeno per cui la frequenza della luce, osservata in particolari circostanze, è più bassa della frequenza che aveva al momento dell'emissione. Questo effetto è osservabile quando la sorgente luminosa e l'osservatore si stanno allontanando ed ha preso questo nome dal momento che nella luce visibile il rosso è il colore con frequenza più bassa, ovvero il colore “verso cui” si spostano gli spettri osservati in allontanamento. Si tratta quindi di una manifestazione dell'effetto Doppler, dal nome del fisico austriaco che per primo l'ha evidenziato, che si manifesta nel cambiamento apparente della frequenza delle lunghezze d'onda percepite, esemplificato canonicamente con il rumore della sirena in avvicinamento ed in allontanamento. Per le onde luminose, in caso di avvicinamento, si parla di blueshift, invece che di redshift. Nel 1929 un famoso astronomo, Edwin Hubble, notò che le righe spettrali della luce delle galassie lontane presentavano lunghezze d'onda maggiori di quanto ci si sarebbe aspettato, concludendo in base all'effetto Doppler che si stavano allontanando da noi. In più, notò che la velocità di recessione era proporzionale alla distanza: più distante era l'oggetto, più pronunciato era il redshift, lo spostamento verso il rosso. Questa relazione lineare tra velocità e distanza, denominata legge di Hubble, fu la prima osservazione empirica a suffragare l'ipotesi di espansione dell'universo prevista dalla teoria del Big Bang. La proporzione lineare tra distanza e velocità indica inoltre che noi non occupiamo una particolare posizione nel cosmo, che ha il medesimo aspetto in qualsiasi direzione lo si osservi, in quanto è lo spazio stesso ad espandersi emulando l'effetto di allontanamento reciproco.

Cos'è la stranezza in fisica?

La stranezza in fisica non centra con i fisici... in realtà è una proprietà introdotta durante gli anni '50 per spiegare teoricamente alcuni fenomeni osservati negli anni precedenti. Era il 1947 quando alcune fotografie evidenziarono la presenza nei raggi cosmici di particelle che decadevano in pioni e nucleoni lasciando una traccia a forma di V; alcune particelle avevano masse comprese tra quella dell'elettrone e quella del protone, altre avevano masse superiori a quella del protone. Il loro comportamento tuttavia era alquanto curioso: queste particelle venivano prodotte attraverso l'interazione forte, ma decadevano più lentamente in accordo con l'interazione debole; sembrava avessero una doppia personalità. La spiegazione di un tale comportamento portò i fisici ad introdurre una nuova proprietà fisica, la stranezza appunto. Queste particelle possedevano un valore non nullo di questa proprietà mentre i pioni ed i nucleoni avevano stranezza nulla; l'enigma del loro duplice comportamento veniva così risolto nell'ipotesi che la stranezza si conservasse, rimanesse cioè costante, durante processi regolati dall'interazione forte, ma potesse cambiare durante i decadimenti deboli di queste particelle in pioni o nucleoni. Nello zoo di particelle la classificazione era sempre più difficile.

Cosa sono le comete?

Le comete sono corpi celesti prevalentemente composti di ghiaccio, che orbitano all'interno del nostro sistema solare. Sono relativamente piccole ed hanno orbite che si estendono anche oltre quella di Plutone, l'ex-pianeta più esterno e lontano. Quelle che entrano nel sistema interno, rendendosi visibili all'occhio umano, percorrono sovente orbite fortemente ellittiche che le fanno avvicinare molto al nostro Sole, per poi allontanarsi. Essendo composte per la maggior parte da sostanze volatili come biossido di carbonio, metano ed acqua ghiacciati, mescolati ad aggregati di polveri e minerali, quando si avvicinano al Sole sublimano, causando la formazione della chioma (da cui origina il nome) e della coda. La chioma è una grande, ma rarefatta atmosfera attorno al nucleo, mentre la forza su di essa esercitata dalla pressione di radiazione del Sole, in particolare dal vento solare, porta alla formazione della coda, alle volte molto appariscente, che punta nella direzione opposta al Sole. Qualche volta le polveri ed i gas formano due distinte code, orientate in direzioni leg-

germente differenti. La polvere, più pesante, rimane indietro rispetto al nucleo e può formare una coda incurvata che si mantiene sull'orbita della cometa, mentre il gas, che è più sensibile al vento solare, forma una coda dritta, in direzione opposta al Sole, che segue le linee del campo magnetico locale piuttosto che le traiettorie orbitali.

In cosa consiste la formula di Gell-Mann/Nishijima?

A metà degli anni '50 le particelle note erano ormai numerose e mostravano comportamenti piuttosto articolati. Nel tentativo di fare ordine nello zoo di particelle il fisico statunitense Murray Gell-Mann ed il fisico giapponese Kazuhiko Nishijima svilupparono indipendentemente una formula che legava le principali proprietà delle particelle subnucleari: la carica elettrica, l'isospin forte e la stranezza. Questa formula, nota oggi come formula di Gell-Mann/Nishijima, permetteva una classificazione più ordinata delle particelle, permetteva di comprenderne il comportamento e, soprattutto, forniva un importante potere di previsione. La classificazione delle particelle secondo questa formula portò infatti alla previsione dell'esistenza di nuovi elementi che dovevano completare lo schema di classificazione costruito sulla base delle proprietà fisiche di stranezza ed isospin. Fu così che venne prevista l'esistenza di due nuove particelle neutre, la sigma-zero e la xi-zero; queste previsioni furono confermate sperimentalmente pochi anni dopo fra il 1957 ed il 1959, evidenziando la validità dello schema di classificazione e il profondo legame fra le proprietà fisiche di carica elettrica, isospin forte e stranezza delle particelle subnucleari.

Si conosce l'età dell'universo?

Allo stato attuale si possono fare delle stime. L'astronomo Edwin Hubble, noto per aver trovato una relazione lineare tra velocità di allontanamento e distanza degli oggetti osservati, stimò il tasso di espansione dell'universo. La sua stima venne successivamente rivista, grazie anche al perfezionamento delle strumentazioni, ed il valore attualmente ritenuto corretto è di 70 km al secondo per megaparsec. Un megaparsec equivale a tre milioni e 262 mila anni luce. La stima di questo valore, chiamato costante di Hubble, permette di derivare l'età dell'universo. Se si conoscono distanza attuale e velocità di separazione di due galassie si può determinare il tempo impiegato per raggiungere la distanza osservata, tramite la semplice relazione: spazio diviso velocità = tempo. Le cose in realtà non sono così semplici come descritto, per una serie di motivi tra i quali il fatto che la costante di Hubble non è così costante, nel senso che è continuamente in via di miglior definizione e, inoltre, si sono scoperte cose inaspettate, quale ad esempio, nel 1998, un'accelerazione dell'espansione dell'universo, per cause tuttora ignote. Tutto questo rende difficoltosa la misura che stiamo per riportare e che va quindi considerata con adeguata prudenza. Ad ogni modo, secondo le stime più recenti, i cosmologi attribuiscono all'universo un'età di circa 13,7 miliardi di anni, con un margine di errore del 10% (200 milioni di anni in più o in meno), dall'istante iniziale del Big Bang.

Cosa significa la strana espressione "la via dell'ottetto"?

La via dell'ottetto è la traduzione italiana del titolo di un famoso articolo del fisico statunitense Murray Gell-Mann apparso nel 1961, "The Eightfold Way". Quando si parla di ottetto si intende un insieme di otto particelle trattate in modo unitario; il riferimento è alle particelle subnucleari allora note: i due nucleoni, le tre sigma, la lambda e le due xi, alcune delle particelle scoperte qualche anno prima e che facevano parte dello zoo di cui si è parlato nelle puntate precedenti. L'intento di Gell-Mann era quello di trattare queste particelle sulla base di qualche simmetria nascosta, secondo la quale tutte le particelle avrebbero dovuto possedere la stessa massa; l'approccio di Gell-Mann era puramente formale, basandosi sulle conoscenze matematiche dei gruppi di trasformazioni. In tal senso introdusse nella sua trattazione tre nuovi enti elementari che, opportunamente combinati, permettevano di riprodurre lo schema di classificazione delle otto particelle indicate in precedenza. Tuttavia, sottolineava lo stesso Gell-Mann, "non attribuiremo alcun significato fisico" a questi nuo-

vi componenti elementari “con i quali abbiamo costruito i barioni”. Si tratta di una forma embrionale del modello a quark che vedrà la luce solo tre anni più tardi.

Per osservare il cielo basta un binocolo? Come si possono capire le sue caratteristiche?

Il binocolo è un ottimo strumento di osservazione del cielo notturno, spesso sottovalutato, che non deve essere visto come un fratello minore del telescopio, ma come un degno compagno che gli si può affiancare per visioni di tipo diverso. Innanzitutto il binocolo consente di osservare con entrambi gli occhi contemporaneamente, invece che con uno solo, rendendo la visione più comoda e rilassante. La visione binoculare inoltre è raddrizzata, al contrario di quella telescopica che, a meno di strumenti correttivi, rovescia l'alto con il basso e la destra con la sinistra, e risulta pertanto più naturale, consentendo di individuare più facilmente i principali oggetti celesti. I binocoli normalmente sono strumenti con ingrandimenti non eccessivamente elevati e con un grande campo di vista. Tali informazioni sono normalmente disponibili stampate direttamente sul binocolo, in una forma simile a 7x30 o 10x50. Il numero prima del “per” rappresenta gli ingrandimenti, mentre il numero dopo il “per” indica il diametro dell'obiettivo. Maggiore è il diametro, ovvero il secondo numero, maggiore è la luce raccolta e più adatto è il binocolo per osservare il cielo notturno. Un ulteriore importante parametro è il campo inquadrato, ovvero la porzione di cielo che il binocolo consente di vedere. Se non è già espresso in gradi, viene espresso in metri lineari visti alla distanza di 1.000 metri. Per convertirli in gradi basta dividere per 17,5. In tal modo, ad esempio, un binocolo in grado di mostrare 114 metri a 1.000 metri di distanza è in grado di mostrare un campo reale di circa 6 gradi e mezzo. Per avere un termine di paragone, si pensi che in cielo il diametro della Luna piena è di circa mezzo grado. È facile rendersi conto che il binocolo consente visioni di campi molto più ampi di quelli di qualsiasi telescopio, a fronte di minori ingrandimenti. È impagabile per le passeggiate stellari sotto i cieli estivi.

Quando si sviluppò il Modello a Quark?

Dopo una prima fase embrionale, il modello a quark giunse ad uno sviluppo più maturo nel 1964, quando Gell-Mann ed indipendentemente il fisico tedesco George Zweig pubblicarono i loro articoli; in questi articoli si sviluppava un modello per le particelle subnucleari basato su tre enti elementari dotati di massa, carica elettrica frazionaria, isospin forte e stranezza ben definiti; combinandosi opportunamente, queste nuove particelle elementari erano in grado di formare particelle più complesse e strutturate quali protoni, neutroni e pioni, riproducendone le proprietà fisiche di carica elettrica, isospin e stranezza. Zweig chiamò questi nuovi enti “aces”, Gell-Mann “quark”, termine questo che si trova in un libro di Joyce intitolato “Finnegans Wake”. Il modello descriveva le particelle note come composte da quark e dalle rispettive antiparticelle, gli antiquark; in questo modo potevano essere costruite tutte le particelle subnucleari note, ma lo schema di classificazione proposto dal modello presentava alcune lacune, ovvero particelle previste teoricamente, ma non ancora osservate sperimentalmente; fra queste una particella con massa più grande di quella del protone, carica elettrica, stranezza ed isospin forte ben definiti teoricamente. Il modello offriva così la possibilità di essere testato sperimentalmente.

