

Il tempo dentro l'atomo

Dopo l'orologio atomico è in progettazione quello al magnesio

Avanzano o ritardano di un secondo ogni 300 000 anni. È la fantastica precisione degli orologi atomici al cesio dell'Istituto Galileo Ferraris di Torino che generano i campioni italiani di tempo e frequenza, usati tra l'altro dalla Rai per il segnale orario. Negli stessi laboratori adesso si sperimenta un orologio atomico al magnesio che sbaglierebbe di un secondo ogni 3 milioni di anni.

MICHELE COSTA

Il 31 dicembre 1987 è stato un giorno diverso. È durato un secondo di più. Ma non pensiamo che ci sia stato regalato un attimo di vita che il tempo abbia smesso di fluire inesorabile. Quel secondo è solo servito per convenzione internazionale a mettere gli orologi più precisi al passo con la rotazione della Terra. Si è infatti scoperto che il nostro pianeta nel girare su se stesso rallenta impercettibilmente. Ed è una scoperta abbastanza recente. Fino a qualche decennio fa si considerava così costante la rotazione terrestre e quindi la durata del giorno da basare su di essa la definizione dell'unità di misura del tempo. Il secondo come «86 400 parte del giorno solare medio».

A mettere definitivamente in crisi quella definizione è stata l'invenzione di una precisissima tecnica di misura del tempo: gli orologi atomici. Non si allarmino ecologisti ed antinucleari. Questi orologi non hanno nulla a che vedere con le reazioni nucleari e la radioattività ma sfruttano una proprietà naturale degli atomi in presenza di comuni onde radio. È la proprietà che ha permesso di coniare la nuova definizione internazionale di «secondo» in vigore dal 1967: «intervalle di tempo che contengono 9 192 631 770 periodi della radiazione corrispondente alla transizione tra i due livelli iperfina dello stato fondamentale dell'atomo di cesio 133». Vediamo di spiegarla in termini elementari.

Tutti sappiamo per averlo studiato a scuola che l'atomo è costituito da un nucleo atomico al quale ruotano gli elettroni. Un po' meno noto è il fatto che gli elettroni non percorrono orbite qualsiasi ma solo particolari orbite a ciascuna delle quali corrisponde un livello di energia. Per «sal-

tare» da un'orbita all'altra gli elettroni devono cedere o ricevere un «pacchetto» di energia esattamente uguale alla differenza di livello energetico tra le due orbite. Questi «pacchetti» elementari di energia i fotoni o quanti sono associati ad altrettante precise frequenze delle radiazioni elettromagnetiche. Se gli elettroni vengono «bersagliati» con onde di quelle frequenze cambiano orbita con altre frequenze rimangono nella stessa orbita.

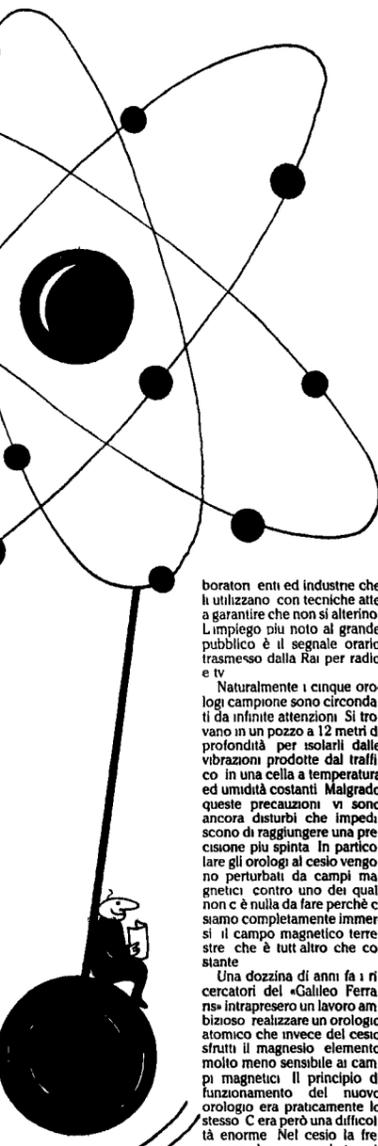
Da queste scoperte è nata l'idea di servirsi dell'atomo come oscillatore naturale estremamente stabile e preciso per misurare il tempo. È stato scelto il cesio un metallo argenteo simile al mercurio il cui atomo ha una caratteristica uno dei suoi elettroni si trova tutto solo sull'orbita più esterna. Quest'elettrone genera un campo magnetico che può avere i poli disposti come quelli del campo magnetico prodotto dal nucleo ed allora si dice che l'atomo è nel «livello iperfina alto» oppure i poli invertiti rispetto al nucleo ed allora l'atomo è al «livello iperfina basso». Anche l'energia che fa passare l'atomo di cesio da un livello iperfina all'altro corrisponde ad una precisa frequenza elettromagnetica: appunto quella di 9 192 631 770 Hertz (cicli al secondo) che troviamo nella definizione di «secondo».

