

Dagli aloni pleocroici alla nascita della Terra

di Marco Fontani, Mariagrazia Costa, Arnaldo Cinquantini

Il premio Nobel Emilio Segré nella sua biografia, riportò di aver depositato alcuni milligrammi di tecnezio, l'elemento da lui scoperto nel 1937, sulla tomba della madre. Il tecnezio è un elemento radioattivo con vita media piuttosto lunga. Segré era emigrato in America e raramente tornava nella natia Italia per far visita alla tomba della madre. Per questo motivo, egli scrisse, il tecnezio sarebbe "durato" più di un comune mazzo di fiori! Il tempo di semi-vita degli elementi radioattivi ha servito egregiamente anche ad altri scopi (più scientifici). Attraverso lo studio attento delle sostanze radioattive John Joly, un fisico irlandese, fu in grado di risalire, quasi un secolo fa, all'età del nostro pianeta.



Una caricatura di John Joly (membro della reale società di Dublino)

Nel bel mezzo della prima guerra mondiale due piccoli gruppi indipendentisti irlandesi, l'*Irish Volunteers* e l'*Irish Citizen Army*, organizzarono una ribellione che colse di sorpresa le forze armate del Regno Unito. Il lunedì dell'Angelo del 1916 marciarono su Dublino e si impossessarono di alcuni punti chiave della città. Il quartier generale fu stabilito nell'ufficio postale centrale di *O'Connell Street*: da lì i rivoltosi lessero ai perplessi passanti una dichiarazione che proclamava la Repubblica d'Irlanda. Dopo meno di una settimana di furiosi combattimenti i ribelli si arresero di fronte alla superiorità delle forze britanniche. Durante l'infuriare della rivolta un'isolata figura si avventurava nei locali del *Trinity College* della città in fiamme, nel disperato tentativo di evitare che il suo laboratorio andasse distrutto e i suoi documenti cadessero nelle mani degli inglesi. Con un po' di fortuna John Joly sopravvisse a queste tragiche giornate e più tardi divenne il grande e venerato "vecchio" della scienza dell'Isola nuovamente indipendente dopo oltre tre secoli di dominio inglese.

John Joly nacque a Holywood House a Bracknagh nella contea di Offaly. La data di nascita del fisico irlandese è stata motivo di discussione. Il certificato parla di primo novembre 1858. Il padre, il reverendo John Plunket Joly (1826-1858), invece annotò nel suo diario il primo novembre 1857. Poiché il reverendo John Plunket morì il 3 marzo 1858, sembra piuttosto ragionevole che il figlio sia nato il primo novembre dell'anno precedente. La madre, contessa Julia Anna Maria Georgina Lusi aveva lontane origini veneziane; infatti il bisnonno materno era stato governatore di Cefalonia per conto del Doge nel 1772, prima di essere accusato di spionaggio, poi assolto e infine assoldato, in modo piuttosto rocambolesco, da Federico di Prussia. Da parte di padre aveva sangue francese nelle vene. Questa caleidoscopica genealogia, disse egli stesso, era responsabile della sua precocità intellettuale e della versatilità in tutte le scienze. Nel 1876 John Joly entrò al *Trinity College* e sebbene non fosse uno studente modello, si laureò in ingegneria

nel 1882. Poco dopo passò al dipartimento di fisica, fino a quando nel 1897, cambiando drasticamente interessi di ricerca, ottenne una cattedra di geologia, carica che resse per trentasei anni. Quando passò con la qualifica di assistente dal dipartimento di ingegneria a quello di fisica, la mente del giovane ingegnere si adattò con facilità al nuovo settore di ricerca come testimoniano le numerose invenzioni e i brevetti di strumenti di fisica: il *meldometro*, l'*apoforometro*^a, la *bilancia idrostatica*, il *calorimetro a flusso* ed il ben noto *fotometro*.