Cos'è la radiazione cosmica di fondo?

Si tratta di una radiazione omogenea ed isotropa ritenuta dalla moderna cosmologia il residuo termico del Big Bang. Con omogeneo si intende che ogni parte di un corpo possiede le medesime proprietà fisiche, indipendentemente dalla posizione. Isotropo invece significa indipendente dalla direzione della grandezza definita nello spazio. Tale radiazione è stata scoperta nel 1964 ed è caratterizzata da uno spettro di corpo nero, ad una lunghezza d'onda di 1,9 mm e una temperatura di 2,726 gradi Kelvin. Verso la metà del ventesimo secolo esistevano due grandi teorie per spiegare

la formazione dell'universo: la teoria dello stato stazionario, secondo la quale l'universo era sempre esistito e avrebbe continuato ad esistere sempre, senza alcun cambiamento rilevante, e la teoria del Big Bang, secondo la quale l'universo è stato creato da un evento simile ad una sorta di esplosione, stimata circa 13,7 miliardi di anni fa. Studiando un tema totalmente estraneo all'astrofisica, la riflessione di alcuni satelliti della NASA, con una particolare antenna di 6 metri, due studiosi si misero ad eliminare tutte le interferenze riconoscibili dal loro ricevitore, quali gli effetti dei radar, delle trasmissioni radio e persino del calore, raffreddando il ricevitore con elio liquido alla temperatura di 4 gradi Kelvin. Analizzando i dati residui i tecnici trovarono un rumore costante, debole e misterioso che persisteva nel ricevitore. Questo segnale era diffuso su tutto il cielo e presente sia di giorno che di notte. Approfondendo gli studi ci si accorse che tale segnale non proveniva dalla Terra, dal Sole e nemmeno dalla Via Lattea, la nostra galassia. Altri studiosi stavano ipotizzando la presenza di un residuo a microonde come firma del Big Bang, che le evidenze sperimentali sembravano confermare, ovvero proprio la radiazione di fondo.

Quando avvenne la prima conferma sperimentale del Modello a Quark?

Il Modello a Quark sviluppato da Gell-Mann e Zweig nei primi anni '60 trovò una prima conferma sperimentale nel 1964. Il Modello prevedeva l'esistenza di una particella con carica elettrica negativa, chiamata da Gell-Mann Omega-meno (simbolo greco Ω^-); la previsione forniva indicazioni non solo sulla carica elettrica, ma anche sulla massa, sulla stranezza e sul valore dell'isospin forte. I fisici sperimentali cominciarono subito la caccia a questa particella e i risultati arrivarono già all'inizio del 1964, confermati poi da altri esperimenti condotti sempre durante lo stesso anno. Fu un gruppo di fisici del Brookhaven National Laboratory guidati da Nicholas Samios a catturare le prime immagini di questa nuova particella subnucleare; lo studio era stato effettuato all'acceleratore AGS: analizzando le tracce lasciate dalle particelle su lastre fotografiche i fisici riuscirono a riconoscere la presenza di una piccola traccia associabile ad una particella con le stesse caratteristiche fisiche previste dal Modello a Quark. La consistenza tra i valori previsti dal Modello e i valori misurati sperimentalmente permetteva di concludere che la particella osservata era l'Omega-meno di Gell-Mann, fornendo così un forte supporto al Modello a Quark.

Cos'è una stella di neutroni?

È una stella molto compatta, in cui il peso della stella medesima è sopportato dalla pressione di neutroni liberi, uno dei costituenti del nucleo atomico che, a differenza dei protoni elettricamente carichi, possono essere uniti a formare dei nuclei, se così si possono ancora chiamare, fino a diverse volte la massa del nostro Sole. Tuttavia, pur avendo masse simili a quella del nostro Sole o maggiori, sono molto più piccole, avendo raggi dell'ordine della decina di chilometri, o poco più. La massa risulta quindi compressa in volumi piccolissimi di densità estremamente elevata, la più elevata conosciuta. Per dare un'idea delle misure di cui stiamo parlando, è stato fatto l'esempio di una portaerei che, per arrivare a quelle densità, dovrebbe venir compressa fino alle dimensioni di un granello di sabbia. È un po' come se tali stelle fossero dei nuclei atomici giganteschi, tenuti insieme dalla forza gravitazionale, che risulta elevatissima. Il campo gravitazionale di una stella di neutroni infatti è circa cento miliardi di volte più intenso di quello della nostra Terra. Si ritiene che siano uno dei possibili stadi finali dell'evoluzione stellare, ad esempio un residuo collassato delle esplosioni di supernova. Una stella di neutroni tipica ha un diametro di una ventina di chilometri, una massa minima di 1,4 volte quella del Sole e una massima di 3 volte quella del Sole. Se la massa fosse inferiore ad 1,4 sarebbe rimasta una nana bianca, se fosse superiore a 3 volte collasserebbe in un buco nero. La rotazione di tali stelle è spesso molto rapida, con periodi mediamente da 1 a 30 secondi, ma si conoscono casi di stelle di neutroni che ruotano in pochi millesimi di secondo.

Quali furono le successive scoperte a supporto dell'esistenza dei quark?

Nonostante la scoperta della particella Omega-meno prevista teoricamente, il Modello a Quark stentava ad affermarsi fra i fisici; il problema principale era legato all'incapacità di osservare direttamente, da un punto di vista sperimentale, queste piccole particelle elementari. In tal senso, il modello a quark appariva come un modello puramente matematico senza riscontro fisico. Tuttavia, verso la fine degli anni '60 un gruppo di fisici impegnati allo Stanford Linear Accelerator Center in California ottenne nuovi risultati sperimentali dallo studio degli urti ad alta energia tra elettroni e protoni. Questi risultati sperimentali evidenziavano il fatto che il protone fosse contraddistinto da una sua struttura interna; nel 1968 ad una Conferenza internazionale tenutasi a Vienna, alcuni fisici, ancora in minoranza, sostenevano che questi risultati sperimentali evidenziavano la presenza all'interno del protone di costituenti elementari dotati di carica elettrica. Tra il 1969 ed il 1971 furono proposti diversi modelli basati sull'esistenza dei quark e degli antiquark, anche piuttosto complessi. Tuttavia solo nel 1974, dopo una serie di esperimenti volti a testare questi modelli, i quark ottennero un riscontro sperimentale pienamente riconosciuto da tutta la comunità internazionale dei fisici. In altre parole, sono stati necessari dieci anni di lavoro teorico e sperimentale per giungere ad una piena consacrazione scientifica del Modello a Quark.

Perché la notte è buia?

Sembra che Keplero fosse stata la prima persona a porsi questa domanda. Egli riteneva l'universo finito e limitato dalla sfera delle stelle fisse, che poneva ad una distanza di 60 milioni di semidiametri dalla Terra. Considerava improbabile una idea allora nuova, sostenuta da Giordano Bruno, ovvero che le stelle fossero altrettanti soli, ma si ricredette dopo la lettura degli scritti di Galilei e le successive osservazioni con il telescopio. Tuttavia, riteneva ancora difficile sostenere il concetto di un universo infinito, in quanto altrimenti la volta celeste di notte dovrebbe essere luminosa quanto il Sole. In altre parole, se ci immaginassimo circondati da una distribuzione infinita di stelle, vedremmo almeno una stella in qualunque direzione decidessimo di guardare. Se ne conclude che dovremmo ricevere una quantità infinita di luce e questa cosa è nota come paradosso di Olbers. Poiché questo non è, Keplero concluse che l'universo doveva essere finito nello spazio. In seguito venne obiettato che l'universo potesse essere infinito, ma le stelle troppo deboli per essere viste: anche questo non reggeva, perché un numero infinito di stelle deboli avrebbero potuto dare un contributo enorme alla luce ricevuta. Altri ipotizzarono gas interstellari che potevano assorbire la radiazione delle stelle lontane. Errato anche questo, in quanto il gas si sarebbe scaldato, fino a raggiungere la temperatura di una stella, irraggiando luce a sua volta, dando ancora luogo ad una notte troppo luminosa. In realtà aveva ragione Keplero e le premesse dei sostenitori del paradosso erano errate: l'universo non sembra essere infinito, in quanto ha un'età stimata in poco meno di 14 miliardi di anni. Si può pertanto ipotizzare di tracciare una sorta di sfera di raggio di 14 miliardi di anni luce, al di fuori della quale non esistono, perché non sono ancora nate, stelle o galassie. Di conseguenza le stelle non sono infinite, ma finite e la distribuzione di galassie è sufficientemente rada che la maggior parte delle possibili linee di vista non ne incontra nessuna. Il paradosso è risolto, ed il cielo può restare buio di notte, in quanto sostanzialmente vuoto!

Furono scoperti altri quark dopo lo sviluppo del modello di Gell-Mann?

Il Modello di Gell-Mann e Zweig, proposto nel 1964 ed accettato dalla comunità internazionale dei fisici solo nei primi anni '70, prendeva in considerazione solo tre quark; in realtà, durante gli anni '70 il modello subì un'espansione. Gli sviluppi tecnologici nella fisica delle particelle permettevano agli acceleratori di raggiungere energie sempre più elevate; grazie a questo impulso durante gli anni '70 furono scoperti altri due nuovi quark. Nel 1974 Samuel Ting e Burton Richter scoprirono separatamente la presenza di una nuova particella denominata j-psi (simbolo J/Ψ); i fisici dell'epoca, basandosi sul modello a quark, pensavano che questa nuova particella fosse costituita da

una coppia quark-antiquark; tuttavia, in base alla sua massa era necessario introdurre un nuovo quark, espandendo così il Modello originario di Gell-Mann e Zweig. In tal senso la scoperta della J/Ψ costituì la prima evidenza sperimentale dell'esistenza di un quarto quark, il quark c. Poco dopo, nel 1977, al Fermilab di Chicago fu scoperta un'altra particella, la particella Y; anche in questo caso, tale scoperta costituì la prima evidenza sperimentale dell'esistenza di un quinto quark, il quark b.

Cosa sono le lenti gravitazionali?

Il concetto risale al 1915, quando Albert Einstein dimostrò come la curvatura dello spazio-tempo causata da una massa, quale quella di una stella, provocasse una deflessione dei raggi luminosi. Un ipotetico osservatore, non percependo la curvatura generata da una massa intermedia rispetto alla sorgente luminosa, la percepirebbe come proveniente da una linea retta e quindi da una posizione diversa rispetto a quella reale. In pratica, nel caso in cui la massa che provoca la deflessione, ovvero la lente, fosse puntiforme, trasformerebbe la luce proveniente da una stella distante che passasse in prossimità della lente stessa in una forma simile a quella di un anello, simmetrico, oggi noto come anello di Einstein. Einstein riteneva l'evento poco probabile per l'allineamento delle stelle, troppo poco numerose, ma nel 1937 si cominciò a considerare che, invece delle stelle, a comportarsi da lente gravitazionale avrebbero potuto essere le galassie, molto più numerose. Oggi si conoscono vari sistemi con immagini multiple, uno tra i più spettacolari è noto come "la croce di Einstein", in cui si osservano ben quattro immagini di uno stesso quasar, disposto in modo abbastanza simmetrico, appunto a forma di croce. Le lenti gravitazionali si sono dimostrate un valido ausilio nello studio della "materia oscura" che sembra circondare le galassie, in quanto permettono di stimare la massa della lente deflettente. Se questa risulta molto maggiore del valore desumibile dalla luminosità, significa che oltre alle stelle è presente una componente di materia non luminosa.

