

ANGELA BANDINELLI\*

## **La Chimica Antiflogistica e l'indagine sul Vivente fra Sette e Ottocento\*\***

### **The Antiphlogistic Chemistry and the Investigation on Living Beings between the 18<sup>th</sup> and 19<sup>th</sup> Century**

**Summary** – The present essay suggests a new interpretation of Lamarckian biology based on the analysis of the different theories concerning living beings between the 18<sup>th</sup> and 19<sup>th</sup> century. The *nouvelle chimie* introduced a new concept of combustion that overwhelmed the way of thinking the inflammation of bodies. Moreover it is possible to show that the *nouvelle chimie* opened a new era changing also the organisation of the so called «animate machine». The living body turn into a «natural compound» constantly exposed to material transformation. Thank to nouvelle chimie the living body became a natural system, i.e. a unity ruled by two physical-chemical laws: the principle of heat conservation (1783) and the principle of mass conservation (1789). The Newtonian conception of a living machine peculiar to the dynamics started to crumble: the image of a complicated machine died to give birth to the new concept of system. The living body was no longer a concern of mechanics but a physical-chemical argument.

Antoine-Laurent Lavoisier (1743-1794) e Pierre-Simon Laplace (1749-1827) lavorarono nell'inverno tra il 1782 e il 1783 ad una nuova teoria del calore dedotta dai risultati ottenuti applicando un metodo nuovo d'indagine dei fenomeni termici.

La tradizionale dipartizione tra la causa del calore e il suo effetto meccanico di dilatazione dei corpi<sup>1</sup> fu solo apparentemente<sup>2</sup> recuperata dai due autori.

\* Università di Firenze.

\*\* Relazione presentata al IX Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Modena, 25-27 ottobre 2001).

<sup>1</sup> «These general effects of heat are, Expansion, fluidity, vapour, ignition, or incandescence, and inflammation, or combustion» J. Black 1803, *Lectures on the Elements of Chemistry: delivered in the Univ. Of Edinburgh by the late Joseph Black*; now published from his manuscripts, by John Robison, Edinburgh, Mundell, London, 2 voll.; I, p. 35.

<sup>2</sup> A.L. Lavoisier, P.S. Laplace, *Mémoire sur la chaleur* 1783, in *Oeuvres de Lavoisier ...*, 6 voll.; II, p. 288.

Nel *Mémoire sur la chaleur* (1783)<sup>3</sup> che derivò da quel sodalizio, essi preferirono distinguere il calorico dal calore specifico, ma solo per chiarire che il primo è di pertinenza del mondo della metafisica (o mondo delle ipotesi)<sup>4</sup> e il calore specifico, invece, è suscettibile di analisi fisico-chimica (mondo dei fatti o dei risultati).<sup>5</sup> Trattasi di un nuovo tipo di indagine non limitata agli effetti di dilatazione meccanica e comprensiva di una natura fino allora sconosciuta (d'ordine «termochimico» secondo l'interpretazione di Partington<sup>6</sup>) e specifica dei fenomeni inerenti al passaggio di calore nei corpi di diversa natura.

La logica «scientifica» messa in pratica<sup>7</sup> in questo fondamentale *Mémoire* esigeva dunque l'invenzione di un opportuno metodo d'indagine «indipendente da ogni ipotesi».<sup>8</sup> Mentre la maggior parte dei *physiciens* «erano divisi sulla natura del calore»,<sup>9</sup> Lavoisier e Laplace riuscirono ad affrontare la questione dal loro specifico punto di vista «scientifico»: alla domanda «Cos'è il calore?» essi preferirono il quesito «Quali sono le trasformazioni che il calore fa subire ai corpi?» al quale cercarono, appunto, di rispondere per via «analitico-sperimentale».<sup>10</sup>

<sup>3</sup> A.L. Lavoisier e P.S. Laplace, *Mémoire sur la chaleur*, letto il 18 e 25 giugno 1783 all'Académie Royale des sciences, e pubblicato nel 1784 nel volume con la data del 1780 della raccolta dei «Mémoires de l'Académie Royale des Sciences», Paris 1780 (1784). Esso fu anche pubblicato separatamente nel 1783, *Mémoire sur la Chaleur*. Lu à l'Académie Royale des Sciences, le 28 juin 1783. Par Mrs Lavoisier et La Place de la même Académie, De L'Imprimerie Royale, Paris, 1783». A. Di Meo, *Il calore tra fisica, chimica e fisiologia* 1995, Teknos, Roma, nota (1), p. XLII.

