

Le tre età

Datare l'universo, la Terra e la materia vivente

di Eleonora Cossi

a.
Dettaglio di *Le tre età della donna*,
dipinto del 1905 del pittore
austriaco Gustav Klimt (olio su tela).



Nel 1811 in Inghilterra, in una spiaggia del Dorset, una giovane donna fece una scoperta destinata a cambiare per sempre la concezione del tempo. Lei si chiamava Mary Anning ed è passata alla storia per aver scoperto un gigantesco scheletro di animale, il più grande mai rinvenuto. La Anning, che aveva imparato dal padre a riconoscere i fossili del Giurassico, particolarmente abbondanti in quella zona, aveva trovato uno scheletro completo di un rettile marino chiamato *Ichtyosaurus*: una creatura sconosciuta e impossibile da concepire seguendo la concezione della storia accettata allora dalla maggior parte degli uomini, quella delle sacre scritture. Da quel giorno il tempo non fu più lo stesso.

Fino al 1700 l'età della Terra, e quindi, per la credenza dell'epoca, anche quella dell'universo, era stata stimata sulla base dell'interpretazione delle sacre scritture in circa 6000 anni. Solo a partire dalla fine del '700 i calcoli iniziarono a esser basati su criteri "scientifici. Ancora agli inizi del secolo scorso, però, l'età della Terra era stimata in milioni di anni. Solo attorno al 1930, meno di cent'anni fa, Arthur Holmes iniziò a utilizzare le misure radiochimiche per stabilire, in miliardi di anni, l'età della Terra.

Oggi è possibile risalire con precisione anche a epoche molto più lontane di quelle in cui la Terra era abitata dai dinosauri (l'era *Mesozoica*), utilizzando specifici metodi di datazione che gli scienziati hanno sviluppato in ambiti scientifici diversi, come la geologia, la fisica delle particelle e l'astrofisica.

Partiamo dall'età dell'universo, la macchina del tempo più potente che abbiamo a disposizione e in cui possiamo vedere tanto più indietro, quanto più lontano guardiamo.

Grazie al programma di misure del telescopio Hubble (l'Hubble Extreme Deep Field program, vd. fig. b) abbiamo potuto osservare oggetti distanti fino a 13 miliardi di anni luce, grazie alle misure del *redshift cosmologico*, lo "spostamento verso il rosso" della luce, previsto dall'espansione dell'universo secondo la *legge di Hubble* (vd. Asimmetrie n. 15 p. 33, ndr).

Secondo le stime più aggiornate la nascita dell'universo viene fatta risalire a circa 13,8 miliardi di anni fa, quando è avvenuto il Big Bang. Questa stima è confermata dalle osservazioni dei satelliti, come Wmap e Planck, che studiano la radiazione

b.

L'Hubble Extreme Deep Field (Xdf), in italiano *campo extra-profondo di Hubble*, cioè l'immagine di una piccolissima regione di cielo visibile dall'emisfero sud, basata sui risultati di una serie di osservazioni del telescopio spaziale Hubble. Benchè la regione di cielo osservata sia molto più piccola di quella coperta, ad esempio, dalla Luna, l'immagine contiene circa 5500 galassie. L'Xdf ha permesso di osservare galassie molto distanti, create quindi nell'universo "giovane" ed è diventata un'immagine caposaldo nello studio dell'universo primordiale.



cosmica di fondo. Nel 2013, il satellite Planck dell'Agenzia spaziale Europea (Esa) ci ha inviato una dettagliata mappa della radiazione cosmica di fondo, la prima immagine che abbiamo dell'universo, ricca di informazioni sulla composizione dell'universo primordiale. Secondo i modelli della fisica delle particelle e della cosmologia questa "foto d'epoca" (vd. fig. c in Asimmetrie n. 15 p. 35) ci mostra l'universo 380 mila anni dopo il Big Bang. Cosa sia successo prima è descritto dal modello cosmologico detto Lambda-Cdm, che prevede che l'universo sia in espansione e composto per circa il 95% da energia oscura (Lambda) e materia oscura fredda (Cold Dark Matter) (vd. Asimmetrie n. 14 p. 4, ndr). Sempre studiando la radiazione cosmica di fondo, e in particolare i suoi stati di polarizzazione, si può provare ad andare ancora più indietro cercando, indirettamente, conferme sulla teoria dell'inflazione: la rapidissima espansione che, immediatamente dopo il Big Bang, avrebbe ingigantito le fluttuazioni quantistiche prodotte nel Big Bang fino a farle diventare i "semi" di materia in corrispondenza dei quali si sono formate le galassie (vd. anche Asimmetrie n. 15 p. 37, ndr).

