

**da A.L. LAVOISIER, Memorie scientifiche, a cura di Ferdinando Abbri, Roma, 1986  
Memoria sulla combustione delle candele nell' aria atmosferica e nell' aria eminentemente respirabile (1777)**

Ho già stabilito, in memorie precedenti, che l'aria dell'atmosfera non è una sostanza semplice, un elemento, come ritenevano gli antichi e come si è supposto fino ai giorni nostri; che l'aria che respiriamo è composta da un quarto di aria eminentemente respirabile e che il surplus è una mofetta verosimilmente molto composta, incapace di mantenere da sola la vita degli animali, la combustione e l'inflammazione. Mi trovo costretto, di conseguenza, per rendere intellegibile questa memoria a distinguere quattro specie di arie o di fluidi aeriformi.

**Primo**, l'aria atmosferica; è quella nella quale viviamo, che respiriamo, ecc.

**Secondo**, l'aria pura, l'aria eminentemente respirabile; è quella che entra soltanto per circa un quarto nella composizione dell'aria atmosferica e che il Sig. Priestley ha denominato, molto impropriamente, aria deflogisticata.

**Terzo**, la mofetta atmosferica, che entra per tre quarti nella composizione dell'aria atmosferica e la cui natura ci è ancora interamente ignota.

**Quarto**, l'aria fissa, alla quale darò ora, seguendo in questo il Sig. Bucquet<sup>1</sup>, il nome di acido della creta, di acido cretoso e che distinguerò con i nomi di acido cretoso aeriforme o di acido cretoso in liquore, a seconda che si presenti nell'uno o nell'altro stato.

---

<sup>1</sup> Jean-Baptiste Michel Bucquet (1746-1780), chimico francese, collaboratore di Lavoisier.

**Quasi tutti coloro che si sono occupati di esperienze sulla combustione delle candele si sono persuasi che avveniva una diminuzione considerevole del volume dell'aria durante la combustione: è stata fatta una esperienza molto semplice per provarla, ma che è affatto concludente. Si è posta una candela sulla piastra di una pompa pneumatica e vi si è posto sopra un recipiente: si è osservato che la candela si spengeva dopo un breve lasso di tempo e che, quando i vasi erano divenuti freddi, il recipiente era attiguo alla piastra; ora questo**



**effetto poteva verificarsi solo perché il volume residuo di aria nel recipiente, dopo la combustione, era inferiore a quello dell'aria che lo riempiva prima dell'introduzione della candela. Ma non si è prestata attenzione al fatto che non si può porre un recipiente su una candela senza che l'aria del recipiente sia scaldata nell'istante in cui si mette sulla candela e prima che lo si sia applicato alla piastra; sotto la campana si racchiude dunque aria calda; ora l'aria calda diminuisce di volume raffreddandosi, non è perciò sorprendente che il recipiente sia attiguo alla piastra quando la candela è spenta e gli strumenti sono divenuti freddi.**

**Occorre osservare, d'altra parte, che esistono poche macchine pneumatiche nelle quali non possa passare qualche porzione di aria fra il cuoio e i bordi del recipiente, soprattutto nel momento in cui il recipiente, lungi dall'essere vicino alla piastra, ne è invece spinto lontano a ragione dello sforzo provocato dalla dilatazione; sfugge dunque quasi sempre l'aria durante la combustione della candela. A causa di ciò non resta più nel recipiente una quantità sufficiente di aria per creare l'equilibrio con la pressione atmosferica e ne risulta una nuova causa di adesione del recipiente alla piastra. Le esperienze compiute sotto campane immerse in acqua non sono maggiormente concludenti: 1° l'aria si dilata nel momento stesso in cui si introducono le candele, continua a dilatarsi durante la combustione e sfugge, di conseguenza, una quantità notevole di aria attraverso i bordi della campana. È dunque impossibile conoscere esattamente la quantità di aria sulla quale si è operato e sapere perciò se si è realmente verificata una diminuzione di volume e in quale misura; 2° la combustione delle candele ha la proprietà di cambiare in acido cretoso aeriforme una parte dell'aria atmosferica, o più esattamente una parte dell'aria pura contenuta nell'aria dell'atmosfera; ora l'acido cretoso aeriforme ha la proprietà di combinarsi con l'acqua. Supponendo che in questa esperienza si verifichi una diminuzione di volume provocata dalla combustione, è impossibile distinguerla da quella che si verifica a ragione della combinazione dell'acido cretoso aeriforme con l'acqua.**