Quando fu scoperto l'ultimo quark?

Dopo la scoperta del quark b, avvenuta nel 1977, i fisici andarono alla ricerca del sesto quark, quell'ultimo costituente elementare necessario a completare il quadro teorico del modello. Ci vollero quasi venti anni per osservare sperimentalmente questa particella, scoperta solo nel 1995 presso il Fermilab di Chicago. Il sesto quark, denominato quark top, è caratterizzato da una massa molto grande; questo significa che per poterlo osservare negli urti tra particelle agli acceleratori è necessario disporre di una grande quantità di energia in grado di trasformarsi nella massa del quark top. Durante gli anni '80 al Fermilab fu costruito un nuovo acceleratore denominato Tevatron in grado di raggiungere energie di circa 2 TeV (teraelettronvolt = 1.012 elettronvolt); a queste energie fu possibile osservare negli urti tra protoni ed antiprotoni la firma caratteristica di un quark top. Già nel 1993 le due collaborazioni internazionali che lavoravano al Tevatron avevano avuto i primi segnali incoraggianti dell'esistenza di un quark top; tuttavia, per poter confermare la sua scoperta era necessario accumulare molti dati e questo lavoro si sviluppò per due anni fino all'annuncio della scoperta: era il 2 marzo 1995.

Cos'è il "gruppo locale"?

Si tratta del gruppo di galassie cui appartiene la Via Lattea, la galassia in cui ci troviamo. Gli altri oggetti più noti sono la galassia in Andromeda M31, quella nel Triangolo M33 e le Nubi di Magellano LMC, dall'inglese Large Magellanic Cloud e SMC, dall'inglese Small Magellanic Cloud, queste ultime visibili anche ad occhio nudo in prossimità del Polo Australe. I componenti stimati in totale sono circa una trentina. Entro il volume occupato dal Gruppo Locale, una sfera con raggio approssimativamente di 3 milioni di anni luce, si raccoglie una massa luminosa pari a quella di 700 miliardi di stelle come il nostro Sole. Anche se ancora non si sa a quanto ammonti la materia oscura, che attualmente si presume esista in grandi aloni massicci attorno alle convenzionali immagini delle galassie, la densità media ha un valore estremamente basso rispetto alle nostre abitudini, ov-

vero qualche centesimo di grammo in un volume pari a quello dell'intera nostra Terra! Inoltre, i due terzi di tutta questa materia luminosa sono concentrati nelle due galassie maggiori, ovvero la nostra Via Lattea ed M31 e praticamente tutto il rimanente si trova nei piccoli satelliti che le affiancano, circa una dozzina per la Via Lattea e quasi altrettanto per la galassia in Andromeda. Il gruppo locale comunque non è altro che una delle dozzine di relativamente piccole associazioni di galassie che circondano la grande concentrazione di oggetti distanti approssimativamente una cinquantina di milioni di anni luce nella direzione della costellazione della Vergine. L'intero complesso viene chiamato Superammasso Locale. Anche se in posizione periferica, il gruppo locale risente dell'intensa attrazione gravitazionale dell'ammasso della Vergine e partecipa ad una sorta di moto collettivo di caduta in tale direzione, a una velocità che per noi è dell'ordine di 250 chilometri al secondo.

In cosa consiste il Modello a Quark?

Il Modello a Quark che oggi conosciamo è il frutto di un lungo sviluppo storico raccontato solo in parte in questa serie di Pillole di Scienza. Gell-Mann e Zweig proposero un primo modello nella prima metà degli anni '60 nel tentativo di mettere ordine nello zoo di particelle che in quegli anni venivano scoperte sperimentalmente. Il Modello subì vari ampliamenti fino alla sua sistemazione definitiva; abbiamo così sei quark dai nomi esotici: up e down, charm e strange, top e bottom. Ad ogni quark viene associato il suo corrispondente antiquark, particella con ugual massa, ma carica elettrica di segno opposto. I protoni, i neutroni e tutte le particelle dello zoo, denominate complessivamente adroni, sono costituite da quark e antiquark. In particolare i barioni, cioè le particelle più pesanti come il protone, sono costituite da tre quark, mentre gli adroni più leggeri, detti mesoni, sono formati da un quark ed un antiquark. Il modello quindi gioca un ruolo fondamentale all'interno della fisica delle particelle identificando parte dei costituenti elementari con i quali viene costruita la materia ordinaria che ci circonda.

Cosa sono gli ammassi globulari?

Gli ammassi globulari sono degli aggregati compatti di milioni di stelle, distribuite con una simmetria tipicamente sferica. Analoghi aggregati, contenenti da diecimila ad un milione di componenti, sono stati identificati nelle galassie di tutti i tipi morfologici, dalle ellittiche alle irregolari, e ciò dimostrerebbe l'universalità dei meccanismi che danno origine a tali sistemi stellari. Ad oggi sono stati catalogati circa 150 ammassi globulari e si ritiene che un'altra cinquantina si nasconda dietro le polveri della Via Lattea. Le caratteristiche morfologiche e fisiche sembrano tuttavia variare, con regolarità crescente, al crescere della distanza dal centro della Galassia e dell'altezza sul piano della Via Lattea: gli ammassi del disco sono compatti e leggermente schiacciati, relativamente ricchi di elementi più pesanti dell'elio e di età non troppo avanzata, tuttavia stimabile in miliardi di anni. Quelli che si trovano invece nell'alone, a grande distanza dal centro galattico in zone quindi molto più deserte, hanno spesso un aspetto diffuso e poco ordinato, le relative stelle sono poverissime di metalli – ricordo che gli astronomi chiamano indiscriminatamente “metalli” tutti gli elementi più pesanti dell'elio – e si ritiene siano tanto anziani da essere considerabili come alcune tra le strutture materiali più antiche dell'universo. Molto recentemente, un astronomo canadese ed uno australiano, catalogando con accuratezza gli ammassi più vecchi sulla base dell'età e delle proprietà chimiche, hanno suggerito che alcuni globulari – addirittura un quarto di quelli periferici – potrebbero essere dei veri e propri “alieni”, in quanto potrebbero arrivare da altre galassie, alcuni addirittura potrebbero essere residui di mini-galassie, che la nostra avrebbe inglobato, come M54 nel Sagittario e M79 nella Lepre.

MAGGIO 2010

“La scienza è fatta di dati, come una casa di pietre. Ma un ammasso di dati non è scienza più di quanto un mucchio di pietre sia una casa.”

H. POINCARÉ

Cosa si intende per Formazione del Contrin?

Si tratta di una formazione data da dolomie e calcari dolomitici ad alge e strutture di disseccamento, grigio-chiari o giallastri, in strati da 10-50 centimetri, che passano a dolomie massicce, talora porose, in banchi metrici. Litofacies particolari sono date da dolomie permeate da argilliti rosse e da orizzonti di megabreccie carbonatiche, ma possono essere presenti anche intercalazioni pelitiche, liste e noduli di selce bianca e calcari fini amalgamati. Al di sotto della Formazione del Contrin si possono osservare diverse formazioni, così come al tetto della stessa; i limiti sono spesso netti, sia rispetto alle formazioni sottostanti che superiormente e si osservano di frequente casi di eteropia. Lo spessore complessivo dell'unità è variabile tra 50 e 200 metri, ma raggiunge eccezionalmente i 500 metri; rappresenta una piattaforma carbonatica essenzialmente subtidale. Buoni punti di osservazione si hanno lungo la valle del Cordevole. I fossili sono dati da bioclasti di Echinodermi, Bivalvi, Gasteropodi, Spugne e l'età è Anisico Superiore (Illirico) – Ladinico Inferiore.

Cos'è un processore?

Un processore, o meglio un microprocessore, è il cuore di ogni computer e di molti altri dispositivi elettronici. Il microprocessore è contenuto in un unico circuito elettronico miniaturizzato, detto anche circuito integrato o microchip. Il primo microprocessore della storia fu realizzato nel 1971 e uno dei principali progettisti fu il fisico vicentino Federico Faggin. Il microprocessore costituisce, all'interno di un computer, l'unità centrale di elaborazione (in inglese central processing unit o CPU). Il suo ruolo è quindi assolutamente centrale nel funzionamento del calcolatore: in estrema sintesi, il processore legge dalla memoria le istruzioni dei programmi e i dati, esegue le istruzioni e scrive i risultati nella memoria. L'unità centrale è costituita da diverse parti, tra le quali ricordiamo: l'unità di controllo, il vero cuore del computer, che si occupa di leggere ed eseguire le istruzioni del programma; l'unità aritmetico-logica, alla quale è affidato il compito di eseguire le operazioni logiche e aritmetiche; i registri, cioè locazioni di memoria ad alta velocità che contengono informazioni sullo stato del processore; i "bus", cioè connessioni elettriche che permettono i collegamenti tra le diverse componenti del processore e la memoria del computer, di cui parleremo la prossima volta.

Cosa si intende per Formazione del Monte Bivera?

I caratteri litologici di terreno di questa formazione, nella sua facies normale e arealmente più diffusa, sono dati da calcari, calcari marnosi nodulari in strati da 2 a 30 centimetri, alternati a marne e siltiti, tutti di colore rosato o rossastro (ma anche verdastro, giallastro o grigio); sono inoltre presenti livelli con abbondanti clasti arenacei e intercalazioni di arenarie grigie o violette con strati fino a 20 centimetri. Si tratta di una formazione di ambiente bacinale differenziato. A letto si osservano la Formazione di Dont, la Formazione del Serla Superiore o la Formazione di Werfen, sempre con limiti netti. Le formazioni più recenti che la ricoprono possono essere di varia natura, così come i limiti, che variano da graduale a netto. Lo spessore dell'unità, che affiora con buona

continuità in Cadore e nello Zoldano, varia da pochi centimetri a circa 70 metri, ma in genere non supera i 18 metri. Il contenuto fossilifero è rappresentato da Ammoniti, spesso molto abbondanti., ma sono presenti anche Lamellibranchi, Gasteropodi e Crinoidi. L'unità è attribuita all'Anisico Superiore (Illirico).

Perché la memoria di un computer è chiamata RAM?

La sigla RAM significa “random access memory”, in inglese “memoria ad accesso casuale”. La spiegazione di questo strano nome è collegata al modo in cui il processore, il cuore del computer, del quale abbiamo parlato la volta scorsa, consulta le informazioni contenute in questo tipo di memoria. La memoria di un computer è costituita da una serie di “celle”, ciascuna delle quali contiene un dato: un po' come uno schedario cartaceo è formato da diverse schede sulle quali sono scritte varie informazioni. Ogni cella di memoria è contraddistinta da un indirizzo di memoria. Quando il processore deve leggere o modificare il contenuto di una cella di memoria, esso effettua una richiesta alla memoria specificando l'indirizzo della cella interessata. Esistono tipi di memorie che non sono ad accesso casuale, nelle quali l'accesso ad una certa cella può essere più o meno veloce a seconda dell'indirizzo della cella stessa. La caratteristica delle memorie RAM, cioè ad accesso casuale, è che il tempo di accesso è sempre lo stesso, cioè non dipende dall'indirizzo della cella.

Cosa si intende per Formazione dell'Ambata?