Per stimare l'età del sistema solare e della Terra si usano, invece, modelli astrofisici e metodi di datazione derivanti dalla geologia. Secondo l'ipotesi scientifica più accreditata, circa 5 miliardi di anni fa da una nebulosa primordiale cominciò il processo che portò 4,6 miliardi di anni fa alla formazione del sistema solare. Con i metodi "geologici", infatti, in particolare stimando l'età dei meteoriti rinvenuti sulla Terra, la nascita del sistema solare è stata stimata a circa 4,6 miliardi di anni fa, età compatibile con la datazione delle rocce terrestri e quindi con la stima fatta per la nascita della Terra. L'origine della vita

sulla Terra è, invece, argomento ancora molto controverso, e oggi viene fatta risalire a circa 3,5 miliardi di anni fa. La storia "geologica" del nostro pianeta viene, dunque, ricostruita prevalentemente utilizzando documenti speciali: le rocce e i fossili. Entrambi possono essere studiati sia con metodi di datazione relativa, al fine di stabilire la successione degli eventi che hanno caratterizzato la storia della Terra, sia con metodi di datazione assoluta, in particolare con tecniche di datazione *radiometriche* (o *radiodatazione*), che consentono di datare con precisione un evento, indicando quando si è verificato e la sua durata. I metodi di datazione relativa si fondano su tre criteri: *stratigrafico*, *paleontologico* e *litologico*, e si basano sull'osservazione delle rocce sedimentate e dei fossili che vi sono rimasti imprigionati.

Il criterio stratigrafico si basa sull'osservazione degli strati sedimentari delle rocce e sull'evidenza che quelli più antichi si trovino più in basso e quelli più recenti più in alto, rispettando l'ordine cronologico. Non sempre però questo ordine è rispettato: i movimenti tettonici possono, infatti, averlo alterato, rendendo impossibile la sua applicazione. Il criterio paleontologico sfrutta i fossili per datare gli strati rocciosi in cui sono rimasti imprigionati, partendo dal presupposto che la vita sulla Terra si sia evoluta omogeneamente. Questo tipo di datazione si effettua sui cosiddetti fossili "guida" appartenenti a specie vegetali e animali che hanno avuto ampia e rapida diffusione, come le ammoniti usate come fossili guida dell'era Mesozoica, identificabili come indizi inequivocabili di una data epoca. L'ultimo, il criterio litologico, si basa sull'assegnare alle rocce dello stesso tipo una identica età ed è il criterio di più ristretta applicazione.

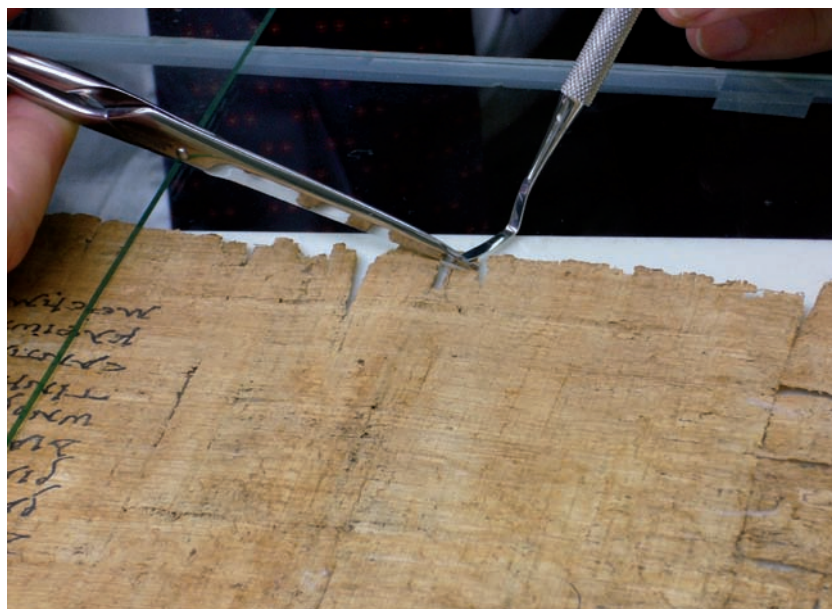


c.
Gli ammoniti sono considerati "fossili guida", ovvero indizi certi, dell'era Mesozoica.