Come è fatto un orologio atomico? All'interno di un contenitore in cui è stato praticato il vuoto c'è un fornello elettrico che vaporizza del cesio liberando un fascio di atomi dei due livelli iperfina. Passando attraverso un magnete gli atomi a livello iperfina basso vengono separati da quelli a livello alto e sono poi immessi in una cavità dove incontrano un fascio di onde elettromagnetiche a 9 miliar-

di 192 milioni e rotti Hertz. Si corregge finemente la frequenza dell'oscillatore elettronico a quarzo che genera le onde. Quando un apposito rivelatore segnala che gli atomi portati al livello alto dalla radiazione hanno raggiunto la massima quantità si può essere certi che la frequenza è esattamente di 9 192 631 770 cicli al secondo. Da questa frequenza con divisoni elettroniche si ricavano impulsi di un secondo.

I migliori orologi elettronici a quarzo hanno una precisione di uno su 10 alla meno 8 possono cioè sbagliare di un milionesimo di secondo al giorno. Con gli orologi atomici al cesio si ottiene la precisione di uno su 10 alla meno 13 un errore massimo di dieci miliardesimi di secondo al giorno. Per chi non ha molta confidenza con i numeri ecco un dato più comprensibile: un orologio del genere sgarrebbe di un secondo ogni 300 000 anni!

Hanno questa fantastica precisione i cinque orologi atomici al cesio dell'Istituto Elettrotecnico Nazionale «Galileo Ferraris» di Torino che generano i campioni ufficiali di tempo e frequenza per l'Italia. Questi segnali campione vengono «sistemati» nei la-



boratori enti ed industrie che li utilizzano con tecniche atte a garantire che non si alterino. L'impiego più noto al grande pubblico è il segnale orario trasmesso dalla Rai per radio e tv.

Naturalmente i cinque orologi campione sono circondati da infinite attenzioni. Si trovano in un pozzo a 12 metri di profondità per isolarli dalle vibrazioni prodotte dal traffico in una cella a temperatura ed umidità costanti. Malgrado queste precauzioni vi sono ancora disturbi che impediscono di raggiungere una precisione più spinta. In particolare gli orologi al cesio vengono perturbati da campi magnetici contro uno dei quali non c'è nulla da fare perché ci siamo completamente immersi: il campo magnetico terrestre che è tutt'altro che costante.

Una dozzina di anni fa i ricercatori dell'Istituto Ferraris intrapresero un lavoro ambizioso: realizzare un orologio atomico che invece del cesio sfruttasse il magnesio elemento molto meno sensibile ai campi magnetici. Il principio di funzionamento del nuovo orologio era praticamente lo stesso. C'era però una difficoltà enorme. Nel cesio la frequenza che provoca la transizione di livello iperfina è come abbiamo visto di poco superiore a 9 GHz (1 GHz = un miliardo di cicli al secondo).

rientra cioè nel campo delle microonde impiegate nei radar che possono essere generate con circuiti ed apparecchiature collaudate. La frequenza che provoca lo stesso fenomeno nel magnesio è invece di circa 600 GHz. Siamo nel campo delle onde millimetriche al confine tra le onde radio ed i raggi infrarossi, in una delle zone meno esplorate nello spettro delle radiazioni elettromagnetiche.

Il primo problema era come ottenere onde di frequenza tanto elevata. In commercio non esistevano neppure componenti elettronici adatti allo scopo. Sperimentando per anni i ricercatori Ling Elio Bava e Ling Aldo Godone hanno sviluppato vari metodi. Il successo è stato raggiunto facendosi costruire da una ditta specializzata un «Carcynotron» uno speciale tubo elettronico che genera le microonde alla frequenza di 600 GHz. C'era poi il problema di trasmettere queste onde senza che si disperdano completamente nel tratto di pochi centimetri dal generatore alla cavità in cui interagiscono con gli atomi di magnesio. Si sono dovuti mettere a punto metodi a metà strada fra la radiotecnica e l'ottica.