La più promettente delle sue invenzioni tuttavia è stata quella relativa alla fotografia a colori. Precedenti lavori in tale settore erano stati fatti da J.C. Maxwell (1831-1879) in Inghilterra e da G. Lippmann (1845-1921) in Francia. Nel 1894 Joly brevettò il primo metodo per ottenere foto a colori. Dispose tre filtri su uno schermo di vetro sul quale tracciò linee molto sottili - 200 per pollice - in successione rosso-arancio, giallo-verde e blu-violetto. Una fotografia eseguita attraverso un simile filtro riproduceva i colori e conferiva all'immagine un discreto effetto di profondità. Il metodo fu commercializzato come processo Joly, ma presto sorsero dei problemi. A Chicago un inventore locale rivendicò questa invenzione e citò in giudizio il fisico irlandese. Alla fine Joly vinse tecnicamente la causa, ma presto altri speculatori si appropriarono della sua scoperta. Joly si ritirò amareggiato e intraprese un lungo viaggio sul continente con il fratello Charles Jasper (1864-1906), alpinista e astronomo reale al *Trinity College* di Dublino. I Joly visitarono le Alpi rimanendone affascinati. In particolare John si fermava ovunque a raccogliere minerali, appassionandosi sempre più allo studio della mineralogia.

La radioattività permette di datare la Terra

Con la scoperta della radioattività dei minerali uraniferi da parte di H. Becquerel (1852-1908), per Joly si aprì un altro filone di indagine. Infatti nel 1897, il fisico irlandese era passato alla cattedra di geologia. Avendo lavorato con il fisico neo-

M. Fontani, Dip. di Chimica Organica - Univ. di Firenze; A. Cinquantini, Dip. di Chimica - Univ. di Siena; M. Costa, Laboratorio di Ricerca Educativa in Didattica Chimica e Scienze Integrate, Dip. di Chimica - Univ. di Firenze. marco.fontani@unifi.it

^a Il *meldometro* è un particolare strumento che permette di determinare il punto di fusione di un minerale. Nell'*apoforometro* il campione in esame viene posto su un *meldometro* a nastro; il prodotto di sublimazione viene raccolto su un disco di silicio e ivi sottoposto a saggi chimici.

zelandese E. Rutherford (1871-1937) prima dello scoppio della Grande Guerra, fu avvantaggiato nella comprensione dei fenomeni radioattivi. Sulla base di dati raccolti dal decadimento radioattivo di alcuni minerali fu in grado di fissare l'inizio del periodo *devoniano* a 400 milioni di anni prima. Da lì ipotizzò che la terra si fosse formata da oltre un miliardo di anni. Sappiamo oggi che la sua stima non è corretta, però sorprende quanto egli si sia avvicinato all'età esatta, valutata oggi intorno a 4 o 5 miliardi di anni. Precedenti stime dell'età della terra erano state molto lontane dal vero.

Una delle più curiose coinvolse l'arcivescovo James Ussher, potremmo dire un collega *ante litteram*, di Joly al *Trinity College* di Dublino. James Ussher (1580-1655) insegnava teologia nel medesimo College e da semplici dati ricavati dai Testi Sacri, fece risalire la creazione divina della terra alla domenica 23 ottobre del 4004 avanti Cristo. Alcuni secoli dopo, Lord Kelvin (1824-1907) ed altri, sulle basi scientifiche disponibili al loro tempo, cercarono di risalire all'età dell'universo. Furono tutti tentativi senza successo. Nel 1908 la *British Association for the Advancement of Science* si riunì a Dublino. Il fisico e geologo John Joly ricoprì la presidenza della sezione di geologia; in questa veste egli parlò di *uranio e geologia* - e descrisse il ruolo delle sostanze radioattive nella generazione di calore interno alla crosta terrestre. L'ipotesi di Joly sulla radioattività si rivelò l'unica giusta e permise di datare il nostro pianeta. Gli studi sulle sostanze radioattive spinsero Joly a persuadere la *Royal Dublin Society* a creare l'Istituto del Radio, analogo a quello sorto a Parigi. Dai suoi preparati di bromuro di radio egli estrasse un gas, emanazione o radon, che sigillò in lunghi capillari. Assieme al Dr. Stevenson, un giovane medico suo assistente, impiegò queste fiale sigillate per la cura dei tumori facciali altrimenti intrattabili.