**Queste riflessioni mi hanno costretto a seguire un'altra strada ed ho riconosciuto la necessità di operare solo sul mercurio; di conseguenza ho iniziato immergendo in un catino di mercurio una campana di cristallo inclinandola secondo un angolo dato, poi, raddrizzandola, ho fatto un segno sul punto al quale corrispondeva la superficie del mercurio. Ho ripetuto parecchie volte di seguito la stessa esperienza e mi sono assicurato che il mercurio rispondeva ogni volta all'incirca al segno che avevo fatto la prima volta sulla campana.**

**Dopo essermi assicurato che, con cura e attenzione, era possibile racchiudere in una campana una quantità costante, di aria, ho proceduto nella stessa maniera, tenendo la campana, con la mano sinistra, inclinata e parzialmente immersa nel mercurio, ed introducendovi dal di sotto, prontamente e con la mano destra, una piccola candela accesa. Introdurre la candela, completare l'immersione della campana e raddrizzarla sono operazioni da compiere in un batter d'occhio e bisogna perciò ricominciare sempre questa esperienza finché non si è arrivati al grado di destrezza necessario per compiere queste operazioni in un lasso di tempo quasi impercettibile.**

**Alcuni istanti dopo che la candela era stata racchiusa sotto la campana, la luce che essa diffondeva si è indebolita e poco dopo si è spenta. Si è osservato che il mercurio è sceso subito molto al di sotto del segno per effetto del calore e della dilatazione dell'aria contenuta nella campana; ma, quando la luce si è spenta e i recipienti si sono perfettamente raffreddati, il mercurio è ritornato assai esattamente al segno fatto prima dell'introduzione della candela.**

**Dico assai esattamente perché è impossibile rispondere delle piccolissime differenze in questa esperienza dato che a seconda della maggior o minor inclinazione della campana, a seconda delle variazioni minimali prodotte dal suo raddrizzamento possono risultare piccoli errori nell'altezza del mercurio.**

**Non era sufficiente che mi fossi assicurato che la combustione di una candela non provoca una diminuzione nel volume sensibile dell'aria, occorreva ancora determinare lo stato dell'aria dopo la combustione e i cambiamenti da essa provati. Ho perciò introdotto sotto la medesima campana e nella stessa aria in cui la candela si era spenta un piccolo strato di alcali fisso caustico in liquore; subito il volume dell'aria è diminuito e si è ridotto da 26 pollici cubici a 23 pollici e  $\frac{1}{5}$ , cioè la diminuzione è stata quasi di un nono del volume originario; allo stesso tempo la porzione di alcali caustico introdotto sotto la campana è divenuta suscettibile di fare effervescenza con gli acidi e questo mi ha provato che la diminuzione di volume era stata causata dalla combinazione dell'acido cretoso aeriforme con l'alcali. Ho acquisito, a tal proposito, un complemento di prova assai soddisfacente introducendo sotto la stessa campana un po' di acido vitriolico: questo acido si è combinato con l'alcali, facendo una effervescenza assai vivace; contemporaneamente l'acido cretoso aeriforme che era stato assorbito si è liberato di nuovo e il mercurio è ridisceso di livello assai esattamente fino al segno che avevo fatto sulla campana.**