Come le microonde infatti, le radiazioni a 600 GHz possono essere incanalate per brevissimi tratti entro guide d'onda cioè conduttori di forma e dimensioni appropriate. Come la luce visibile queste radiazioni possono essere focalizzate da «lenti» di forma uguale alle lenti comuni che non sono fatte però di vetro ottico (totalmente opaco a queste frequenze) ma di teflon poliestere ed altre materie plastiche. Possono essere riflesse da «specchi» di metallo dorato. Si possono anche ottenere fenomeni ottici come la rifrazione e la riflessione totale usando «prismi» di quarzo oppure di vari materiali dielettrici sovrapposti.

Il prototipo del primo orologio atomico al magnesio è ormai in funzione in uno scantinato del «Galileo Ferraris» di Torino. Raggiunge già la precisione degli orologi al cesio con una stabilità superiore. Ora si procede agli ultimi ritocchi. Si tenta per esempio di rallentare gli atomi di magnesio

Ritarderebbe un secondo ogni 3 milioni di anni

che escono dal fionto elettrico alla velocità di mille metri al secondo lanciando contro di loro un raggio laser in modo che siano quasi fermi quando incontrano le onde radio.

Con questi perfezionamenti si conta di arrivare ad una precisione di almeno uno su 10 alla meno 14. Di ottenere, in altre parole un orologio che sbagli di un secondo ogni tre milioni di anni! Sarebbe un risultato unico al mondo, di assoluto valore scientifico. Il traguardo potrebbe essere raggiunto tra pochi mesi se non lo impediranno i soliti mali della ricerca italiana: scarsità di mezzi e di personale.

Chi si dedica a queste ricerche lo fa per passione scientifica. Ma molti si porranno una domanda utilitaristica a cosa serve un orologio che sgarri di un secondo ogni 3 milioni di anni anziché ogni 300 000, quando i più fortunati tra gli uomini campano un secolo? Serve a tante cose. Una precisione spinta delle misure di tempo e frequenza è sempre più richiesta in tante attività. Basti pensare ai calcolatori, nei quali la velocità di comunicazione si calcola in miliardesimi di secondo ed alle telecomunicazioni numeriche, dove è importante un perfetto sincronismo tra i vari «bit» che viaggiano su cavi o fibre ottiche.

Un'applicazione importante sono le misure di posizione. Gli Usa hanno messo in orbita un sistema di satelliti denominati Gps (Global Positioning System) che irradiano segnali di tempo precissimi. Misurando il ritardo con cui questi segnali raggiungono un aereo o una nave se ne può determinare la posizione con pochi metri di errore. Purtroppo ci sono anche applicazioni belliche. Gli stessi satelliti americani Gps, oltre al segnale di tempo a precisione di tutti emettono un secondo segnale, ancora più preciso codificato in modo che possano decifrarlo solo apparati militari. Sembra che questo segnale permetta di guidare un missile su obiettivi distanti migliaia di chilometri e di centrarli con l'errore massimo di una decina di centimetri. Ed è già un arma da «guerre stellari».

Le scimmie vissute 36 milioni di anni fa



Il signore che vedete nella foto è il professor Herbert Thomas il paleontologo francese che l'estate scorsa ha ritrovato nel sultanato di Oman i resti di scimmie dell'era ologocenica. Quelle che mostra nella foto sono appunto i denti delle «vecchissime» scimmie. È una scoperta molto importante perché si hanno le prove per la prima volta dell'esistenza di scimmie fuori dell'Africa in quel lontanissimo periodo.

Presto in Usa pomodori luminescenti

Il professor Robert Goodman della Biotechnology Company sostiene che ci vorranno ancora tre anni perché l'esotico prodotto possa essere messo sul mercato per acccontentare i gusti più stravaganti. Non possiamo affermare di esserne delusi. Comunque il procedimento con cui si ottengono i pomodori luminescenti è grosso modo il seguente: si interviene su di una particolare sequenza dell'acido desossiribonucleico si muove e la si sostituisce con un enzima ossidante detto luciferase lo stesso contenuto nell'organismo delle lucciole.

È l'ultimo eclatante prodotto della biogenetica made in Usa: un pomodoro luminescente che al buio risplende di luce rosa, più grande del normale nonché commestibile. L'inventore il professor Goodman della Biotechnology Company sostiene che ci vorranno ancora tre anni perché l'esotico prodotto possa essere messo sul mercato per acccontentare i gusti più stravaganti. Non possiamo affermare di esserne delusi. Comunque il procedimento con cui si ottengono i pomodori luminescenti è grosso modo il seguente: si interviene su di una particolare sequenza dell'acido desossiribonucleico si muove e la si sostituisce con un enzima ossidante detto luciferase lo stesso contenuto nell'organismo delle lucciole.

