

L'ultimo respiro di Giulio Cesare

- di Pierfrancesco Castiglioni¹

In tempi in cui il timore di venire colpiti da piccole goccioline di saliva ci impone di indossare mascherine e di tenere una distanza di sicurezza gli uni dagli altri mi è tornato in mente il così detto “Enigma dell’ultimo respiro di Cesare”. Vi racconto di cosa si tratta.

Nel suo famoso libro sulla teoria cinetica dei gas scritto nel 1940 Sir J. H. Jeans scrive:

Un uomo, ogni volta che inspira o espira, scambia con l'ambiente circa 400cm^3 di aria. Come si vedrà successivamente, ogni singolo respiro contiene circa 10^{22} molecole. È stato stimato che tutta l'atmosfera della terra è costituita da circa 10^{44} molecole. Quindi, una molecola sta, rispetto al numero di molecole contenute in un respiro, nello stesso rapporto in cui queste ultime stanno rispetto al numero di quelle contenute in tutta l'atmosfera:

$$1 : 10^{22} = 10^{22} : 10^{44}$$

Se supponiamo che l'ultimo respiro (e cioè, in tutti i sensi, *espirazione*) di Giulio Cesare, al giorno d'oggi, si sia completamente disperso nell'atmosfera, statisticamente un individuo ogni volta che inspira, immette nei suoi polmoni una molecola di esso.

Poiché i polmoni di un uomo contengono circa 2 litri di aria, verosimilmente ognuno di noi ha nei suoi polmoni circa 5 molecole dell'ultimo respiro di Giulio Cesare!

È interessante e curioso, allo stesso tempo, notare come un accenno e una plausibile spiegazione dell’ “Enigma dell’ultimo respiro di Cesare” si possano trovare nel libro “Sherlock Holmes e i misteri della scienza” di Colin Bruce (Cap. 3 - “Il caso del dottore pre-atomico”).

All'inizio del capitolo il dottor Watson è alle prese con un ciarlatano che cura una sua paziente gravemente ammalata con delle sostanze talmente diluite nell'acqua da non contenere più una sola molecola della sostanza originale.

Per convincere la paziente a non fidarsi di sostanze che possono considerarsi poco più che “acqua fresca” Holmes suggerisce a Watson alcuni argo-

¹ Dirigente Scolastico del Liceo Scientifico "G. Galilei" di Macerata

menti per dimostrarle l'esistenza degli atomi e in tal modo si arriva all'enigma.

Qui di seguito riporto il testo integrale.

... ..

Piu' tardi, quella stessa sera emisi un profondo sospiro.

"Anche se le sembrerà assurdo, Holmes, c'è ancora una cosa che mi preoccupa.

Tuttavia, anche lei mi è sembrato concordare con l'idea della mia paziente che si debba sempre essere pronti a mettere in discussione i propri confortevoli pregiudizi alla luce delle nuove evidenze".

Holmes annuì con aria incoraggiante.

"L'argomento in cui mi sono trovato in difficoltà nella mia discussione con von Kranksch riguardava i cristalli. Avrei voluto non aver mai toccato quel tema! Egli sosteneva che la teoria atomica della struttura cristallina non è stata dimostrata; affermava che molte sostanze non cristallizzano affatto e che alcune sono invece capaci di costituire cristalli di due o anche più forme diverse".

"Questo è vero".

"Ma poi proseguiva sostenendo che i cristalli posseggono qualità mistiche che la scienza moderna non riuscirà mai a comprendere. Egli crede che ogni sostanza cristallina entri in risonanza con se stessa in un modo misterioso, non limitato dai comuni confini spaziali e temporali.

E la prova di tutto questo starebbe nel fatto che, quando una nuova sostanza chimica viene isolata per la prima volta dagli scienziati, è molto difficile farla cristallizzare, ma quando essa viene sottoposta a un secondo esperimento, i cristalli si formano con facilità molto maggiore."

"La spiegazione di questo fatto è molto semplice, Watson. E' ben noto che la presenza in una soluzione di uno o più germi cristallini - anche di dimensioni microscopiche, così piccoli da non poter essere identificati direttamente - facilita notevolmente lo sviluppo di ulteriori cristalli. Se quindi si riesce a cristallizzare una sostanza per la prima volta, ve ne saranno ben presto tracce microscopiche in ogni recesso del laboratorio. Quando l'esperimento viene ripetuto, anche se si pensa di aver distrutto ogni traccia del campione precedente, attenzione: il secondo tentativo è miracolosamente più facile!"

"Posso capire come ciò avvenga, Holmes, ma quel tipo afferma che anche se il secondo tentativo viene effettuato in modo del tutto indipendente, dall'altra parte del mondo - per esempio, la prima volta in Inghilterra e la seconda in Australia l'effetto si verifica egualmente. Egli sostiene che un campo mistico permea tutta la materia, forse influenzato dalla mente di chi osserva l'esperimento, per esempio gli scienziati presenti, ed è per questo che una volta che un cristallo di un certo tipo si sia formato anche una sola volta da qualche parte del mondo, diviene più facile che un altro simile si possa formare, a imitazione del primo, in qualsiasi occasione successiva. Certo, deve mentire, quando parla di questo cosiddetto effetto di risonanza."

