*Questo testo è un breve riassunto, non esaustivo, delle scoperte avvenute nel XVIII secolo in ambito chimico e del fermento di idee che ha portato al cambiamento di “paradigma”. E’ pensato per gli insegnanti ma può essere utilizzato anche con gli studenti, magari suddiviso in step e arricchito con esperienze di laboratorio, in cui si ripropongono, in termini di reazioni, alcune tappe salienti. Alcune possibili reazioni sono riportate a fine articolo. Nel testo alcuni termini riportati tra virgolette sono un riferimento alla teoria delle rivoluzioni scientifiche di T.S. Kuhn.*

**La rivoluzione chimica**

La filosofia della materia sostenuta dai chimici della prima metà del Settecento si basava essenzialmente sulla teoria dei quattro elementi di Aristotele e dei tre principi di Paracelso. Acqua, aria, terra, fuoco, con l’aggiunta di mercurio, sale , zolfo, rendevano conto della varietà di composti, metalli, minerali, e altre forme di aggregazione chimica. Queste erano le premesse generali che inducevano i chimici dell’epoca a ridurre qualunque reazione, anche la più complessa, ad un piccolo numero di elementi, o principi, originari e alle loro mescolanze. Ma la materia, manipolata nei laboratori, raramente rispondeva ai criteri di semplicità e uniformità che i chimici tentavano di imporle nelle introduzioni delle loro opere. Nel Settecento avvengono in chimica degli eventi che furono percepiti, e spesso anche esplicitamente definiti, come "rivoluzionari”. Il primo di questi consiste nell'elaborazione e nella progressiva diffusione in tutta Europa della teoria del flogisto che fu ideata inizialmente dallo iatrochimico tedesco Johann Joachim Becher (1635-1682) all'interno della sua teoria degli elementi, ma in realtà, venne sistematizzata e diffusa soprattutto dall'allievo principale di Becher, Georg Ernst Sthal (1660-1734). Becher nella *Physica subterranea* (1667) sosteneva che i corpi naturali erano composti di princìpi prossimi come l'*acqua* e la *terra*. Quest'ultima, a sua volta, era distinguibile in tre terre distinte: la *vetrificabile* o *fusibile* o *petrosa*, la *infiammabile* o *pingue* e la *mercuriale* o *fluida*, in parte corrispondenti ai tre elementi paracelsiani *sale*, *zolfo*, *mercurio*, e alle proprietà di questi. La terra infiammabile di Becher ebbe una grande fortuna nella chimica successiva, grazie soprattutto alle teorie del suo allievo, Georg Ernst Sthal (1660-1734). Questi aveva razionalizzato la chimica becheriana eliminando i più espliciti richiami metafisici e i numerosi riferimenti alla filosofia mosaica sulla origine e sullo sviluppo della natura in essa presenti. Aveva, però, accettato la teoria degli elementi. In particolare Stahl accentuerà il ruolo della *terra infiammabile* da lui definita *flogisto*. Questo principio diventerà il centro di una serie di teorie chimiche, le più importanti delle quali riguardavano la combustione, la calcinazione, la respirazione e la formazione degli acidi. Infatti il flogisto era considerato il principio responsabile della combustibilità dei corpi combustibili, e della calcinabilità dei metalli. In questi fenomeni si aveva esclusivamente una liberazione di flogisto nell'aria atmosferica, inizialmente considerata chimicamente inerte e puro ricettacolo di questo principio e anche degli altri ( reazione 3). Il flogisto, inoltre, era la causa materiale dei colori, degli odori e dei sapori dei corpi ed era considerato la *materia del fuoco*, cioè la sostanza dalla quale si ottenevano tutti gli effetti termici associati alle reazioni chimiche. Le opere di Sthal ebbero un ruolo decisivo nella pressoché generale unificazione della teoria chimica intorno a un nucleo di principi che possedeva una grande capacità di fornire spiegazioni accettabili dei fenomeni chimici. L’aria, comunque, era ancora considerata dalla stragrande maggioranza come un elemento semplice, la cui funzione durante le reazioni chimiche era praticamente nulla. Fu lo scozzese Joseph Black (1712-1799) a gettare per primo una luce sull' ancora misterioso mondo dei fluidi aeriformi. Per cottura dei carbonati di magnesio e di calcio, Black riuscì a ottenere un gas, da lui definito *aria fissa* (anidride carbonica) molto diversa dall'aria comune. L' *aria fissa*, infatti, come lo stesso Black dimostrò nel 1756, era più pesante dell'aria atmosferica e non manteneva la combustione, la calcinazione e la respirazione animale (reazione 1); inoltre essa era presente in piccole quantità nell'aria atmosferica. Nel 1766 Henry Cavendish scoprì un altro gas, l'*aria infiammabile*, cioè l'idrogeno, facendo reagire l'acido solforico e l'acido cloridrico con alcuni metalli ( reazione 2). Priestley ( 1733-1804) ottenne un'*aria* che manteneva molto vivacemente la combustione di una candela. Contemporaneamente a lui, il chimico svedese Carl Wilhelm Scheele (1742-1786) separava i due costituenti principali dell'aria atmosferica, costatando che solo uno di essi manteneva la combustione e la respirazione, e che venne chiamato *aria di fuoco*. L'altro, chimicamente inerte, venne invece chiamato *aria mefitica*, proprio per il suo rapporto negativo con la respirazione. Fino alla seconda metà del Settecento furono isolati più di venti gas! La scoperta che l’aria atmosferica era composta da