Al termine del prima guerra mondiale John Joly riprese lo studio della geologia, che aveva interrotto durante il conflitto. Fu il primo che introdusse in questa disciplina contributi provenienti dalla nascente fisica nucleare e dalla radioattività. Questo capitolo lo vide impegnato per gli ultimi due decenni della sua vita. Le sue osservazioni sono raccolte negli oltre 200 articoli e nei numerosi libri che pubblicò. In particolare Joly fu il primo ad osservare e a interpretare correttamente gli *aloni pleocroici*, curiose forme circolari presenti in minerali come la mica. La forma circolare degli aloni pleocroici è dovuta al fatto che quello che Joly aveva osservato in sezioni sottili del minerale, infatti nelle tre dimensioni gli aloni pleocroici hanno forma sferica. Essi sono dovuti al decadimento radioattivo con particelle alfa, la cui energia determina il raggio di ciascun cerchio. Le particelle alfa hanno effetti ionizzanti abbastanza pronunciati (nell'aria hanno un "raggio d'azione" fino a 7 centimetri): così provocano fluorescenza in alcuni materiali, impressionano le lastre fotografiche, fanno cambiare colore a diversi minerali con esse bombardati, rendono fragile il vetro ed il quarzo e scuriscono la mica dando luogo agli aloni pleocroici.

Il fisico irlandese scoprì che il raggio degli aloni era funzione dell'isotopo radioattivo dell'elemento presente in tracce nella mica e responsabile dell'emissione delle particelle alfa. L'otto aprile del 1922 Joly inviò una lettera alla rivista *Nature* nella quale annunciava la scoperta di un nuovo elemento radioattivo. Già nel 1916 prima dell'insurrezione di Pasqua, Joly aveva iniziato a studiare queste curiose formazioni in campioni di mica nera provenienti dal ricco giacimento minerario di Ytterby in Svezia. Purtroppo la guerra e la lotta per l'indipendenza dal Regno Unito distrassero il fisico dal suo studio per sei anni.

Gli aloni pleocroici che si presentarono sotto i suoi occhi al microscopio erano perfettamente sferici e dal diametro di 0,01 mm. Ne contò a migliaia. Secondo quanto egli stesso riferì, quando pose l'occhio all'oculare non poté credere ai propri occhi: sotto di lui si celava un minuscolo cielo stellato. All'interno degli aloni osservò una parte opaca, dovuta all'isotopo figlio dell'elemento emettitore di particelle alfa. Con un collega svedese, di nome Prior, l'erudito irlandese passò al setaccio molti campioni di mica: mica rossa del *devoniano* proveniente dalla contea di Carlow; mica da Arendal risalente all'*archeozoico* ricca di tracce di uranio e molte altre. Come per quella di Ytterby, nella mica di Arendal trovò aloni pleocroici.

La presenza in quest'ultimo campione di un elemento radioattivo come l'uranio, fece supporre che anche la mica di Ytterby contenesse un elemento radioattivo, ma diverso, in quanto i raggi degli aloni avevano dimensioni differenti. Il raggio degli aloni pleocroici per la mica di Arendal è di 0,015÷0,016 mm, circa il 50% più grandi di quelle di Ytterby. Joly tentò di riprodurre le condizioni di pressione e temperatura in cui si formarono i minerali che aveva sotto mano.

In un primo tempo pensò che fosse proprio la temperatura di formazione della mica responsabile delle forme sferiche, poi giunse alla corretta ipotesi dell'origine radioattiva. Con incredibile pazienza e con altrettanta scrupolosità rilevò la distanza tra gli aloni pleocroici e i nuclei degli stessi: 0,0045 mm. Come supporto all'ipotesi legata alle particelle alfa gli furono utili le sopra citate misure. Joly era un valente fisico. Per mezzo di complessi calcoli giunse ad ottenere il cammino delle particelle alfa nell'aria, dai dati di libero cammino medio delle stesse nella mica. Il fattore di conversione fu fissato in 0,005 mm nella mica a ca. 1 cm nell'aria. Nessuna particella alfa figlia di un elemento radioattivo, noto all'epoca, aveva un libero cammino medio uguale.

L'ibernio: un inafferrabile elemento

A Joly risultò ragionevolmente logico che le tracce osservate fossero dovute ad nuovo elemento. Fece le sue deduzioni su prove indirette, anticipando, per certi aspetti, i tempi. Oggigiorno la verifica di una scoperta di un elemento *superpesante* avviene per via indiretta. La prudenza del vecchio scienziato, il rigore e la mitezza del grande uomo di scienza è tutta racchiusa nelle parole che annunciano, a fine dell'articolo, la scoperta:

I wonder am I justified in naming an element for such evidence as I have found - the range of an α -ray? I think it has been done before. If ever it is isolated I would ask the finder to call it Hibernium after this beautiful but most unhappy country^b.