Pesce al cesio nel lago Ceresio



Divieto di pesca nel tratto svizzero del lago Ceresio. I pesci infatti risultano essere ancora fortemente radioattivi dopo il disastro di Chernobyl. Le analisi hanno permesso di accertare la presenza in media di 40 nanocurie di cesio 134 e 137 per chilogrammo di pesce. La soglia di non commestibilità varia da 16 nanocurie. Il pesce che risulta più radioattivo è quello più pregiato: il persico. La trota il luccio. È possibile che sia radioattivo solo il pesce pescato nel tratto svizzero del lago? Non ci sembra assolutamente probabile.

I mammoth scomparsi per mancanza di sale?



Una ricerca condotta da alcuni studiosi americani nello stato del Michigan ha portato alla costruzione di una teoria sulla scomparsa dei mammoth dal territorio americano se non addirittura dalla faccia della Terra. L'ipotesi è legata all'improvvisa mancanza di sale che si è determinata con lo scongelamento dei ghiacciai. In seguito al cambiamento del clima sulla Terra i ghiacciai cominciarono a ritirarsi: ciò avrebbe liberato quantità tali di acqua da spazzare via i depositi superficiali di sale esistenti nel Michigan: stato che oggi produce circa un terzo del sale consumato dagli Stati Uniti. Senza uno degli alimenti base della loro dieta - gli studiosi ricordano che gli elefanti africani compiono lunghissimi percorsi alla ricerca del sale - e sottoposti ad una caccia massiccia da parte degli insediamenti umani esistenti all'epoca i mammoth si sarebbero rapidamente estinti.

Il computer contro l'ape killer

Una tecnica che usa il computer contro la pericolosa ape africana è stata messa a punto nel Tennessee. La tecnica si basa sulla differenza di frequenza del battito d'ali dell'insetto denominato anche killer per la pericolosità della sua puntura. L'ape africana infatti batte le ali più frequentemente dell'ape comune e gli studiosi hanno allora predisposto un programma di computer che separa in frazioni di secondo il ronzio del volo rendendo riconoscibile il tipo di sciame in arrivo permettendo così agli agricoltori di prendere delle contromisure.

NANNI RICCOBONO

Disegno di Mitra Divshali

Quando il Mediterraneo era un deserto salato

Sono passati 20 anni da quando nel 68 prese per la prima volta il mare la nave oceanografica statunitense «Gloria Challenger». Lunga 100 metri e dotata di una torre per le perforazioni alla 50 metri questa nave ha solcato per vent'anni tutti i mari del globo scavando centinaia di pozzi per indagare sulla struttura del fondo marino.

L'apporto di conoscenze derivato dalle analisi delle numerose «carote» (così vengono chiamati i cilindri di roccia estratti dalla trivella) ad opera dei numerosi geologi di varie nazioni che si sono avvicinati nelle numerose spedizioni della «Gloria Challenger» è di un valore incalcolabile. Per la prima volta si è potuto di sporre di una dettagliata documentazione della geologia dei fondi marini il che ha portato alla formulazione o alla conferma di ipotesi talvolta sconvolgenti. Una di queste riguarda il mar Mediterraneo. Le perforazioni operate nel «Mare Nostrum» hanno portato prove sostanziali a favore dell'ipotesi che tra 16 e 18 milioni di anni fa (nel periodo Miocenico) il mar Mediterraneo si sarebbe completamen-

te prosciugato per un lungo periodo di tempo trasformando in una enorme salina. Le prove consisterebbero nel fatto che in tutto il bacino del Mediterraneo si riscontrano un potente strato roccioso risalente all'età indicata costituito da rocce cosiddette «evaporiti». Come dice il nome si tratta di rocce che si formano per precipitazione di sali minerali da una soluzione molto satura. Affioramenti rocciosi costituiti da evaporiti erano ben noti da lungo tempo in quanto si riscontrano numerosi anche sul continente e sulle isole e venivano considerate come causate da fenomeni isolati di abbassamento del livello del mare.