più di un gas sconvolgeva i presupposti dell’antica filosofia della materia, ma molti chimici tra cui Priestley continuarono a cercare di interpretare le nuove scoperte all’interno del paradigma flogistico. Questa teoria, però, non riusciva a spiegare alcuni fenomeni notevoli, come per esempio la sparizione di una parte di aria dall'ambiente nel quale avvenivano queste reazioni; o l'aumento in peso che si costatava pesando le calci metalliche che, a rigore, secondo la teoria, dovevano pesare di meno del metallo di partenza, in quanto questo era considerato composto di una *terra* e dello stesso flogisto, ritenuto un elemento ponderabile (reazione 3). Proprio a partire da questi problemi prenderà avvio il programma di ricerca di Antoine-Laurent Lavoisier (1743-1794) dal quale la chimica assumerà una struttura teorica e sperimentale completamente nuova: nascerà così la chimica moderna. Un punto molto importante del programma di Lavoisier fu la geniale intuizione che uno studio sistematico e teorico, che non prescindesse da analisi quantitative, dei gas potesse condurre a quella che lui stesso definì come una rivoluzione scientifica. Nel 1783 ancora Henry Cavendish realizzò una serie di esperimenti che prevedevano la combustione dell’idrogeno in presenza di ossigeno che lo portò a concludere che l’acqua era una combinazione di aria deflogisticata (ossigeno) e aria infiammabile o flogisto (idrogeno). Queste esperienze vennero riprese da Lavoisier che riuscì con un nuovo esperimento a scomporre l’acqua in idrogeno e ossigeno (reazione 4), confermando così in maniera definitiva la natura composta dell’acqua e la validità della sua nuova teoria degli elementi. Sulla base del suo nuovo approccio Lavoisier affermò che le ricerche secolari sul numero e sulla natura degli elementi erano speculazioni metafisiche prive di qualsiasi fondamento scientifico. Le accese controversie che da Aristotele fino a Stahl avevano caratterizzato la natura stessa della chimica venivano abbandonate a favore di una nuova nozione di elemento. I quattro elementi di Aristotele, i tre principi di Paracelso, le tre terre di Becher, il flogisto di Stahl, e tutti gli altri elementi o sostanze che erano stati individuati come principi costituenti della materia, all’esame sperimentale del laboratorio si erano rivelati essere corpi composti e, in alcuni casi, illusori. La definizione di elemento di Lavoisier, al contrario , metteva fine all’estenuante tentativo di ridurre la complessità della materia a un numero limitatissimo di elementi semplici. “ Ciò che si può dire -egli scriveva nel *Traité élémentaire de chimie*- sul numero e sulla natura degli elementi si esaurisce secondo me in discussioni puramente metafisiche: si tratta di problemi indeterminati che ci si propone di risolvere, che sono suscettibili di una infinità di soluzioni, ma delle quali, è probabile, che nessuna vada d’accordo con la natura. Mi limiterò dunque a dire che, se con il nome di elementi intendiamo designare le molecole semplici e indivisibili che compongono i corpi, è probabile che non li conosciamo. Invece, se colleghiamo al nome di elementi o principi l’idea del termine ultimo al quale perviene l’analisi, tutte le sostanze che non abbiamo potuto scomporre sono per noi elementi; non perché possiamo assicurare che questi corpi che consideriamo semplici non siano essi stessi composti di due e persino di un più grande numero di principi, ma perché questi principi non si separano, o piuttosto perché non abbiamo alcun mezzo per separarli.” Con questo discorso Lavoisier getta le basi, non solo conoscitive, ma anche metodologiche, della chimica e della scienza in generale. Il suo lavoro si ferma, come egli afferma, al livello macroscopico dell’indagine sperimentale. Verrà sviluppato in seguito da Dalton (1766-1844) con ulteriori evidenze ( Legge delle proporzioni multiple) che metteranno in luce l’aspetto particellare e discreto della materia. Egli riproporrà il termine “atomo” usato da Democrito spogliandolo delle connotazioni metafisiche. Si concluderà così la “rivoluzione” dalla materia continua alla materia discontinua e inizierà un periodo di “scienza normale”.

1. Produzione di CO2

Questa non è la reazione utilizzata da Black per la produzione di CO2, ma può essere utilizzata come esempio di produzione di gas. La scoperta della loro esistenza ( “chimica pneumatica”) e l’ acquisizione della capacità di maneggiarli è stata un momento importante per lo sviluppo della chimica come scienza quantitativa.

 CaCO3 + HCl → CaCl2  + H2O + CO2

1. Produzione di H2

Queste reazioni rappresentano esempi di quelle utilizzate da Cavendish per produrre idrogeno

Zn + 2HCl → ZnCl2  + H2

Mg + 2HCl → MgCl2  + H2

1. Calcinazione dei metalli

Un esempio di calcinazione cioè la reazione di un metallo con l’ossigeno e la produzione di un ossido (calce). Può essere utilizzata in maniera quantitativa in una capsula di porcellana, pesando prima il metallo e poi l’ossido, per dimostrare che quando i metalli bruciano aumentano di peso. Queste reazioni sono state una grossa “anomalia” per la teoria del Flogisto

2Mg + O2 → 2MgO

1. Idrolisi dell’acqua

Questa reazione permise a Lavoisier di confermare definitivamente che l’acqua è un composto e non un elemento.

2H2O → 2H2  + O2