Questa unità, che affiora tipicamente nell'omonima valle nei pressi di Auronzo di Cadore, è data da calcari marnosi dolomitici, grigio-scuri, giallastri, ben stratificati in strati di spessore variabile da pochi centimetri a oltre 60, talvolta con sottili interstrati marnosi spessi fino a 3 centimetri. Caratteristica è la presenza di bioturbazioni; frequenti sono anche sottili lamine piritiche e selce diffusa. Nella parte alta della formazione sono frequenti arenarie, in strati spessi fino a 25 centimetri e livelli conglomeratici. Possono inoltre essere presenti siltiti e argilliti. Lo spessore complessivo dell'unità varia da meno di 10 fino a 150 metri; al di sotto si possono osservare la Formazione del Monte Bivera, la Formazione del Serla superiore o la Breccia di Ugovizza, sempre con limiti netti, mentre a tetto si passa alla Dolomia dello Sciliar, con limite netto o alla Formazione di Livinallongo con limite più graduale. L'unità contiene una ricca fauna ad Ammoniti e Lamellibranchi, in particolare *Daonella*, riferibili all'Anisico superiore (Illirico).

Cos'è un sistema operativo?

A tutti è più o meno chiara la distinzione tra hardware e software, cioè tra la parte fisica di un computer, costituita dai circuiti elettronici e dalle altre parti meccaniche, ottiche e magnetiche che gli consentono di funzionare, e i programmi, che vengono eseguiti al suo interno per risolvere problemi di vario tipo. Ad esempio, quando utilizziamo un programma per navigare in internet o per elaborare testi, è facile pensare ad un gioco a due tra la circuiteria del computer (l'hardware, appunto) e l'applicazione che utilizziamo (il software). In realtà, a metà strada tra queste due componenti ne esiste un'altra, il sistema operativo, che lavora a stretto contatto con l'hardware del computer e funge da base per tutti i programmi applicativi. Il sistema operativo è in realtà un programma, cioè una componente software, ma a differenza degli altri programmi assume il ruolo basilare di controllare e gestire le componenti hardware da un lato e fornire le risorse necessarie per il funzionamento dei programmi dall'altro lato. Un sistema operativo comprende una parte interna che si occupa di regolamentare l'utilizzo delle risorse hardware da parte dei diversi programmi, e una interfaccia, di solito a finestre, che facilita l'interazione con gli utenti umani.

Cosa si intende per Formazione di Agordo?

Si tratta di un'unità in cui si riconoscono tre membri tra loro eteropici: le calcareniti di Listolade sono calcareniti da medie a grossolane, grigie o grigie scure, alternate ad arenarie e conglome-

rati fini; i Calcari scuri del Torrente Framont sono calcari nerastri con subordinate marne grigie o nerastre; i Calcari scuri del Coll'Alto sono calcari nerastri e grigi a cui si intercalano arenarie grigie a grana da fine a grossolana, in strati spessi fino a un metro. La stratificazione è in genere ondulata e spesso mal distinta. Lo spessore complessivo dell'unità nell'area-tipo, ossia in Agordino, varia da 5 a 150 metri. I limiti di letto, che la separano da diverse formazioni, sono sempre netti, mentre superiormente il passaggio è più graduale ed è riferito ad alcune formazioni differenti. La formazione, che materializza un ambiente peritidale ad elevata energia, contiene i resti di numerosi gruppi di organismi, tra cui Poriferi, Celenterati, Briozoi, Brachiopodi; la sua origine va fatta risalire all'Anisico (Bitinico-Pelsonico).

Cos'è internet?

Internet è una enorme rete su scala mondiale che tiene insieme una moltitudine di reti più piccole, a loro volta costituite da computer collegati tra loro. I computer e le reti che fanno parte di internet sono estremamente eterogenei per caratteristiche: ciò che li accomuna e li tiene insieme sono i protocolli di comunicazione, cioè il modo in cui queste componenti comunicano tra loro. La storia di internet ebbe inizio alla fine degli anni sessanta, quando il ministero della Difesa americano finanziò la prima rete di computer, denominata ARPANET, per scopi di sicurezza e controspionaggio. Negli anni successivi la rete si estese al di fuori degli Stati Uniti e la standardizzazione dei protocolli di comunicazione completò la trasformazione di ARPANET in Internet. I servizi più noti messi a disposizione da internet sono la posta elettronica, nata nel 1972, e il world wide web, nato nel 1991 grazie a ricerche condotte presso il CERN di Ginevra. Il gigantesco successo di questi due servizi ha determinato l'inarrestabile crescita del fenomeno internet a livello mondiale.

Cosa si intende per Formazione di Dont?

È un'unità stratigrafica suddivisa in due membri; in quello inferiore si osservano calcari arenacei e siltosi di colore bruno o verdastro, con marne siltose; il membro superiore presenta calcari marnosi bruni in strati da 5 a 15 centimetri, con intercalazioni marnose e calcaree, da lenticolari a nodulari, di color bruno o rosato, con livelli vulcanoclastici alla sommità. La formazione presenta tuttavia una certa variabilità laterale e, localmente, si osservano caratteri litologici differenti. La sezione tipo di questa unità affiora nello Zoldano, dove sono osservabili anche altri affioramenti; in quest'area raggiunge anche il massimo spessore che è di circa 160 metri. Al di sotto si osserva una tra cinque possibili formazioni differenti, ma il passaggio è quasi sempre graduale. A tetto la situazione è analoga e, di nuovo, si può passare a una tra cinque formazioni diverse, per lo più con limiti graduali o transizionali. Inoltre, vi sono altrettante formazioni eteropiche. I fossili più abbondanti sono le Ammoniti, che permettono di riferire l'unità all'Anisico medio-superiore (Pelsonico-Illirico).

Cosa si intende per calcolo parallelo?

Normalmente i programmi che utilizziamo sui nostri computer sono costituiti da una sequenza di istruzioni che devono essere eseguite su un processore una dopo l'altra. Nulla vieta però di progettare un programma in modo che alcune istruzioni siano eseguite contemporaneamente ad altre istruzioni, oppure che le stesse istruzioni siano eseguite nello stesso momento su diversi insiemi di dati. In entrambi i casi, però, per mettere davvero in pratica il parallelismo, è necessario disporre di più di un processore, oppure di un processore dotato di più unità di elaborazione. Utilizzando un calcolatore di questo tipo, si può eseguire un algoritmo parallelo, costituito cioè da più "filì" di istruzioni, che in alcuni momenti del calcolo potranno intrecciarsi, ad esempio per scambiarsi reciprocamente alcuni dati. Rendere parallelo un calcolo, cioè distribuirlo su diverse unità di elaborazione, ha ovviamente l'effetto benefico di rendere il calcolo più veloce e questo è particolarmente importante per problemi molto complessi. Non tutti i problemi, però, si prestano ad essere affron-

tati con algoritmi paralleli, perché talvolta è difficile, o addirittura impossibile, riuscire a ricavare più fili paralleli da un algoritmo originariamente pensato come sequenziale.

Cosa si intende per Formazione di Fonzaso?

Si tratta di micriti fortemente selcifere in strati decimetrici, separati da interstrati argillosi di origine vulcanica. Sono presenti intercalazioni calcarenitiche e calciruditiche in strati metrici. Localmente sono presenti marne e calcari selciferi in strati di 5-10 centimetri. Nelle Alpi Feltrine sono distinti tre membri: “membro listato”, “membro intermedio”, “membro degli scisti ad aptici”. Lo spessore di questa unità varia da un minimo di 10-15 metri a massimi di 200 metri nel versante Sud del Vallone Bellunese; nella sezione tipo, presso il Ponte della Serra, lo spessore è di 60 metri. La Formazione di Fonzaso poggia sul Calcare del Vajont o sul “Rosso Ammonitico Inferiore”, con limite rispettivamente transizionale e netto; al di sopra, il passaggio al “Rosso Ammonitico Superiore” o al “Calcare di Soccher” è poco netto. Il contenuto faunistico è rappresentato soprattutto da Aptici, Belemniti, Rincoliti e Crinoidi. L'unità è attribuita al Calloviano-Oxfordiano, ossia al Giurassico medio-superiore.

Cos'è la macchina di Turing?

La macchina di Turing è un modello matematico, escogitato dal matematico inglese Alan Turing nel 1936 per descrivere un calcolatore. L'intento di Turing era quello di misurare, in modo semplice e rigoroso, le prerogative e i limiti della potenza di calcolo di un computer generico. La macchina è costituita da un nastro infinitamente lungo, suddiviso in caselle, sulle quali possono essere registrati dei simboli, scelti da un alfabeto predefinito. I simboli sul nastro possono essere letti e scritti da una “testina”, che può anche spostarsi lungo le due direzioni del nastro stesso. In ogni istante, la macchina si trova in uno stato: ad esempio, un numero variabile tra 1 e 100. Ogni macchina di Turing è contraddistinta da una regola che, a seconda dello stato attuale e del simbolo letto dalla testina, può provocare la scrittura di un nuovo simbolo sul nastro, lo spostamento della testina a destra o a sinistra e il cambiamento dello stato della macchina. Quando la macchina viene avviata, i simboli presenti rappresentano i dati in ingresso; i risultati saranno rappresentati dai simboli presenti al termine della computazione. È stato dimostrato che questo modello astratto di calcolatore è equivalente a molti altri modelli simili e si ipotizza che, per ogni problema che possiamo intuitivamente definire “calcolabile”, possa essere definita una macchina di Turing capace di risolvere quel problema.

Cosa si intende per Formazione di Igne?

È un'unità caratterizzata da eterogeneità litologica, che ha come denominatore comune la presenza più o meno abbondante di marna, nonché da grande variabilità laterale. Nella sezione-tipo, la successione comprende: marne e calcari marnosi grigi in alternanza, black shales, intercalati a micriti manganesifere rossastre; cicli decimetrici calcari-marne culminanti in calcari nodulari verdi e rossi in facies di Ammonitico Rosso; al tetto vi è un ingente spessore di micriti selcifere grigie. Lo spessore dell'unità è variabile da 30 a 200 metri, raggiungendo i valori massimi nell'area-tipo, nei dintorni di Longarone. Il limite con la sottostante Formazione di Soverzene è netto, così come il passaggio alla sovrastante unità, il Calcare del Vajont. Il contenuto in fossili è abbondante ed è rappresentato in particolare da una ricca fauna ad Ammoniti, ma anche da Belemniti, Nautiloidi e Crinoidi. La Formazione, su base biostratigrafica, è attribuita al Toarciano, ossia al Giurassico Inferiore.

Cos'è il teorema di incompletezza di Gödel?

Nel 1931 il matematico austriaco Kurt Gödel scoprì che all'interno dell'aritmetica esistono delle affermazioni che non possono essere dimostrate. Più precisamente, all'interno di qualsiasi si-

stema formale coerente analogo all'aritmetica, costruito sulla base di assiomi e di teoremi dedotti a partire dagli assiomi, possono essere costruiti degli "enunciati", cioè delle affermazioni, per i quali non è possibile dimostrare né che sono veri, né che sono falsi. Questa scoperta è il famoso teorema di incompletezza di Gödel. Il teorema destò molto scalpore nella comunità scientifica dell'epoca, perché mostrava che, paradossalmente, la dimostrabilità è un concetto più debole della verità. Il teorema di Gödel ebbe conseguenze fondamentali anche nell'informatica teorica, perché rivelava l'esistenza di problemi "indecidibili" da parte di un calcolatore; in altri termini, è possibile scrivere un programma per computer in grado di generare tutti i possibili enunciati veri dell'aritmetica, ma questo programma, posto di fronte a un enunciato qualsiasi, non sarebbe in grado di dimostrare se esso è vero o falso. Si potrebbe dire, un po' impropriamente, che l'aritmetica è calcolabile ma non decidibile.