**Per quanto questa esperienza fosse, per molti aspetti, perfettamente concludente, non lo era in misura sufficiente per me in relazione al problema della diminuzione dell'aria mediante la combustione e lasciava ancora, da questo punto di vista, qualche cosa a desiderare; bastava infatti aver inclinato un po' più o un po' meno la campana, nella esperienza sopra riferita, per produrre" differenze ed era possibile che la diminuzione del volume dell'aria fosse stata compensata da qualche errore sperimentale. Ho deciso perciò di prendere tutte le precauzioni possibili per ottenere un risultato più certo, più indipendente da qualsiasi errore, ed ecco l'esperienza che mi è sembrato dovesse essere la più decisiva. Ho fermato, nel centro di una capsula di vetro, una piccola candela; ho fissato sulla parte superiore dello stoppino un piccolo pezzo di fosforo di Kunckel<sup>2</sup>, del peso di un sesto di grano circa; ho posto poi la capsula su un bagno di mercurio e l'ho coperta con una campana di cristallo; infine, con un sifone di vetro che poneva in comunicazione l'interno della campana con l'esterno ho innalzato, succhiando dal sifone, il mercurio fino ad una data altezza che ho segnato esattissimamente con una striscia di carta incollata. Quando tutto era così disposto, ho fatto arroventare una piccola sbarra di ferro che avevo piegato in modo opportuno, l'ho fatta passare sotto la campana attraverso il mercurio affinché andasse a toccare la candela in alto e facesse prendere fuoco al pezzettino di fosforo. È evidente che il ferro arroventato si è considerevolmente raffreddato passando attraverso il mercurio, ha tuttavia conservato calore sufficiente per accendere il fosforo e quest'ultimo ha acceso la candela come desideravo.**

---

<sup>2</sup> Johann Kunckel (1638-1703), chimico tedesco, scoprì che il fosforo poteva essere ottenuto distillando urina evaporata.

Si è verificata la dilatazione dell'aria durante la combustione della candela, ma, allorché si è spenta, il mercurio è risalito piano piano in proporzione al raffreddamento dei recipienti e si è fermato un po' al di sopra del segno fatto prima della combustione della candela. Dal fatto che il mercurio, aveva superato la striscia di carta risultava che si era verificata una piccola diminuzione di volume dell'aria e, avendola misurata con scrupolosa attenzione, l'ho trovata esattamente pari a tre quarti di pollice cubico; ma un grano di fosforo, bruciando, assorbe circa tre. pollici cubici di aria, come ho stabilito grazie a parecchie esperienze (*si veda Opuscules physiques et chimiques, tomo I, capitolo IX*), dunque un sesto di grano doveva aver assorbito un mezzo pollice e ciò riduce ad un quarto di pollici la diminuzione reale dell'aria provocata dalla candela; la campana conteneva 72 pollici cubici, supponendo perciò che la diminuzione di un quarto di pollice non dovesse essere attribuita a qualche leggero errore nelle misurazioni la diminuzione provocata dalla combustione di una candela nell'aria comune sarebbe stata soltanto di  $1/288$  e può essere considerata nulla, soprattutto se si presta attenzione al fatto che un piccolo cambiamento di temperatura nell'ambiente in cui si era effettuata l'esperienza, poteva aver prodotto questa differenza.

Dato che la campana impiegata nell'esperienza era molto lunga e molto stretta, ho pensato che fosse possibile che la candela non era rimasta accesa così a lungo come avrebbe potuto se il recipiente fosse stato più basso e la circolazione interna dell'aria più agevole. Ho perciò rifatto la stessa esperienza con una campana di cristallo più larga e meno alta e la cui capacità era pari a 30 pollici.