Mentre i metodi di datazione relativa ci permettono di individuare il susseguirsi degli eventi, restituendoci una sorta di racconto della storia del nostro pianeta, quelli di datazione assoluta ci consentono di individuare con precisione delle date, risalendo così non solo all'età di un reperto, ma anche a ciò che l'ha originato. Tra questi metodi, il più importante, quello della radiodatazione, consente di misurare la radioattività residua di rocce e fossili.

La radioattività è una proprietà di alcuni isotopi instabili di certi elementi che emettono radiazione (storicamente denominata di tipo *alfa*, cioè nuclei di elio, *beta*, cioè elettroni o positroni, o *gamma*, cioè fotoni), trasformandosi in isotopi stabili dello stesso elemento o di un altro elemento: questo fenomeno è chiamato *decadimento radioattivo*. Gli scienziati conoscono il *tempo di dimezzamento*, ovvero il tempo necessario affinché una data quantità di isotopi instabili (radioattivi) si dimezzi. Calcolando il rapporto tra la quantità di un elemento radioattivo presente in una roccia e quella di un elemento stabile è possibile, conoscendo il tempo di dimezzamento, risalire all'età della roccia che stiamo analizzando. Per la datazione di reperti risalenti fino a 40.000 anni fa si ricorre al metodo del *radiocarbonio*, largamente impiegato anche nei beni culturali per la datazione di reperti di origine animale o vegetale (vd. fig. d). Piante e animali, infatti, sono una fotografia del carbonio che è presente in atmosfera con due isotopi: il carbonio 14 (^{14}C), radioattivo, e il carbonio 12 (^{12}C), stabile. Gli esseri viventi, infatti, fissano il carbonio atmosferico

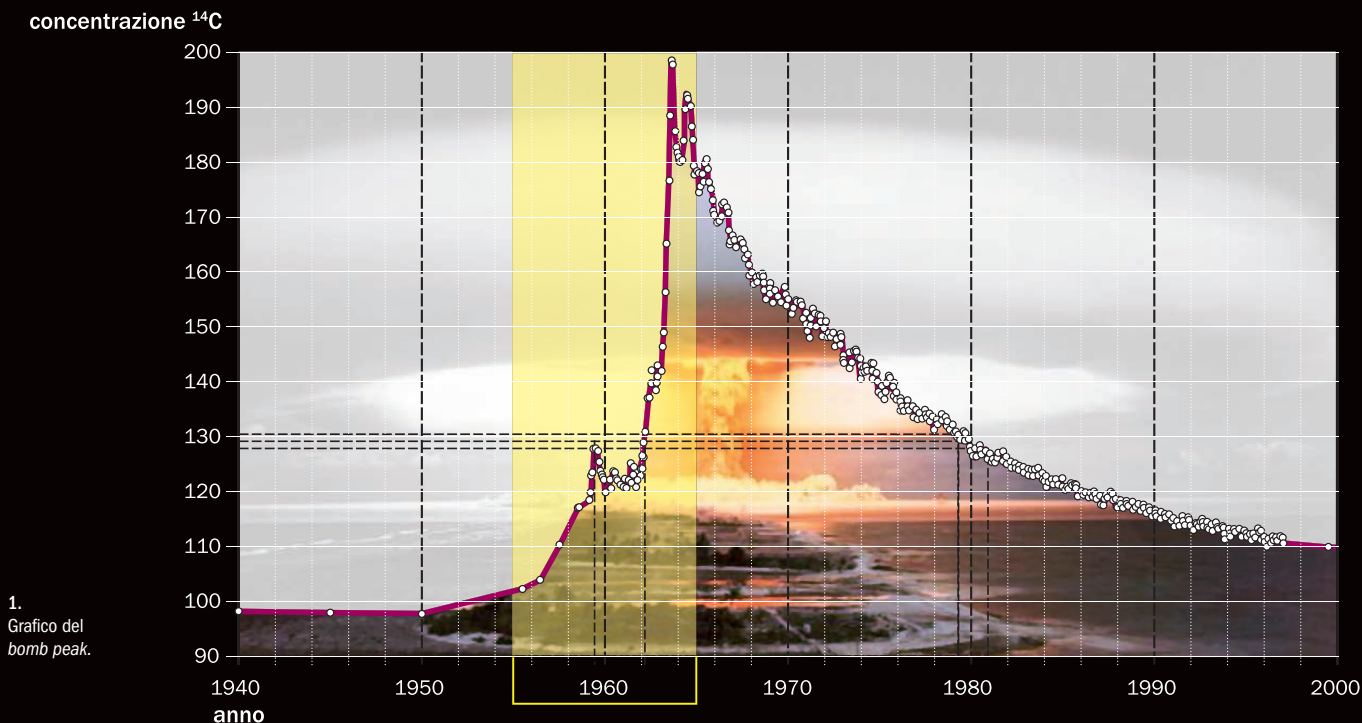
d.
Il *Papiro di Artemidoro*, datato con il carbonio 14 dal laboratorio Labec, il laboratorio per i Beni Culturali di Firenze dell'Infn, nel 2008. Secondo le misure realizzate dal Labec, il papiro risale al I° secolo d.C. Il documento conterrebbe la prima trascrizione conosciuta di parte di un testo geografico di Artemidoro di Efeso, ma l'attribuzione e la datazione del contenuto sono ancora controversi.