Ma in questo caso tutto il Mediterraneo si sarebbe prosciugato causando il deposito dell'imponente strato di evaporiti. L'idea può sembrare pazzesca ma non è così. Anche al giorno d'oggi infatti il bilancio idrologico del Mediterraneo è in deficit in quanto le vaporizzazioni delle acque supera l'immersione di nuova acqua da parte dei fiumi e delle precipitazioni. Se il livello del mare si mantiene costante affermano

Lentamente ma inesorabilmente tra i 16 e i 18 milioni di anni fa il mar Mediterraneo si prosciugò. La spinta e la rotazione della piattaforma africana chiusero i due canali che lo congiungevano con l'Atlantico e dove c'era acqua comparvero sale gesso e il deserto. E i fiumi si misero a scavare canyon sempre più profondi nei loro letti per riuscire a raggiungere ciò che rimaneva del Mediterraneo. Il Nilo scavò ad Assuan un «canale» di 200 metri al di sotto dell'attuale livello del mare. E forse una traccia è anche nei fondali profondi dei laghi prealpini italiani.

SILVIO RENESTO

denominato stretto Sud Rifa nel Marocco settentrionale. Gli studiosi hanno accertato che i due antichi stretti si sono chiusi prima quello africano e poi quello berbero in un periodo immediatamente precedente la deposizione delle evaporiti. La zolla di crosta terrestre che comprende il continente africano aveva da tempo iniziato una rotazione verso sinistra causando una collisione che provocò la chiusura dello stretto di Rifano e la nascita della catena montuosa del Rif. Continuando l'azione di spinta si verificò anche la chiusura dello stretto spagnolo con la nascita della catena Betica. Le conseguenze sono state enormi e dive-

esero per centinaia di chilometri anche a monte dei loro sbocchi attuali. Quando il Mediterraneo si riempì di nuovo questi canyon vennero colmati dai sedimenti e oggi è possibile ricostruirne il loro profilo e la loro estensione proprio grazie al ritrovamento di questi sedimenti inframmezati a rocce continentali. L'estensione di queste gole era immensa si pensi che il canyon scavato dal Nilo a livello della città di Assuan era profondo oltre 200 metri al di sotto dell'attuale livello marino e questo a ben 1200 km dalla foce.

Questo disseccamento provocò ovviamente la distruzione della fauna marina che popolava il Mediterraneo prima della sua chiusura. Tutti i fiumi persero il loro equilibrio e si presero ad erodere i loro letti nel tentativo di riguadagnare il mare che intanto si ritirava sempre più. I grandi fiumi scavarono enormi canyon che si

delle Alpi (lago di Zungo, Lucerna ecc.). In questi ultimi il fondo roccioso è situato mediamente un poco al di sopra del livello del mare mentre i nostri laghi hanno un fondo roccioso molto al di sotto del livello del mare nel lago di Garda di 900 metri nel lago Maggiore addirittura di metri 700. Cosa ha posto fine alla crisi di aridità? I dati sempre ottenuti dai pozzi indicano che vi è stato un brusco mutamento per cui subito al di sopra delle evaporiti si ritrovano gli sedimenti che indicano condizioni di mare aperto profondo. L'incessante moto delle zolle crostali diede luogo a fenomeni sismici che provocarono l'apertura di un nuovo passaggio per l'Atlantico lo stretto di Gibilterra. La sua nascita, e la conseguente invasione di acque atlantiche deve essere stata molto rapida. I reperti indicano un inondazione pressoché istantanea. Attraverso immensi cascate i bacini prima isolati furono nuovamente colmati restituendo al Mediterraneo il suo equilibrio e poi gradualmente, una nuova fauna marina tornò a popolare il mare nato.

* Paleontologo

Studio Usa Psichiatria a tavola, con gli spaghetti passa la depressione

WASHINGTON. Sei nervoso? mangia spaghetti. Ti senti sianco? è colpa di quello spuntino di latte e biscotti. Non sono consigli della nonna si tratta delle ultime novità della ricerca psichiatrica. Sembra infatti che alcuni elementi nutritivi possano venire usati al posto degli psicofarmaci i carboidrati della pasta per esempio possono aumentare il livello di una sostanza chimica del cervello che alle via la depressione. E consumare in forma concentrata queste sostanze che si trovano comunemente nel cibo può aiutare a curare sindromi depressive ma anche bulimia, sindromi maniacali, insonnie. Alcuni psichiatri riferisce il rapporto pubblicato nell'ultimo numero della rivista *Integrative Psychiatry* ci stanno già provando. Il modo in cui mangiamo si legge modifica l'attività dei neurotrasmettitori le sostanze chimiche che