Le circostanze sperimentali sono risultate esattamente identiche a quelle della precedente esperienza: il fosforo è stato acceso con un ferro caldo, ha comunicato la fiamma alla candela e quando i recipienti si sono perfettamente raffreddati si è trovata una diminuzione di volume pari a mezzo pollice cubico, che corrisponde esattamente all'assorbimento che avrebbe provocato la sesta parte di grano di fosforo se fosse stata bruciata sotto la medesima campana: la combustione della candela non aveva dunque provocato nessuna diminuzione sensibile del volume dell'aria. Dopo queste varie esperienze si può considerare stabilito: 1° che la combustione delle candele non diminuisce in misura sensibile il volume dell'aria nella quale vengono bruciate; 2° che questa combustione ha la proprietà di convertire in acido cretoso aeriforme un decimo circa del volume; 3° che se l'aria nella quale si è consumata una candela si trova in contatto sia con l'acqua, sia con l'acqua di calce o con l'alcali caustico, allora si verifica una diminuzione pari ad un decimo del volume dell'aria a causa dell'acido cretoso aeriforme che viene assorbito. L'aria, nella quale si sono fatte bruciare delle candele, quando è spogliata (mediante l'acqua o mediante un qualunque altro mezzo) della porzione di acido cretoso aeriforme che contiene, è, secondo il Sig. Priestley ed altri fisici, aria in parte flogisticata. Sono persuasi che si liberi dalle candele che bruciano, dai metalli sottoposti a calcinazione, ecc. una emanazione flogistica che si combina con l'aria saturandola. Penso invece, e ne ho già fornito alcune prove, che questo residuo della combustione non sia altro che la mofetta che entra, in misura pari a tre quarti, nella composizione dell'aria atmosferica più o meno spogliata della sua parte pura e respirabile; in effetti se a questa mofetta si rende il decimo di aria respirabile che ha perduto, la si riporta al suo stato primitivo.



**Ora se questa aria fosse flogisticata, come pretende il Sig. Priestley, se fosse inquinata da un principio qualunque che la rende malsana, non basterebbe, per ristabilirla nello stato di aria comune, renderle ciò che le manca, bisognerebbe anche toglierle ciò che ha in più. Del resto poiché sto combattendo con una serie di esperienze la dottrina di Stahl sul flogisto, le obiezioni che porterò contro questa dottrina avranno valore anche per la flogisticazione dell'aria ammessa dal Sig. Priestley. L'aria dell'atmosfera contiene, secondo me, un quarto circa del suo volume di aria pura e respirabile; la combustione delle candele non ne converte in aria fissa, in acido cretoso aeriforme, che un decimo; dunque, supponendo che questo volume dell'aria fosse cento prima della combustione, devono restare, dopo la combustione, 75 parti di mofetta atmosferica e 15 parti di aria respirabile; perciò gli animali possono vivere nell'aria in cui sono bruciate le candele, si può ancora infiammare una data porzione di fosforo e persino dopo questa operazione restano ancora almeno cinque parti di aria eminentemente respirabile. Quest'ultima porzione di aria è talmente unita alla mofetta atmosferica che conosco un solo mezzo per separarla: la combustione del piroforo, come farò vedere in una prossima memoria. Non mi resta altro per completare questo argomento che dare il resoconto dei fenomeni esibiti dalla combustione delle candele in aria eminentemente respirabile: queste esperienze mi forniranno nuove armi contro la supposizione gratuita della flogisticazione dell'aria.**

Ho introdotto una candela accesa sotto una campana di vetro riempita di aria pura, ottenuta dal mercurio precipitato rosso; questa campana era immersa in una vasca contenente del mercurio: la combustione si è verificata con una luce viva, con una fiamma molto ampia e con tutti i fenomeni descritti dal Sig. Priestley; il calore, durante la combustione, è stato così grande che una parte di aria è passata sotto il bordo della campana ed è fuggita, ma questa quantità non era molto considerevole. Quando la candela si è spenta ho lasciato raffreddare il recipiente ed ho introdotto uno strato di alcali fisso caustico sulla superficie del mercurio: subito l'aria fissa o acido cretoso aeriforme è stato assorbito ed ho riconosciuto grazie a questa prova che i due terzi dell'aria pura erano stati convertiti dalla combustione in acido cretoso aeriforme. Ma ciò che mi è sembrato più interessante è che il terzo restante dopo l'assorbimento dell'acido cretoso aeriforme da parte dell'alcali caustico era ancora aria pura; avendo fatto passare quest'aria sotto una campana più piccola vi ho fatto bruciare di nuovo una candela; quest'ultima ha dato una fiamma ampia, la metà circa dell'aria si è trasformata in acido cretoso aeriforme ed è stata assorbita dall'alcali caustico; ciò che restava era ancora quasi nello stesso grado di bontà dell'aria comune. Segue da tutto ciò che quando si introduce una candela in una campana che contiene circa 100 parti di aria pura o aria eminentemente respirabile, 66 parti sono convertite in aria fissa o acido cretoso; delle 34 restanti, ventuno ed  $\frac{1}{4}$  sono ancora allo stato di aria pura e suscettibili di essere convertite in acido cretoso aeriforme; infine delle cento parti non restano al termine che dodici e  $\frac{3}{4}$ , cioè circa un ottavo di un'aria che spegne le fiamme senza precipitare l'acqua di calce e che sembra essere una parte della mofetta atmosferica contenuta precedentemente nell'aria pura o deflogisticata; questa parte è tanto meno considerevole quanto più l'aria era pura.