Bomb peak

Durante la Guerra Fredda, dopo il 1955, si assiste a un susseguirsi di test nucleari che ha causato, tra gli effetti secondari, un grande aumento della concentrazione di carbonio 14 nell'atmosfera terrestre. I valori hanno raggiunto un picco verso la metà degli anni '60 (1963-1965), per poi decrescere dopo la firma dei trattati internazionali per il bando dei test nucleari. A questo fenomeno gli scienziati danno il nome di *bomb peak* ("picco delle bombe"). Con l'aumentare del carbonio 14 in atmosfera aumentava, conseguentemente e con uguali valori, anche quello di tutti

gli organismi viventi, tra cui anche le piante di cotone o lino, da cui si realizzano le tele da pittura. Sfruttando questo fenomeno, ricercatori del Labec di Firenze hanno provato, con un'analisi eseguita con l'acceleratore Tandem, che una tela attribuita al pittore Fernand Léger fosse inequivocabilmente un falso (come sospettato). Il livello di carbonio 14 della tela, infatti, è risultato decisamente più alto di quello presente durante la vita del pittore, morto prima del *bomb peak*, cioè precedente all'innalzamento del radiocarbonio dovuto ai test nucleari.



contenuto nel diossido di carbonio/anidride carbonica (CO_2) attraverso la fotosintesi clorofilliana, per la flora, o attraverso l'alimentazione, per la fauna. Quando muoiono, l'isotopo ^{12}C , stabile, rimane inalterato, mentre l'isotopo ^{14}C , instabile, comincia a decadere trasformandosi in azoto (^{14}N). La concentrazione di carbonio 14, quindi, diminuisce con il passare del tempo. La relazione fra quanto carbonio è rimasto e quanto si è trasformato è ben nota ai fisici ed è dettata dalle leggi del decadimento radioattivo (per il ^{14}C il tempo di dimezzamento è

pari a 5730 anni). Per datare un reperto di origine organica occorre, dunque, misurare la quantità residua di ^{14}C , ma questa quantità è piccolissima: pari a un atomo di ^{14}C su mille miliardi di atomi di carbonio. È quindi necessario avere una grandissima sensibilità e misurare con una precisione tale da arrivare a un'incertezza nell'ordine di 20-30 anni. Ciò viene fatto con tecniche di fisica nucleare, utilizzando acceleratori di particelle e spettrometri che permettono di separare i nuclei di carbonio 14 e contarli (vd. Asimmetrie n. 9 p. 34).

Link sul web

<http://www.fossilmuseum.net/>

http://www.bbc.co.uk/schools/primaryhistory/famouspeople/mary_anning/

http://scienzapertutti.lnf.infn.it/index.php?option=com_content&view=article&id=1873&Itemid=595

http://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2013/21mar_cmb/