Joly non era certamente interessato a dare il nome al nuovo elemento più di quanto non fosse coinvolto nella scoperta del rompicapo degli aloni pleocroici. Non commise nessun errore grossolano; le sue ipotesi sulla natura degli aloni erano esatte. L'ipotesi dell'esistenza di un nuovo elemento era plausibile, sebbene non fosse quella giusta. Questo Joly forse lo sospettava. Non era un chimico. Non sapeva come trattare il materia-

^b Mi domando se sono autorizzato a dare un nome ad un elemento in base alle evidenze che ho trovato - il percorso delle particelle alfa? Penso che sia stato fatto in passato. Se questo elemento verrà mai isolato, vorrei chiedere allo scopritore di chiamarlo *ibernio* dal nome di questa bella e terribilmente infelice nazione [Irlanda].

le a sua disposizione e concentrare il presunto nuovo corpo semplice per sottoporlo ad un'accurata analisi spettroscopica. Era un fisico geniale e con i mezzi a sua disposizione ottenne risultati davvero apprezzabili. Per fare chiarezza su questo mistero, Joly trascorse tutta la primavera in fitta corrispondenza con un giovane fisico, Svein Rosseland (1894-1985) dell'Istituto di Fisica Teorica di Copenaghen. Rosseland scrisse un dettagliato resoconto delle sue ricerche a Joly. Le conclusioni a cui giunse furono chiare. L'*ibernio*^c, inteso come nuovo elemento, non esisteva. Le sue ricerche non ammettevano appello. Joly le fece pubblicare subito e per intero il 3 giugno dello stesso anno. Rosseland iniziò lo studio sui campioni inviati da Joly cercando tracce di radioattività senza successo; troppo

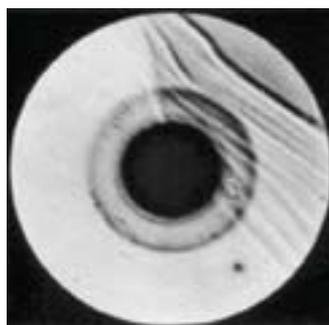


Immagine ingrandita di un alone pleocroico

scarse dovevano essere le tracce dell'*ibernio*.

Da lì avrebbe potuto calcolare l'energia delle particelle alfa e di conseguenza avrebbe avuto una sorta di impronta digitale dell'elemento in questione. Lasciò allora perdere gli aloni pleocroici e si concentrò sulle macchie centrali. Il fisico svedese fu in grado di dare una stima inferiore del raggio del nucleo del prodotto di trasformazione a seguito dell'emissione delle particelle alfa. Risalì al presunto numero atomico dell'elemento radioattivo: $Z \approx 40$. All'epoca si sapeva che un isotopo radioattivo del rubidio ($Z=37$) era un emettitore beta; il fisico svedese si spinse a ipotizzare che l'elemento genitore fosse l'ittrio, di numero atomico 39. Le ipotesi su cui Rosseland fece leva erano altrettanto incerte di quelle di Joly:

- per giustificare la sua teoria si accontentò del fatto che un isotopo del rubidio, il supposto prodotto di decomposizione dell'*ibernio*, fosse anch'egli radioattivo;

- non prevede la possibilità che l'*ibernio* potesse dare (o avere) luogo ad (da) una cascata di reazioni nucleari tutte di tipo alfa (evento possibile ma peraltro molto improbabile).

Le basi su cui poggiavano le argomentazioni del fisico allievo di Bohr erano traballanti ed egli stesso tenne a sottolineare che la sua era niente più che un'ipotesi e prove a tal senso sarebbero venute se Joly, o altri, avessero trovato tracce di ittrio nei campioni di mica in esame.

Joly trovò un lavoro di Ivar Nordenskjöld (1877-1947) che in precedenza aveva analizzato chimicamente due campioni di mica nera di Ytterby trovandovi solo in uno di essi tracce di ittrio. Il fisico irlandese giunse alla conclusione che il campione che aveva dato esito positivo era stato alterato nel corso delle manipolazioni chimiche. Come seconda operazione, il fisico del *Trinity College* fece analizzare i campioni di mica in suo possesso ma tracce di rubidio, come aveva ipotizzato il Rosseland, non furono trovate. Joly allargò ancor più le sue indagini: ricercò, senza successo, tracce di stronzio, l'elemento che avrebbe potuto aver origine dal decadimento β del rubidio. Le ipotesi avanzate da Svein Rosseland parvero a Joly molto improbabili e, anziché demolire le certezze del vecchio irlandese,