<sup>4</sup> «Tout ce qu'on peut dire sur la nature des élémens, se borne, suivant Lavoisier, à des discussions métaphisiques» *Extr. d'un ouvrage de M. Lavoisier ayant pour titre Traité Élémentaire de Chimie présenté dans un ordre nouveau et d'après des découvertes modernes par M. Séguin*, in *Ann. de Ch.*, T 2° (vol. 1°), 1789, p. 277.

<sup>5</sup> «Quelle que soit la cause qui produit la sensation de la chaleur, elle est susceptible d'accroissement et de diminution, et, sous ce point de vue, elle peut être soumise au calcul». A.L. Lavoisier, P.S. Laplace 1783; II, p. 284.

<sup>6</sup> J.R. Partington, *A History of Chemistry*, MacMillan, London, 1962, III, p. 246.

<sup>7</sup> A partire da *La Logique* (1780) condillachiana il metodo analitico assurgeva a strumento di conoscenza. Da qui Lavoisier sviluppò il suo originale imperativo filosofico secondo il quale: «Une conformité aussi grande dans les résultats annonçoit une identité dans la cause qui les produisoit». A.L. Lavoisier 1789, *Réflexions sur la décomposition de l'Eau par les substances végétales et animales*, in *Obs. pb.*, T 34°, p. 463. Si sostiene che l'operazione lavoisieriana sia stata originale proprio nello spostare l'attenzione dalla discussione di «identici effetti, identica causa» alla discussione «identici risultati, stessa causa». Conviene ripetere che ciò fu possibile anche a partire dalla chiara distinzione fra il mondo delle *hypothèses* e il mondo dei *faits*.

<sup>8</sup> «La méthode qui vient de nous conduire à ce résultat est indépendante de toute hypothèse». A.L. Lavoisier, P.S. Laplace 1783, II, p. 332.

<sup>9</sup> A.L. Lavoisier, P.S. Laplace 1783, II, p. 285. «They did not therefore, supply us with a proper theory or explication of the nature of heat», J. Black 1803, I, p. 33.

<sup>10</sup> Per «analitico-sperimentale» qui s'intende, ad es., la chiarezza con cui tutta la scuola lavoisieriana affrontava le questioni metodologiche della ricerca. Era consapevolezza comune che la confutazione di un fatto poteva aver luogo solo con prove adottate con la stessa metodologia usata per stabilirlo: «... il est de principe qu'une opinion ne peut être réfutée que par de preuves du même genre que celles dont on s'est servi pour l'établir. Les expériences que nous avons données, ajoute-

Assunto il generale principio fisico di conservazione delle forze vive,<sup>11</sup> i due autori ipotizzano che il calore sia la forza che tende all'uniformità dei movimenti. Il calore, dunque, si suppone essere una forza (e non un impulso dinamico<sup>12</sup>) i cui comportamenti sono regolati da una legge ben nota ai fisici, indipendente da ogni ipotesi sulla sua natura<sup>13</sup> e garante, per questo, di quantificazione. Nel semplice *mélange* di corpi il calore è costante.

Lavoisier e Laplace concentrarono l'attenzione su questa legge iniziando in tal modo una tradizione di ricerca all'interno della filosofia naturale, basata sul progetto di una nuova teoria del calore propria di una disciplina fisica, distinta dalla dinamica perché interessata ad analizzare le regolarità di forze agenti in un sistema *fisico-chimico*<sup>14</sup> e non solo interessata al calcolo della velocità dei cambiamenti di stato dei corpi.<sup>15</sup>

t-il, de la décomposition et recombinaison de l'eau étant d'ordre démonstratif, c'est des expériences du même ordre, c'est-à-dire, par des expériences démonstratives qu'il faut les attaquer». *An Essai on Phlogiston and the Constitution of Acids; Essai sur le Phlogistique et la Composition des Acides, nouv.édit.* par Richard Kirwan à laquelle on a joint de notes en faveur de la doctrine anti-phlogistique, trad. de l'édit. françoise de cet ouvrage, à la suite duquel elles avoient été ajoutées par MM. Morveau, Lavoisier, Fourcroy, La Place, Monge et Berthollet, avec de remarques et des réponses de l'auteur. Extr. par M. Adet, in *Ann. ch.*, T 7° (vol. 4°) 1790, pp. 200-1.