Cosa si intende per Formazione di Soverzene?

Si tratta di una monotona successione di dolomie grigie e brune, in strati di 20-40 centimetri di spessore, associati a letti e noduli di selce nera e gialla. Nella parte basale, localmente si hanno parti non dolomitizzate, con calcilutiti brune e marne giallastre. Alla sommità è presente un caratteristico livello condensato, con hard grounds, spesso 5 metri, costituito da calcari chiari senza selce. Infine, in tutto lo spessore della formazione sono distribuiti corpi discordanti di breccia intraformazionale. Lo spessore dell'unità varia tra 200 e 800 metri, ma si azzerà in corrispondenza della valle del T. Gresal. La sezione-tipo è posta nei pressi di Soverzene, lungo la valle del Piave. Al letto si possono osservare, a seconda della località di affioramento, quattro distinte formazioni, mentre superiormente si passa alla Formazione di Igne, con limite netto. Il contenuto faunistico è rappresentato da una ricca fauna ad *Aulacoceras* e Ammoniti nel livello sommitale, che permettono di ascrivere l'unità al Lias inferiore – Domeriano.

Cos'è la complessità di un problema?

La volta scorsa abbiamo visto che, come spiegato da Gödel, non tutti i problemi possono essere risolti da un computer. In realtà, la situazione è ancora peggiore, perché non tutti i problemi risolvibili in teoria lo sono poi in pratica: alcuni problemi, infatti, sono talmente difficili che per risolverli occorrerebbe un tempo lunghissimo, anche potendo disporre di un computer dall'enorme potenza. Più precisamente, i ricercatori definiscono alcuni raggruppamenti di problemi in relazione alla loro complessità, cioè al tempo necessario per risolverli utilizzando i migliori algoritmi conosciuti. I problemi più difficili sono stati classificati in raggruppamenti che hanno nomi come NP, NP-difficili, NP-completi. I problemi meno complessi sono invece quelli che appartengono alla classe chiamata P. Un famoso problema dell'informatica teorica, tuttora irrisolto, è quello della relazione tra la classe P e la classe NP: recentemente una università americana ha messo in palio un premio di un milione di dollari per chi riuscirà a dimostrare che $P = NP$, oppure che $P \neq NP$!

Cosa si intende per Marne di Bolago?

In questa unità si osserva un livello basale rappresentato da arenarie glauconitiche e siltiti, marne siltose e marne grigie con intercalazioni di siltiti finemente arenacee con accumuli fossiliferi; la frazione arenacea mostra un certo aumento verso l'alto. La stratificazione è poco distinta, mentre sono diffuse le bioturbazioni, riempite da frammenti di fossili o concentrazioni glauconitiche. L'unità, il cui spessore supera i 150 metri, è compresa tra la sottostante Arenaria di Libano, con la quale il limite è netto, e la sovrastante Arenaria di San Gregorio, con la quale il limite è transizionale. La località-tipo è Bolago, ma buoni affioramenti si possono osservare in varie zone della Valbelluna. I macrofossili sono rappresentati da Bivalvi, Turritelle, radioli di Echinidi, Coralli individuali e resti vegetali. La formazione, che materializza condizioni di piattaforma esterna con influenze deltizie, è attribuibile al Burdigaliano, ossia al Miocene inferiore.

Cos'è un metodo euristico?

Molti problemi complessi, come abbiamo visto la volta scorsa, non possono essere risolti esattamente, determinando cioè una soluzione che risolve perfettamente il problema, perché la ricerca di una tale soluzione richiederebbe tempi umanamente improponibili o, in alcuni casi, è addirittura impossibile. I metodi euristici permettono invece di trovare soluzioni approssimate, che il più delle volte si rivelano sufficientemente vicine a quella ottimale, risparmiando molto in termini di tempo di calcolo. La ricerca attuale ha escogitato molti tipi di metodi euristici, il cui scopo è sempre quello di trovare un compromesso soddisfacente tra l'esigenza di avvicinarsi il più possibile alla soluzione esatta del problema e quella di non far trascorrere tempi "geologici" per l'individuazione di una soluzione. Molti di questi metodi euristici sono stati ingegnosamente concepiti prendendo spunto da fenomeni naturali, come l'evoluzione biologica, il comportamento dei metalli al variare della temperatura, le strategie adottate da alcuni animali per trovare il cibo e così via.

Cosa si intende per Siltite di Bastia?

Si tratta di successioni ripetute di siltiti marnose grigio-azzurre sfumanti superiormente ad arenarie finissime; i livelli siltosi e finemente arenacei hanno spessore da centimetrico a decimetrico. Sono inoltre presenti sottili livelli arenacei glauconitici alla base, denotanti non deposizione o sedimentazione molto lenta; il contenuto in glauconite decresce verso l'alto fino a ridursi a granuli dispersi. Lo spessore dell'unità varia da 20 a 70 metri nel Bellunese, ma raggiunge i 250 metri in Alpi. Poggia sull'Arenaria Glauconitica di Belluno con limite graduale o sulla Calcarenite dell'Alpi con limite netto. Superiormente passa all'Arenaria di Orzes con limite erosivo o alla Calcarenite di Castelcucco con limite transizionale. I fossili presenti sono dati da Pettinidi, Echinidi, Ostreidi e resti vegetali. Questa unità, che rappresenta depositi di piattaforma con possibili influenze deltizie, si è deposta nel Chattiano-Aquitano, ossia nell'Oligocene-Miocene.

Cosa sono le tecniche evolutive nell'intelligenza artificiale?

Le tecniche evolutive sono un tipo particolare di metodo euristico e vengono utilizzate con successo per trovare soluzioni soddisfacenti a problemi molto difficili. L'esempio più noto di tecnica evolutiva è costituito dagli algoritmi genetici, inventati negli anni Settanta da John Holland. L'idea alla base delle tecniche evolutive è quella di prendere spunto dai meccanismi dell'evoluzione biologica e della genetica per affrontare problemi complessi. Ogni possibile soluzione del problema viene trattata come se fosse un individuo all'interno di una popolazione; il metodo fa evolvere gli individui sottoponendoli a operazioni che simulano i fenomeni biologici della mutazione genetica e dell'incrocio tra cromosomi omologhi e governando il processo evolutivo con un meccanismo che imita la selezione naturale scoperta da Darwin. Con il susseguirsi delle generazioni, si osserva generalmente un progressivo miglioramento della qualità delle soluzioni, fatto questo che indirettamente conferma la validità della teoria dell'evoluzione.

Cosa si intende per Siltite di Casoni?

È una formazione costituita da siltiti grigie via via più marnose verso l'alto, con qualche intercalazione finemente arenacea nella parte inferiore; mostra tendenza negativa nella parte superiore, con intercalazioni arenacee fini verso la sommità. I livelli arenacei presentano bioturbazioni. Le facies riconosciute denotano una tendenza trasgressivo-regressiva, da piattaforma esterna a facies di prodelta. L'unità ha uno spessore massimo di 70 metri e la sezione-tipo è situata nei pressi dell'omonima località lungo il T. Gresal, ma affiora bene anche lungo il T. Ardo. Il contenuto in macrofossili è piuttosto scarso ed è dato da rari Pettinidi, Coralli individuali, resti vegetali, mentre è alquanto diversificata la fauna a Foraminiferi planctonici. In base alla sua posizione stratigrafica, la siltite di Casoni è stata assegnata all'intervallo Aquitano-Burdigaliano, ossia Miocene inferiore.

Cosa sono gli automi cellulari?

Un automa cellulare è un modello matematico costituito da un certo numero di unità, dette appunto cellule, che interagiscono tra di loro e cambiano continuamente il loro stato seguendo regole predeterminate. L'automata cellulare più famoso è il cosiddetto "Gioco della Vita", inventato dal matematico inglese John Conway. Si tratta di una scacchiera sulla quale ogni casella, che rappresenta una cellula, può essere viva o morta e si evolve tenendo conto dello stato delle cellule vicine: se una cellula morta ha esattamente 3 cellule adiacenti vive, allora rinasce; se viceversa una cellula viva ha meno di 2 o più di 3 cellule adiacenti vive, allora muore, rispettivamente per isolamento o per soffocamento. Gli automi cellulari sono utilizzati per simulare fenomeni naturali, ad esempio l'evoluzione di una popolazione, di un ecosistema, di una rete sociale o di un sistema fisico. Qualcuno ha provato addirittura a usare automi cellulari per comporre musica. Spesso i possibili stati delle cellule sono rappresentati graficamente come colori diversi, rendendo l'evoluzione di un automa cellulare visivamente molto spettacolare e suggestiva.

Cosa si intende per Siltite di Curzoi?

Si tratta di un'unità stratigrafica data dall'accumulo di siltiti e marne argillose abbondantemente micacee, con intercalazioni di siltiti marnose compatte e calcisiltiti giallastre. La stratificazione è messa in evidenza dalle intercalazioni più cementate di siltiti marnose e calcisiltiti, spesse da 20 a 30 centimetri. Lo spessore di questa formazione è di circa 20 metri nella sezione-tipo, alla cava abbandonata di Curzoi; purtroppo non è qui più osservabile a causa della copertura antropica. Il limite con la sottostante formazione del Flysch di Belluno non è più visibile, ma dovrebbe essere netto e con lacuna stratigrafica. Anche superiormente il passaggio all'Arenaria Glauconitica di Belluno è marcato da una lacuna e da discordanza angolare. Tra i fossili, in genere scarsi, si riscontrano Bivalvi, resti di Pesci, frustoli carboniosi, mentre più abbondanti sono i microfossili. Sulla base di questi l'unità, che rappresenta un ambiente da transizionale a continentale, è attribuita all'intervallo Tortonianiano superiore – Messiniano, ossia all'Oligocene.

È vero che anche in informatica esistono gli alberi?

Ebbene sì: solo che, mentre gli alberi veri hanno le radici in basso e crescono verso l'alto, gli alberi dell'informatica vengono disegnati di solito con la radice in alto e le foglie in basso. Ma, a parte questo dettaglio legato alla rappresentazione grafica, gli alberi usati dagli informatici sono un modo astratto per descrivere strutture di dati organizzate come delle reti. Ogni albero ha un nodo detto radice, dal quale fuoriescono rami che terminano in altri nodi; da questi nodi possono uscire altri rami che portano ad altri nodi e così via, fino ad arrivare a nodi terminali, che sono chiamati foglie. Gli alberi descrivono così delle strutture gerarchiche, spesso molto utili per organizzare insiemi di dati complessi, come quelli che vengono elaborati dai programmi che funzionano sui computer. Se da ogni nodo escono sempre esattamente due rami, non uno di meno né uno di più, l'albero viene detto binario. Un insieme di più strutture organizzate ad albero viene invece chiamata "foresta": e poi non dite che gli informatici non sono persone divertenti!

GIUGNO 2010

“La teoria è quando si sa tutto e niente funziona. La pratica è quando tutto funziona e nessuno sa il perché. Noi abbiamo messo insieme la teoria e la pratica: non c'è niente che funzioni... e nessuno sa il perché!”

A. EINSTEIN

Cosa si intende per “software libero”, esattamente?