Con mio grande stupore, Sherlock Holmes scosse la testa.

"Vi sono prove ben documentate che si tratti di un effetto reale, Watson. Ma non si preoccupi eccessivamente per questo. In primo luogo, quando si esegue un esperimento seguendo le istruzioni di un'altra persona che lo ha già effettuato con successo, esso tende a essere eseguito in modo più agile e sicuro. E inoltre, tutti noi riconosciamo un oggetto o una situazione più facilmente quando si tratta di qualcosa che è già noto che non quando cerchiamo qualcosa che ci è ignoto. Esistono quindi fattori psicologici che possono rendere conto di questo fenomeno.

"Ma vi è anche un'altra e più intrigante spiegazione, che è stata descritta nella letteratura con il titolo piuttosto buffo di 'Enigma dell'ultimo respiro di Cesare'; essa chiarisce in modo molto vivido quali siano le reali implicazioni della piccolezza delle dimensioni degli atomi.

"Immagini di essersi trovato a Roma proprio mentre Cesare, esalando l'ultimo respiro, diceva "Et tu, Brute". Secondo le sue conoscenze mediche, Watson, quale sarà stato il volume d'aria di quel suo ultimo respiro?"

"Almeno un litro, Holmes. il volume di un'inspirazione può variare entro limiti assai ampi, in relazione a svariati fattori. Ma che c'entra questo con i cristalli o con gli atomi?"

"Mi segua attentamente, Watson. La densità dell'aria è di circa 1,2 chilogrammi per metro cubo, per cui mi sembra lecito affermare che l'ultimo respiro di Cesare deve aver avuto una massa di almeno un grammo. Ora, da quanti grammi d'aria è costituita nel suo complesso tutta l'atmosfera di questo nostro Pianeta?"

"Ma Holmes, queste sono informazioni troppo specialistiche perchè una persona comune come me le possa conoscere o calcolare facilmente."

"Ah, in realtà lei conosce già la risposta, Watson! Qual è il diametro della terra?"

"Quasi esattamente ottomila miglia".

"E la pressione dell'aria a livello del mare?"

"Quindici libbre per pollice quadrato".

"Ecco qua! Non resta che moltiplicare per quindici l'area della superficie della Terra in pollici quadrati e si ottiene la massa totale complessiva dell'atmosfera in libbre. Ma è molto più facile utilizzare il sistema metrico in uso sul Continente. Le do un indizio: l'area della superficie terrestre è di circa cinquecento milioni di chilometri quadrati e la pressione dell'aria è di un chilogrammo per centimetro quadrato".

"Bene, Holmes! in un metro ci sono cento centimetri, e mille in un chilometro..."

"Usi la numerazione scientifica, la prego: mi creda, sarà molto più facile".

"Allora, in un metro vi sono dieci alla seconda centimetri e in un chilometro vi sono dieci alla terza metri, per cui in un chilometro vi sono dieci alla quinta centimetri. E semplice, Holmes, per moltiplicare questi numeri è sufficiente sommare le potenze di dieci - cioè sommare il numero degli zeri, in effetti!"

"Una scoperta davvero rimarchevole, Watson! La prego, continui".

"Per cui su ogni chilometro quadrato di superficie terrestre vi sono dieci alla quinta moltiplicato dieci alla quinta cioè dieci alla decima - chilogrammi d'aria. Moltiplichiamo questo valore per cinque volte dieci elevato all'ottava e avremo cinque volte dieci elevato alla diciottesima".

"Certamente, ma si tratta di chilogrammi, Watson - non dimentichi mai di quali unità di misura sta parlando".

"Moltiplichiamo allora questo valore per dieci alla terza, avremo così cinque volte dieci elevato alla ventunesima grammi, o, per tornare al suo esempio, ultimi respiri. In milioni..."

"No, Watson, non converta i valori! Per dominare un nuovo linguaggio è essenziale continuare a pensare nei suoi termini. Ora le farò notare un fatto veramente interessante. Le molecole d'aria sono così piccole che ciascuna di esse pesa solo cinque per dieci alla meno ventisei chilogrammi. Quante molecole vi erano, allora, in quell'ultimo respiro?"

La divisione mi prese un certo tempo.

"Due per dieci alla ventiduesima. cioè venti per dieci alla ventunesima: accidenti, è un numero quattro volte maggiore di quello del numero di respiri che compongono l'atmosfera terrestre nella sua globalità! Tutta l'atmosfera della Terra!"

"E se lei ci pensa per un istante, Watson, si renderà conto che in media con ogni respiro che fa inspira quattro molecole provenienti dall'ultimo respiro di Cesare!"

"Holmes, ora e' veramente riuscito a farmi venire le vertigini, ma non ho ancora capito che cosa hanno a che fare questi calcoli con i cristalli!"

"Watson, supponga ora che io prepari una provetta contenente, per esempio, dieci grammi di una qualche strana nuova sostanza; supponga inoltre che io distrattamente lasci questa provetta sul davanzale della finestra finché una parte di essa sia evaporata. Ora, Watson, lasci passare qualche giorno perché l'atmosfera si possa miscelare: quante molecole della mia sostanza vi saranno in ogni litro dell'atmosfera di tutto il mondo?"