**Risulta chiaramente che queste esperienze sono eversive della opinione del Sig. Priestley sulla flogisticazione dell'aria ad opera della combustione. Se in effetti, come pretende questo celebre fisico, la combustione ha la proprietà di flogisticare l'aria, si dovrebbe formare tanta più aria flogisticata quanto più considerevole era la sostanza bruciata; ora, a volume uguale di aria, la combustione è quattro volte maggiore nell'aria pura che nell'aria atmosferica, si dovrebbe perciò formare una quantità di aria flogisticata quattro volte maggiore: invece se ne ottiene una quantità nove volte minore; la sproporzione tra ciò che si ottiene e ciò che si dovrebbe ottenere, seguendo l'opinione del Sig. Priestley, è dunque in un rapporto di 1 a 36. Inoltre il residuo della combustione del fosforo, e soprattutto del piroforo, nell'aria pura o eminentemente re-spirabile è minore di quello che rimane nella combustione delle candele, e si potrebbe dire che è quasi nullo, mentre secondo la concezione del Sig. Priestley dovrebbe essere più considerevole: è dunque errato attribuire all'emanazione del flogisto la formazione dell'aria mefitica che rimane dopo la combustione nell'aria atmosferica; questa parte mefitica esisteva prima della combustione, in accordo con quanto da me affermato.**

**Per ricapitolare i fatti principali che sembrano provati dalle- esperienze precedenti mi sembra ben stabilito:**

- 1° che la mofetta atmosferica che entra per tre quarti nella composizione dell'aria atmosferica non contribuisce in niente ai fenomeni della combustione;**
- 2° che la combustione ha effetto solo sulla parte di aria pura, su quella che il Sig. Priestley ha chiamato aria deflogisticata, la quale entra per 1/4 nella composizione dell'aria dell'atmosfera;**
- 3° che due quinti soltanto di quest'aria pura sono convertiti in acido cretoso aeriforme ad opera della combustione delle candele e che gli altri tre quinti restano uniti alla mofetta atmosferica senza che la combustione abbia la forza di separarli;**
- 4° che il fosforo ha una forza combustibile molto più considerevole di quella delle candele, poiché esso può sottrarre i quattro quinti dell'aria pura contenuta nell'aria dell'atmosfera;**
- 5° che il piroforo porta la sua azione ancora più lontano, perché trasforma, verosimilmente, quasi tutta la quantità dell'aria pura contenuta nell'aria atmosferica in aria fissa.**

**Potrei portare più avanti tutte queste conseguenze e far vedere che l'acido cretoso aeriforme, che si forma durante la combustione delle candele, non è altro che l'aria infiammabile che si libera dalla candela, più l'aria eminentemente respirabile nella quale avviene la combustione, meno una parte considerevole di materia del fuoco che entrava nella composizione delle due arie di partenza; ma le prove che potrei portare a sostegno di queste asserzioni presuppongono conoscenze che i miei lettori non posseggono ancora. Sono perciò costretto a sospendere l'ampliamento di questa teoria finché non avrò provato, da una parte, l'esistenza della materia del fuoco in tutti i fluidi aeriformi, e non avrò fatto vedere, dall'altra, come è possibile formare acido cretoso aeriforme combinando aria infiammabile con la base dell'aria eminentemente respirabile.**