Il concetto di software libero è guidato da una particolare tipologia di licenza d'uso, il cui fine principale è quello di permettere a chiunque di utilizzare il software, incoraggiandone lo studio, le modifiche, e la successiva redistribuzione. Questa visione, una vera e propria filosofia, si contrappone concettualmente a quella del software proprietario, il cui intimo funzionamento resta oscuro all'utilizzatore. La parola libero tuttavia non implica la possibilità di utilizzare indiscriminatamente il software, in quanto esso è comunque soggetto ad una licenza d'uso, e questo lo differenzia profondamente anche da altre categorie, quale ad esempio il software definito di “pubblico dominio”. Il software libero si distingue fundamentalmente per il fatto che ha al centro i diritti degli utenti, che devono essere garantiti e mantenuti, e non delle restrizioni a tali diritti. Negli stati uniti, dove tale filosofia è nata, utilizzano il termine copyleft, contrapposto a copyright, che sarebbe poi l'equivalente del diritto d'autore, per evidenziare questa distinzione, che potremo approfondire in un'altra “pillola”. Come prima considerazione, potremmo dire che il software libero incita allo scambio ed alla copia, alla diffusione, allo studio ed alla modifica dei programmi, il tutto in un contesto perfettamente legale e legittimo. La richiesta è quella di trasmettere agli altri utenti i medesimi diritti che si sono ricevuti.

Il Modello a Quark venne accettato subito dai fisici?

Il Modello a Quark fu proposto nella prima metà degli anni '60 per fare ordine nello zoo di particelle scoperte negli anni precedenti. In realtà, il Modello fu accolto con diffidenza dai fisici dell'epoca; il problema principale che si opponeva all'accettazione del Modello era rappresentato dal fatto che questi nuovi enti elementari non erano stati ancora osservati direttamente. Nonostante la scoperta della particella omega-meno prevista teoricamente dal Modello nel 1964, molti fisici ritenevano i quark un utile strumento matematico, ma non una realtà fisica. Gell-Mann, padre dei quark, propose nel 1961 un Modello dove gli adroni, cioè il protone, il neutrone e tutte le particelle scoperte durante gli anni '50, fossero costituiti da enti puramente formali che non avessero realtà fisica. I successivi sviluppi e i successi sperimentali non permisero al Modello di superare l'approvazione della comunità internazionale dei fisici, perplessa dall'impossibilità di “vedere” i quark direttamente. Nel 1972 Gell-Mann si riferisce ai quark parlando ancora di enti fittizi, sottolineando così la diffidenza dei fisici nell'accettare l'esistenza di queste particelle oltre l'aspetto puramente formale e matematico.

Che computer servono per utilizzare il software libero? Sono necessarie apparecchiature particolari?

Per usare software libero non serve alcuna attrezzatura particolare. Qualsiasi computer attualmente è in grado di eseguire software libero. Quando viene acceso un computer, esso non fa altro che eseguire un software predefinito, che ha semplicemente il compito di cercare, in una sequenza di dispositivi quali hard disk, CD o DVD, dispositivi USB, rete o altro, il primo software che deve essere eseguito. Questo primo software, a meno di situazioni particolari, è il sistema operativo, ovvero l'interfaccia “umana” che consente agli operatori di interagire con la macchina e con gli altri software. Il fatto che il computer ci appaia in un determinato modo dopo l'accensione dipende esclusivamente da questo primo software eseguito e, naturalmente, dai successivi programmi caricati, noti come “applicativi”. Esistono interi e completi sistemi operativi liberi, che possono funzionare sulla maggior parte dei computer esistenti, consentendo di sfruttarne al meglio le potenzialità. Qualora si desiderasse “provare” il software libero, senza apportare modifiche alla macchina che si è soliti utilizzare, è possibile utilizzare quelle che vengono chiamate distribuzioni “live”, che non richiedono nessuna installazione e sono operative direttamente dal lettore CD o DVD, in modo che al successivo riavvio il computer riparta esattamente come prima di aver provato il software libero.

Cosa si intende per colore dei quark?

Nonostante il Modello a Quark non ottenne l'immediato consenso dei fisici, la scoperta della particella omega-meno, avvenuta nel 1964, ebbe delle conseguenze teoriche importanti. In accordo con il Modello, la particella omega-meno doveva essere costituita da tre quark s. Tuttavia i quark sono particelle a spin semintero e come tali devono soddisfare il principio di esclusione di Pauli. Questo principio stabilisce che due particelle con spin semintero non possono essere caratterizzate dalla stessa sequenza di numeri quantici, ovvero una prima particella con determinate proprietà fisiche esclude automaticamente una seconda particella identica, cioè con le stesse proprietà fisiche. Due quark s possono distinguersi per il senso di rotazione intrinseca: come una sorta di piccolo pianeta, il primo può girare in senso orario, il secondo in senso antiorario; ma un terzo quark s dovrà essere identico ad uno dei precedenti, violando il principio di esclusione di Pauli. Nel 1964 Greenberg, Han e Nambu introdussero un nuovo numero quantico, una nuova proprietà fisica dei quark: il colore. Ogni quark è caratterizzato da tre colori distinti, il rosso, il blu ed il verde. In tal modo la particella omega-meno è costituita da un quark s di colore rosso, uno di colore verde ed infine uno di colore blu perfettamente distinguibili. Questa colorata ipotesi teorica preserva il principio di esclusione di Pauli, introducendo una nuova proprietà fisica nel mondo ancora oscuro dell'interazione forte.

Spesso si trova software gratuito in internet. Si tratta forse di software libero?

Libero e gratuito sono due concetti totalmente differenti e, conseguentemente, anche il software libero è totalmente distinto dal software gratuito. Spesso purtroppo c'è confusione e questa è data sostanzialmente da due fattori. Il primo consiste nel fatto che la maggior parte del software libero è ANCHE distribuita gratuitamente. Il secondo ha una radice storica, in quanto il software libero è nato negli Stati Uniti d'America, dove una stessa parola, "free", ha sia il significato di libero che quello di gratuito, ma noi italiani siamo più fortunati perché possiamo usare parole che definiscono il concetto con precisione e senza ambiguità. Appurato che molto spesso il software libero è ANCHE gratuito, questo connubio non è indissolubile. In particolare, mi sembra importante evidenziare e sottolineare che NON BASTA che il software sia gratuito per essere software libero. È libero solo quando garantisce alcune specifiche libertà d'uso all'utente, non imponendo restrizioni sulla diffusione, sullo studio e sulla copia. In particolare, una delle tipologie più diffuse di software libero, il software GNU della Free Software Foundation, richiede il rispetto di quattro fondamentali libertà: la libertà di eseguire il programma per qualsiasi scopo; la libertà di studiare il programma e modificarlo; la libertà di copiare il programma in modo da aiutare il prossimo; la libertà di migliorare il programma e di distribuirne pubblicamente i miglioramenti, in modo tale che tutta la comunità ne tragga beneficio.

Qual è il significato dinamico del colore?

Greenberg, Han e Nambu introdussero il concetto di colore nel 1964 come ulteriore proprietà dei quark da affiancare a massa, carica elettrica,.... L'introduzione del colore si basava, secondo l'approccio di Greenberg, su motivi di tipo statistico, ma non chiariva il ruolo dinamico di questa nuova proprietà fisica, cioè il ruolo che il colore doveva avere nell'ambito dell'interazione tra quark. Questa situazione di scarsa chiarezza contribuiva alla diffidenza nei confronti del Modello a Quark; queste particelle continuavano ad essere viste come strumenti matematici fittizi, senza realtà fisica. Solo qualche anno più tardi, grazie anche ad ulteriori risultati sperimentali e a successivi sviluppi teorici, il colore assunse una dimensione fisica concreta: i quark interagiscono fra loro scambiandosi della particelle colorate, i gluoni, che trasportano le informazioni dell'interazione forte. In altre parole, i gluoni costituiscono la colla che permette di tenere legati insieme i quark all'interno dei protoni e dei neutroni e il colore assume un significato analogo a quello della carica elettrica: come

due particelle elettricamente cariche interagiscono fra loro, così due quark colorati interagiscono fra loro mediante lo scambio di gluoni. Se la forza elettromagnetica si manifesta fra particelle dotate di carica elettrica, possiamo affermare che l'interazione forte si manifesta fra particelle con carica di colore quali quark e gluoni.

Il software libero ha anche implicazioni sociali?

Nel software libero il significato della parola "libero" ha un'accezione particolare. Come già accennato in una precedente pillola, la libertà del software libero non è incondizionata, perché è soggetta ai precisi vincoli della licenza d'uso, come qualsiasi altra licenza d'uso, solo che in questo caso l'autore intende assicurarsi che alcuni diritti siano ceduti agli utenti e sia garantito che tali diritti si trasmettano a tutti coloro i quali utilizzano il software. Questi vincoli sono stati studiati in maniera tale da favorire questa situazione, con una curiosa invenzione chiamata "copyleft", avente il preciso obiettivo della condivisione del sapere. In effetti il software libero parte originariamente da considerazioni sociali e per molti aspetti è una vera forma di filosofia. Le implicazioni sociali del software libero sono quindi notevoli, in quanto la condivisione del sapere non permette a gruppi ristretti di persone di sfruttare la conoscenza (nella fattispecie, tecnologica) per acquisire posizioni di potere. Oltre a questo, è promossa ed incentivata la cooperazione delle persone, che tendono naturalmente ad organizzarsi in comunità, cioè in gruppi animati da un interesse comune. Il modello del software libero si è naturalmente esteso ad altri campi del sapere. Chi crede nel modello copyleft pensa che questo possa essere applicato, ad esempio, alla musica o alla divulgazione.

Cosa si intende per invarianza di scala?

L'invarianza di scala, o scaling, è una proprietà emersa verso fine anni '60 durante gli esperimenti condotti allo SLAC, l'acceleratore lineare dell'Università di Stanford vicino a San Francisco, California. Questi esperimenti consistevano in urti ad alta energia tra elettroni e protoni; le energie raggiunte permettevano di dare uno sguardo all'interno del protone per osservarne l'eventuale struttura. I primi risultati furono sorprendenti, in quanto evidenziavano un comportamento non atteso dai fisici impegnati negli esperimenti: le funzioni che permettevano di ricavare informazioni sulla struttura interna del protone non dipendevano dall'energia che l'elettrone trasferiva al protone durante l'urto. Questo comportamento, denominato invarianza di scala, poteva essere interpretato fisicamente nel seguente modo: ad energie elevate gli elettroni si comportano come dei microscopi in grado di "vedere" all'interno del protone; il fatto che aumentando l'energia non si osservava un cambiamento della sua struttura suggeriva che il protone fosse costituito da particelle elementari puntiformi, prive di estensioni spaziali. In altre parole, un'evidenza dell'esistenza dei quark, come suggeriva qualche fisico nel 1968. Tuttavia questa posizione non coincideva con la posizione dominante: sebbene il Modello a Quark non fosse ancora universalmente accettato i nuovi risultati sperimentali avevano comunque provocato delle reazioni fra i fisici dell'epoca.

Discutendo di software libero è stata più volte usata la parola "copyleft", si potrebbe chiarire di cosa si tratta?