"Ebbene..., buon Dio, Holmes, la sua schifosa miscela avrà inquinato ogni litro d'aria di tutto il Pianeta!"

"E se un chimico di Adelaide cercasse di far cristallizzare la medesima sostanza?"

"E' incredibile, Holmes, ma sembrerebbe che le molecole provenienti dal suo esperimento dovrebbero cadere dall'aria nella sua storta e innescare la germinazione dei cristalli!"

"Proprio così, Watson. E la probabilità che ciò avvenga è ulteriormente accresciuta se oltre alla miscelazione casuale dell'atmosfera vi è stato un qualsiasi contatto più diretto tra i due laboratori - per esempio un pacco spedito da me, la cui superficie sarebbe inevitabilmente contaminata da molti milioni di atomi. C'e' sempre un grande traffico tra i centri di ricerca di tutto il mondo."

Meditai per qualche minuto, finché mi resi conto di dovere delle scuse al mio amico.

"Devo confessarle, Holmes, che pensavo che esistessero pochi interrogativi altrettanto futili quanto le speculazioni sull'esistenza degli atomi. Poiché essi sono troppo piccoli perché si possa anche solo immaginare di vederli, avevo posto le discussioni sugli atomi nella medesima categoria di quelle sull'esistenza della vita su Marte o se sia comparso prima l'uovo o la gallina: indovinelli irresolubili, o la cui soluzione sarebbe comunque priva di importanza. Pensavo che

il suo gingillarsi negli ultimi due giorni fosse una totale perdita di tempo per un adulto con un lavoro importante da portare a termine". "In un certo senso era proprio così, Watson: il lavoro era già stato eseguito in modo più abile del mio, e le mie capacità sono rivolte più all'investigazione che alle scienze pure".

Holmes sorrise.

"Ma, in qualità di medico, lei avrebbe dovuto immaginare l'importanza dell'argomento; non ha mai sentito parlare della teoria 'miasmatica' dell'origine delle malattie?"

"Certamente, Holmes. All'ospedale dove ho studiato molti se non tutti i medici più anziani credevano in questa teoria. E' noto sin dai tempi più antichi che le malattie possono essere trasmesse da una persona all'altra: deve quindi esistere un agente di trasmissione. Si sospettava che questo agente fosse un campo o un gas intangibile, a cui era stato dato il nome di miasma".

"Un po' come il calorico, non è vero?"

"Vedo l'analogia. Ma naturalmente, una teoria alternativa era che la malattia fosse causata da minuscoli organismi parassitari. Ciò è stato oggi dimostrato per certo, poiché con i moderni microscopi possiamo vedere questi organismi, a cui è stato dato il nome di batteri".

"Quindi, il problema se la malattia fosse nella sua essenza una sostanza continua, o miasma, o fosse invece costituita da minuscoli corpi discreti aveva un'importanza pratica?"

"Un'importanza enorme. Holmes: tutte le speranze della medicina di oggi dipendono da questo. Ma, a quel che vedo, mi sta prendendo in giro, e questo non è leale da parte sua: non ho appena ammesso che anche gli atomi sono importanti?"

"Lo ha ammesso con molto fair play", disse Holmes alzandosi dalla poltrona, "ma vi è un'ulteriore morale da ricordare. L'arcano mistero dell'esistenza degli atomi si è dimostrato importante non solo per i filosofi della scienza, ma anche per una donna del tutto comune che non aveva mai avuto in precedenza interesse per questi argomenti. Se non avesse capito chiaramente questo problema, avrebbe rischiato la vita. Buona notte, Watson!"

... ..

Premesso che sono più appassionato di enigmi che esperto di chimica, ora chiedo ai lettori che hanno avuto la pazienza di seguire questi ragiona-

menti per me sinceramente astrusi di darmi una mano: possiamo davvero ritenere che le molecole di Ossigeno e Azoto di quel respiro si siano diffuse nell'atmosfera in modo omogeneo?

Nel cercare di dare una risposta al quesito ho trovato queste informazioni relativamente al ciclo dell'ossigeno.

I tre principali "serbatoi" sono:

Atmosfera - $1.2E18$ kg

Biosfera - $1E16$ kg

Rocce sedimentarie - $6E19$ kg

Le "velocità di trasporto" fra questi serbatoi (in pratica la massa di ossigeno scambiata):

Atmosfera/Biosfera - $1E14$ kg/anno

Atmosfera/Rocce sedimentarie - $3E11$ kg/anno

Mi sembra, da questi dati, che si possa ritenere che le molecole di ossigeno dell'ultimo respiro di Cesare ancora libere debbano essere una parte decisamente rilevante delle originali.

Per l'azoto, la parte più importante, non ho trovato niente.

Ragazzi! Professori! Io dal primo settembre sarò un pensionato, ma se qualcuno mi verrà a trovare per farmi conoscere la propria opinione gliene sarò grato.

Pierfrancesco Castiglioni