^c *Ibernio* deriva da Hibernia, nome romano dell'attuale Irlanda. L'Hibernia fu temporaneamente conquistata, da Giulio Gneo Agricola (40-93) governatore della Britannia, durante il regno di Domiziano.

contribuirono ad aumentare le convinzioni sull'esistenza dell'*ibernio*. Circa un decennio dopo questi eventi George de Hevesy (1885-1966) e indipendentemente Luigi Rolla (1882-1960), che lavorava al frazionamento delle terre rare, nel tentativo di isolare lo sfuggente *florenzio*, fecero una scoperta inaspettata. A loro insaputa identificarono l'unico isotopo naturale e al tempo stesso radioattivo di un elemento già noto da tempo: il samario. Più tardi la scoperta di Joly fu confutata e l'elemento radioattivo presente al centro degli aloni pleocroici risultò essere proprio il samario.

Può sembrare strano, ma un quarto di secolo prima dell'annuncio di Joly, il famoso chimico scozzese sir William Ramsay (1852-1916) aveva avuto l'intenzione di chiamare col nome *ibernio* un altro elemento chimico. Nel 1897, durante l'allocuzione d'apertura della sezione di chimica della *British Association for the Advancement of Science*, Ramsay dette l'annuncio della scoperta del primo dei gas nobili. Tale scoperta fatta assieme a lord Rayleigh (1842-1919) in un primo momento presentò alcune difficoltà. Inizialmente i due scienziati pensarono che questo gas fosse una miscela di tre nuovi elementi e proposero patriotticamente i nomi *anglio*, *scotio* e *ibernio* dalle tre principali regioni geografiche del Regno Unito: Inghilterra, Scozia e Irlanda. Presto i due scienziati si accorsero dell'errore; il gas scoperto conteneva un solo elemento, sebbene nuovo, e lo chiamarono argon. Negli ultimi anni di vita John Joly tornò ai suoi interessi botanici. Ancora giovane, con un suo amico e collega Henry Horatio Dixon (1869-1953), era riuscito nel tentativo di spiegare perché la linfa delle piante scorra in direzione contraria alla forza di gravità (1893).

Trovò che tale forza, capace di opporsi attivamente alla forza peso, risiedeva principalmente nell'evaporazione dell'acqua dalle foglie, incrementando l'effetto della capillarità. I biofisici del tempo lo attaccarono aspramente, ma verso la fine della sua esistenza Joly ebbe la soddisfazione di vedere questa ipotesi accreditata universalmente. In tarda età Joly divenne l'immagine stessa della scienza irlandese, dello scienziato-gentiluomo *vittoriano*. Il fascino di *vegliardo della scienza* era costruito anche su un abbigliamento accuratamente elegante: la cravatta nera; il panciotto dalle cui tasche penzolava la catena dell'orologio; la camicia con il colletto inamidato, a fascetta o due punte; gli immancabili *pince-nez* e un paio di folti e candidi mustacchi. Per molti anni impersonò l'icona di un mondo che lentamente andava scomparendo. John Joly chiuse la sua vicenda terrena l'8 dicembre 1933 a settantasei anni di età.

Bibliografia

- [1] W. Ramsay, *Nature*, 1897, 56.
- [2] J. Joly, *ibid.*, 1922, **109**, 517.
- [3] J. Joly, *ibid.*, 578.
- [4] J. Joly, *ibid.*, 711.
- [5] J. Joly, *Proc. Royal Soc. A*, 1922, **102**, 682
- [6] I. Nordenskjöld, *Bull. Geol. Inst. Upsala*, vol. IX.
- [7] J. Joly, *In the Surface History of Earth*, 1925.
- [8] J. Joly, *Nature*, 1928, **121**, 207.
- [9] G. de Hevesy, *ibid.*, 1932, **130**, 846.
- [10] L. Rolla, *Atti dei Lincei*, 1933, **131**, 472.
- [11] M. Curie, S. Tackvorian, *Comptes Rendu*, 1933, **196**, 933.
- [12] *Obituary Notices of the Royal Society of London*, no. 3, dicembre 1934, 259.
- [13] E. Segrè, Autobiografia di un fisico, 1995, Il Mulino, Bologna.
- [14] D. Weaire, S. Coonan, *Europhysics*, 2001, **32**(2).