Il copyleft è un vocabolo inventato da uno dei principali ideatori del software libero, con l'intenzione di contrapporlo al concetto del copyright, in una sorta di gioco di parole. In prima approssimazione, il copyright ricorda il nostro diritto d'autore, ovvero i diritti che l'autore di un'opera ha la possibilità di riservare a se stesso. Il meccanismo di trasmissione di diritti d'uso garantito dal software libero, che si contrappone alla limitazione presente nel concetto di copyright, viene contrapposto anche da un punto di vista terminologico, nell'alternanza tra right, destra in italiano, e left, sinistra in italiano. La traduzione di copyright è "diritto di copia" (right oltre che destra significa anche diritto), a cui si contrappone totalmente il copyleft, dove left oltre che sinistra significa anche lasciato, concesso, ovvero il "permesso di copia". Contrapposti in tutti i sensi. Le licenze del

software libero non sono le prime licenze d'uso che non pongono limiti agli utenti, ve ne sono state anche altre precedentemente, ma la portata innovativa di questo pensiero deriva dal fatto che i diritti devono essere prima garantiti e poi trasmessi ai successivi utenti, in modo che nessuno possa “spezzare” questa catena per i propri interessi personali. In pratica, per essere sicuri di avere i diritti garantiti dal software libero, si deve controllare la licenza che lo accompagna. Si può stare di sicuro tranquilli quando si trovano licenze d'uso che riportano le sigle GPL (GNU Public License), LGPL, FDL (Free Documentation License), anche se ce ne sono molte altre usate, anche di tipo Open Source, oppure licenze di tipo creative commons, per opere intellettuali non necessariamente rappresentate dal software.

Quali sono state le reazioni dopo la scoperta dell'invarianza di scala?

L'invarianza di scala di cui abbiamo parlato in precedenza provocò diverse reazioni nei fisici dell'epoca. La proprietà in questione evidenziava come il protone non fosse una particella elementare, ma una particella dotata di una sua struttura interna. Richard Feynman introdusse nel 1969 un modello in cui i protoni erano costituiti da particelle elementari denominate partoni, sebbene non identificasse questi partoni con i quark del Modello di Gell-Mann; l'idea di Feynman, tuttavia, spiegava con successo la proprietà di invarianza di scala. Nonostante questo, altri modelli teorici non basati su quark o su costituenti elementari del protone cercavano di dare una spiegazione dei risultati sperimentali ottenuti alla fine degli anni '60. Oltre al modello a partoni di Feynman, l'invarianza di scala portò alcuni fisici, tra i quali il premio Nobel David Gross, ad introdurre un nuovo concetto, la libertà asintotica: ad alte energie i costituenti elementari del protone si comportano come particelle libere, prive di reciproche interazioni. Tuttavia, neppure questo concetto godeva di un inquadramento teorico ben riconosciuto dai fisici dell'epoca, anzi lasciava aperta la porta a discussioni in merito alla teoria che meglio poteva descrivere la struttura interna dei nucleoni e spiegare l'interazione forte degli adroni.

Software libero e open source sono la stessa cosa?

Circa una decina di anni dopo la nascita del software libero, un differente gruppo di utenti ha iniziato a parlare di open source, ovvero di sorgente aperta, per indicare qualcosa di simile al software libero, che però non è la stessa cosa. In pratica tra le due visioni è condivisa la metodologia operativa e di sviluppo, ma i valori ed i fondamenti etici e filosofici sono differenti. L'open source non è una filosofia, una visione di come dovrebbe essere il software, ma più semplicemente una metodologia da seguire, sintetizzata in 10 punti ben precisi, tra cui la necessità che sia disponibile il codice sorgente, da cui il nome. Secondo la visione dell'Open Source, il fatto che il software debba essere Open Source o meno è un problema pratico, non un problema etico. Per il movimento Open Source, il software NON libero è una soluzione NON ottimale. Per il movimento del Software Libero, il software NON libero è un problema sociale e il software libero è LA soluzione. In particolare, le licenze che possono rientrare nella definizione di Open Source non sono necessariamente licenze portatrici di copyleft, concetto già spiegato in precedenti pillole, come invece sono le licenze del software libero tipo, ad esempio, la GPL.

In cosa consiste la Teoria di Veneziano?

Gabriele Veneziano è un famoso fisico teorico italiano; nel 1968 pubblica un importante lavoro nell'ambito dell'interazione forte che lo porterà negli anni successivi a diventare uno dei padri della moderna Teoria delle Stringhe. La teoria di Veneziano nasce come teoria fenomenologica dell'interazione forte, cercando di spiegare i fenomeni osservati nelle interazioni tra gli adroni scoperti e studiati negli anni '50 e '60. Nasce nell'ambito della “teoria della matrice S”, una teoria che durante gli anni '60 cercava di fornire una spiegazione dell'interazione forte; questa teoria non prendeva in considerazione l'esistenza di quark o altri costituenti elementari dei nucleoni e, nel nome di

una sorta di “democrazia nucleare”, attribuiva ugual importanza a tutti gli adroni fino ad allora scoperti. La teoria della matrice S era una chiara antagonista della teoria quantistica dei campi, che invece descriveva le interazioni fondamentali sulla base dello scambio di particelle fra costituenti elementari. La teoria di Veneziano, tuttavia, soffriva di un difetto fatale: non riusciva a spiegare l'invarianza di scala che gli esperimenti a cavallo tra anni '60 e '70 mostravano come inconfutabile. Possiamo così affermare che all'inizio degli anni '70 i fisici teorici cercavano una teoria dell'interazione forte dividendosi fra i sostenitori di una teoria basata sui fenomeni di urti tra adroni e quelli che cercavano una descrizione dinamica basata su costituenti elementari.

In sostanza, quali sono in sintesi vantaggi del software libero?

A prescindere dalle implicazioni sociali, secondo i suoi sostenitori il software libero presenta numerosi vantaggi rispetto al software proprietario: essendo possibile modificare liberamente il software, è possibile personalizzarlo ed adattarlo alle proprie esigenze; il codice sorgente è sottoposto a revisione continua, almeno potenziale, ma sicuramente possibile, da parte di una moltitudine di persone, pertanto è più difficile che contenga errori di programmazione e malfunzionamenti. In ogni caso, è sempre possibile per chiunque tenere un indice pubblico dei problemi, in modo che gli utenti li conoscano e che chi è in grado possa correggerli; se dovesse venir scoperto un baco o una falla di sicurezza, la sua correzione può di norma essere effettuata molto rapidamente; essendo il codice sorgente liberamente consultabile, è molto difficile inserire intenzionalmente nel software software maligno, come backdoor, cavalli di Troia o spyware senza che questi vengano prontamente scoperti ed eliminati, come invece è accaduto per alcune applicazioni non libere; non dovendo sottostare a standard proprietari, le cui specifiche sono normalmente segrete, è molto più facile costruire software interoperante; consentire a tutti di studiare e modificare i sorgenti garantisce che ogni nuova funzionalità o copertura di un baco possa essere proposta da chiunque e immediatamente applicata dagli sviluppatori. Questo permette di avere rapidamente a disposizione dei software che rispettano le esigenze di chi ha richiesto le modifiche.

Cosa si intende per impulso mancante del protone?

I primi anni '70 furono caratterizzati da ulteriori risultati sperimentali nell'ambito della struttura del protone; al CERN di Ginevra furono infatti studiate le interazioni fra neutrini e nucleoni. Questi esperimenti evidenziavano ancora una volta come il protone fosse caratterizzato da una struttura interna ben espressa dal modello a partoni di Feynman. Inoltre si evidenziava come i costituenti carichi, cioè i partoni dotati di carica elettrica, trasportassero solo metà dell'impulso totale del protone. In altre parole gli esperimenti evidenziavano come all'interno del protone si trovavano altri partoni che non erano in grado di interagire né con gli elettroni né con i neutrini. Particelle quindi soggette solo all'interazione forte, invisibili negli esperimenti fin lì condotti, ma responsabili del cosiddetto impulso mancante del protone, cioè di quell'impulso che gli esperimenti non erano in grado di “vedere”; queste particelle vennero identificate con i gluoni. Alla luce di questi fatti è possibile affermare che il protone è una particella dotata di una struttura interna piuttosto complessa dove trovano spazio non solo quark ed antiquark, ma anche i gluoni, le particelle che trasportano le informazioni relative all'interazione forte.

È possibile capire cosa si può fare con software libero?

Il software libero è una filosofia, con una particolare metodologia di sviluppo, che consente di ottenere software di qualità in grado di svolgere qualsiasi compito. Negli ultimi dieci anni la quantità di software libero è aumentata esponenzialmente e si può dire che ormai esista software libero per svolgere qualsiasi compito normalmente riscontrabile nella vita di tutti i giorni. Esistono interi sistemi operativi liberi, il più famoso dei quali è GNU/Linux, disponibile in varie distribuzioni con diversi nomi, differenziati dall'insieme di pacchetti applicativi che vengono forniti con il sistema e

dal meccanismo di installazione e disinstallazione, ma vale la pena ricordare anche i “cugini” del ramo *BSD. Vale la pena sottolineare che per utilizzare software libero non è rigorosamente indispensabile che il sistema operativo sia libero, anche se ciò è da molti preferito, in quanto esistono molti software liberi multiplatforma, ovvero in grado di essere utilizzati su diversi sistemi operativi. Giusto per capirsi, un esempio molto diffuso è il browser “Firefox”, il panda rosso, utilizzabile per navigare in rete, disponibile per piattaforme GNU/Linux, BSD, ma anche per Windows e per McIntosh. Esistono software liberi di office automation, il cui rappresentante più famoso è Open Office, ovvero sistemi di videoscrittura e di calcolo tabellare, ma anche sofisticati programmi di grafica sia pittorica che vettoriale, sistemi di archiviazione, server di vario tipo, programmi per la lettura della mail, giochi, programmi educativi e scientifici, ottimi software di qualità per analisti e sviluppatori e una miriade di altre categorie che elencare qui ora è impossibile. La bella notizia è che tutto questo software può essere scaricato o copiato e legittimamente usato secondo le proprie esigenze.

Quando nacque la moderna teoria dell'interazione forte?

Nei primissimi anni '70 era ancora forte il contrasto tra chi credeva in una teoria dinamica dell'interazione forte basata sulla teoria quantistica dei campi e chi invece dubitava della sua validità logica affidandosi a teorie fenomenologiche basate sugli esperimenti di urto tra adroni. Nel 1973 all'Università di Princeton, David Gross e Frank Wilczek, allora suo studente di dottorato, intrapresero un calcolo teorico nel tentativo di evidenziare l'inconsistenza fra una teoria di campo e la libertà asintotica evidenziata dagli urti tra elettroni e protoni. Nello stesso periodo lo stesso calcolo fu intrapreso anche da David Politzer, studente di dottorato ad Harvard. Quest'ultimo, lavorando indipendentemente, giunse allo stesso risultato dei fisici di Princeton, un risultato sorprendente e di importanza fondamentale; Gross, Wilczek e Politzer misero in evidenza che esistono teorie di campo in grado di descrivere l'interazione forte sulla base di quark e gluoni consistenti con la libertà asintotica sperimentalmente osservata. Come l'ultima tessera di un complicato puzzle, questo risultato forniva una visione chiara e completa non solo del Modello a Quark, ma anche dell'interazione forte fra adroni.

È possibile far convivere nella stessa macchina software libero e non libero?

Certamente. È bene classificare due scenari ben distinti. Se si parla di un medesimo sistema operativo e diverse tipologie di software applicativi, la coesistenza è immediata, basta semplicemente installare il software desiderato e questo sarà integrato con il sistema ospitante, quindi in questa situazione non vi sarà alcuna difficoltà. Deve tuttavia esistere una versione del software libero di nostro interesse predisposta per il sistema operativo che desideriamo utilizzare. Se invece si parla di distinti sistemi operativi, si deve tener presente che il computer ne potrà far partire solo uno alla volta, quindi all'accensione verrà chiesto se si vuole utilizzare un sistema piuttosto che l'altro. In questi termini è possibile far convivere sistemi liberi e sistemi non liberi sulla stessa macchina, ma non contemporaneamente. Verrà avviato un sistema o l'altro in base alla scelta dell'utente. Si deve in questo caso tener presente che il software che viene installato sulla macchina è specificamente predisposto per il funzionamento con un determinato sistema operativo. Se, ad esempio, si desiderasse utilizzare il browser Firefox o il pacchetto OpenOffice, si dovrebbe scaricare la versione predisposta per il sistema sul quale si intende utilizzarlo e si troveranno pertanto le versioni per GNU/Linux, per BSD, per Windows, per McIntosh. Ciascuna versione funzionerà solo sul sistema per il quale è stata predisposta, ma tutte le versioni offriranno le medesime funzionalità, ciascuna sul sistema di propria competenza.

Cosa si intende per Cromodinamica Quantistica?

La Cromodinamica Quantistica è la teoria che descrive l'interazione forte; la forza forte, una delle quattro forze fondamentali della Natura, è l'interazione responsabile del legame tra i quark all'interno del protone. Ogni quark previsto dal Modello di Gell-Mann esiste in tre stati di colore: convenzionalmente il rosso, il verde ed il blu. Nell'interazione forte il colore fa la parte della carica elettrica nell'interazione elettromagnetica: i quark interagiscono fra loro scambiandosi particelle colorate dette gluoni che fungono, in altri termini, da colla nucleare. Si parla così di Cromodinamica proprio perché il colore costituisce l'elemento dinamico essenziale nell'interazione fra quark. La Cromodinamica è caratterizzata da comportamenti molto particolari: a grandi distanze l'interazione fra quark è molto forte, mentre a distanze molto piccole o, in maniera equivalente, ad energie molto elevate, l'accoppiamento fra quark risulta molto debole, potendo così parlare di quark indipendenti gli uni dagli altri. La Cromodinamica Quantistica fu confermata sperimentalmente negli anni successivi ai primi anni '70 permettendo di trasformare il paradosso dei quarks invisibili in un paradigma fondamentale della fisica moderna e permettendo lo sviluppo del Modello Standard della fisica delle particelle elementari.

In varie pillole si è parlato di GNU/Linux, piuttosto che di Linux, come mai questa terminologia?

GNU/Linux è forse il software libero più diffuso al mondo e certamente il più famoso. Molte volte si usa il termine Linux da solo, ma è più corretta la dicitura GNU/Linux, in quanto non si tratta di un singolo programma, ma di un insieme estremamente vasto di software, nato inizialmente dal progetto GNU, che è il primo e più vasto progetto nato in seguito alle idee partorite dalla filosofia del software libero. GNU è un acronimo ricorsivo, ovvero una sigla formata con le iniziali di alcune parole inglesi, ovvero GNU is Not Unix. Tradotto significa una cosa del tipo "GNU Non è Unix". È ricorsivo nel senso che la G in GNU significa nuovamente GNU e cercando di spiegarla in questo modo si può andare avanti all'infinito. Ad alcuni informatici questa cosa appare in qualche modo divertente... Ad ogni modo, il progetto GNU ha sfornato, oltre ai concetti esposti in questa serie di pillole, anche alcuni ottimi software, scritti da zero, ma ispirati alle modalità operative di un sistema allora nato da non troppo tempo, chiamato Unix. La X di Unix si trova spesso nel mondo Linux, tanto che proprio la parola Linux altro non è che il cognome di un programmatore, Linus Torvalds, alterato in stile UNIX, il quale ha avuto l'enorme merito di scrivere un componente fondamentale per disporre di un sistema operativo totalmente libero, ovvero il kernel, quella parte di codice che consente di interagire con l'hardware, la parte fisica del computer fatta da cpu, disco, tastiera, monitor, mouse e via dicendo. È diventato talmente famoso che, quasi, si parla... solo di lui, Linux, quando invece sarebbe più corretto parlare di GNU/Linux, come abbiamo fatto in questa serie di pillole, per dar conto e merito del fatto che alle spalle si ritrova il lavoro di una enorme moltitudine di persone, che hanno interagito tra loro prevalentemente tramite internet, condividendo conoscenze, ideologia e filosofia per arrivare a produrre buon software.

Cosa si intende per confinamento dei quark?

Quando parliamo di confinamento dei quark parliamo di una particolare proprietà relativa al modo con il quale queste particelle interagiscono fra loro: quando aumentiamo la distanza fra due quark, la forza che li lega l'uno all'altro aumenta in modo così forte che risulta impossibile separarli; in altre parole, è impossibile estrarre un singolo quark dal protone. Il confinamento rende così inosservabili queste particelle come singole particelle libere, eliminando uno dei paradossi che impedivano la completa accettazione del Modello a Quark. La teoria dell'interazione forte basata sul colore porta alla luce questo comportamento a grande distanza dei quark, rendendo impossibile l'osservazione diretta di un quark isolato. In altre parole, è impossibile osservare direttamente la carica di colore (il blu, il verde o il rosso); le particelle che si osservano sperimentalmente sono

neutre dal punto di vista del colore, prive cioè di questa particolare proprietà fisica. Questo significa che quando un quark viene prodotto singolarmente negli urti ad alta energia tende a nascondere la sua carica di colore attraverso un processo, noto come adronizzazione, nel quale si producono adroni privi di colore che costituiscono un getto di particelle direttamente osservabili da un punto di vista sperimentale.

Chi utilizza software libero poi dipende da qualcuno in particolare?

Assolutamente no, anzi, questo è uno degli aspetti più interessanti del software libero, in quanto la libertà è anche indipendenza. Lo scenario che si dipinge è particolarmente interessante quando si pensi, ad esempio, al fatto che spesso si è costretti ad aggiornare i programmi che si usano abitualmente solo per poter leggere dati che arrivano da altre persone, che usano versioni più recenti dei software che usiamo noi. La soluzione ideale di questo problema risiederebbe più nell'utilizzo di formati standard ed aperti che non nel software libero, ma in questo caso già utilizzare software libero aiuta molto. Si è meno vincolati a versioni o programmi specifici, in quanto diventa possibile capire cosa fa un determinato programma ed è possibile adattarlo o scrivere appositi convertitori. Si pensi alla quantità di informazioni, spesso importanti, che riversiamo negli archivi degli elaboratori. Non avere la libertà di controllare i programmi che elaborano i nostri dati ci espone al rischio di dipendere da chi gestisce, in modo chiuso e proprietario, tali programmi, subendone passivamente le eventuali decisioni. Potrebbe non essere un problema immediato, ma potrebbe diventare in futuro. Ripeto, la soluzione migliore risiede nell'utilizzo di formati standard ed aperti, ma usare codice libero, o almeno open source, consente di mantenere nel tempo le funzionalità necessarie. Se fra vari anni dovessi leggere un documento scritto oggi, su un foglio stampato non avrei problemi a rileggerlo. Ma se tra vari anni dovessi riaprire un archivio scritto con un programma di alcuni anni or sono, magari non più esistente o addirittura scritto su computer non più prodotti, che potrei fare se non disponessi del codice da studiare e modificare per recuperare tali dati?

Quando vennero scoperti sperimentalmente i gluoni?

La scoperta sperimentale dei gluoni risale al 1979. Al sincrotrone denominato DESY, di Amburgo, venivano accelerati e fatti collidere frontalmente elettroni e positroni. Negli urti si producevano un quark ed un antiquark; a seguito del confinamento e della successiva adronizzazione, al quark e all'antiquark corrispondevano due getti di particelle sperimentalmente osservabili. Eventi a due getti venivano regolarmente osservati. Tuttavia, ad energie più elevate il quark o l'antiquark prodotti nella collisione potevano emettere l'energia in eccesso sotto forma di gluone, che, soggetto anch'esso al confinamento, produce un terzo getto di adroni. Gli eventi a tre getti di particelle costituiscono così la firma caratteristica dell'esistenza del gluone; i primi eventi di questo tipo furono registrati nel giugno del 1979 e i risultati presentati nell'estate dello stesso anno. Nella seconda metà del 1979 tutti gli esperimenti e le collaborazioni internazionali impegnate all'acceleratore PETRA del DESY di Amburgo confermarono l'esistenza dei gluoni e, con essa, la bontà della cromodinamica quantistica.

Gli hacker hanno qualcosa a che fare con il software libero?

Prima di rispondere, ci terrei a dare una definizione corretta di hacker. Purtroppo tale termine è stato sempre più utilizzato in modo improprio e scorretto, in particolare a partire dagli anni ottanta, per indicare qualcuno che operasse in campo informatico e telematico con intenti malevoli o con comportamenti scorretti ed illeciti. Anche se questo è, purtroppo, il significato con cui è noto al grande pubblico, non è affatto il significato originario del termine. Il termine corretto per indicare tali personaggi esiste, purtroppo è simile e forse da qui è originata la confusione, si tratta della parola "cracker". In origine invece l'hacker è quella persona che si impegna ad affrontare sfide intellettuali per superare i problemi e gli ostacoli che gli vengono posti di fronte, con spirito innovati-

vo e mentalità aperta. Il luogo comune, profondamente errato, per il quale i mass media si riferiscono agli hackers come a criminali informatici dovrebbe quindi lasciare il posto al termine corretto, “cracker”, ovvero colui che “rompe”. L'hacker è un creativo, non un distruttore come il cracker. Usando quindi l'accezione corretta del termine hacker, quella con cui venivano chiamati alcuni abili programmatori all'alba dell'era di internet, allora si può dire che alcuni grandi hackers, ovvero alcune grandi menti, abili analisti e programmatori, abbiano contribuito enormemente a sviluppare il software libero che noi oggi possiamo utilizzare o che altri hanno potuto scrivere sulla base dei loro lavori. Lo spirito hacker, ovvero la voglia di imparare, di conoscere, di costruire, e condividere non è legata al solo mondo informatico, ma si può applicare a tutti i contesti della vita umana in cui si possa far ricorso al proprio intelletto.

Chi vinse il premio Nobel nel 2004?

In queste puntate di Pillole di Scienza abbiamo parlato di quark e di interazione forte. Abbiamo messo in evidenza come il Modello a Quark sia stato lentamente accettato dalla comunità internazionale dei fisici, nonostante numerosi esperimenti evidenziassero come il protone fosse caratterizzato da una struttura interna; abbiamo parlato di interazione forte e del difficile sviluppo di una teoria accettata universalmente; abbiamo parlato così di teorie concorrenti, tra teorie basate sui quark e teorie basate sui risultati sperimentali degli urti tra adroni. Abbiamo parlato di colore dei quark e di libertà asintotica. Quest'ultima ha permesso di risolvere diversi paradossi della fisica teorica, permettendo lo sviluppo di una teoria quantistica della forza forte consistente con i risultati sperimentali che tra fine anni '60 ed inizio anni '70 si erano accumulati. Il raggiungimento di tale risultato, fondamentale per lo sviluppo del Modello Standard, non poteva non essere premiato con un premio Nobel. Il premio fu assegnato nel 2004 ai fisici David Gross, David Politzer e Franck Wilczek per “la scoperta della libertà asintotica nell'interazione forte”. Un premio che, come dice lo stesso Politzer, dev'essere condiviso con tutti coloro che hanno contribuito teoricamente e sperimentalmente allo sviluppo di tale risultato.