<sup>11</sup> «... cette loi consiste en ce que, dans un système de corps qui agissent les uns sur les autres d'une manière quelconque, la force vive, c'est-à-dire la somme des produits de chaque masse par le carré de sa vitesse, est constante». A.L. Lavoisier, P.S. Laplace 1783, II, pp. 285-6.

<sup>12</sup> «Cette manière d'envisager la chaleur explique facilement pourquoi l'impulsion directe des rayons solaires est inappréciable, tandis qu'ils produisent une grande chaleur. Leur impulsion est le produit de leur masse par leur simple vitesse; or, quoique cette vitesse soit excessive, leur masse est si petite, que ce produit est presque nul, au lieu que leur force vive étant le produit de leur masse par le carré de leur vitesse, la chaleur qu'elle représente est d'un ordre très-supérieur à celui de leur impulsion directe». A.L. Lavoisier, P.S. Laplace 1783, II, p. 286.

<sup>13</sup> «Quoi qu'il en soit, comme on ne peut former que ces deux hypothèses sur la nature de la chaleur, on doit admettre les principes qui leur sont communs; or, suivant l'une et l'autre, la quantité de chaleur libre reste toujours la même dans le simple mélange des corps. Cela est évident, si la chaleur est un fluide qui tend à se mettre en équilibre, et, si elle n'est que la force vive qui résulte du mouvement intestin de la matière, le principe dont il s'agit est une suite de celui de la conservation des forces vives. La conservation de la chaleur libre, dans le simple mélange des corps, est donc indépendante de toute hypothèse sur la nature de la chaleur; elle a été généralement admise par les physiciens, et nous l'adopterons dans les recherches suivantes». A.L. Lavoisier, P.S. Laplace 1783, II, p. 287.

<sup>14</sup> *Fisico-chimico* o *fisicochimico* va qui inteso come compare nella letteratura dell'epoca, cioè come aggettivo, che riguarda la fisica e la chimica. Vedi, ad es., J.B. de Lamarck, *Recherches sur les causes des principaux faits physiques*, Paris, chez Maradan Libraire, 2 voll., 1794 dove l'autore propone un'originale *logique physico-chimique*.

<sup>15</sup> «Parmi ses effets, il faut en choisir un, facile à mesurer, et qui soit proportionnel à sa cause; de même qu'en dynamique nous représentons la force par le produit de la masse et de la vitesse, quoique nous ignorions la nature de cette modification singulière en vertu de laquelle un corps répond successivement à différents points de l'espace». A.L. Lavoisier, P.S. Laplace 1783, II, p. 288.

Il concetto di *sistema* appare così nell'accezione moderna del termine solo nel *Mémoire sur la chaleur* (1783) e risulta intimamente legato a quello di *calore specifico* o capacità calorica<sup>16</sup> variabile con la natura dei corpi. Non solo, il concetto di sistema risulta indissolubile dal *metodo quantitativo*, in quanto unità fisico-chimica di esperienze quantificabili. Si sostiene dunque che nel 1783 si compie il passaggio dalle varie immagini di calore specifico (proprie della tradizione filosofica scozzese),<sup>17</sup> al concetto di calore specifico (proprio della tradizione scientifica francese).

Sappiamo che nel corso degli anni Sessanta del Settecento il «chemical philosopher»<sup>18</sup> Joseph Black (1728-1799) lavorava ad una teoria del calore<sup>19</sup> e alla ricerca di un nuovo metodo di quantificazione<sup>20</sup> partendo dalla convinzione che il calore era una qualità della materia, se non addirittura materia stessa.<sup>21</sup>

È a Black che si deve la dipartizione ipotetica fra calore latente (non rilevabile

<sup>16</sup> Vedi a questo proposito gli studi di Marco Beretta, in particolare, Marco Beretta, *A New Course in Chemistry. Lavoisier's First Chemical Paper*, Olschki, Firenze 1994. Beretta ha fatto notare, ad es., che già a partire dagli anni Sessanta, Lavoisier aveva chiara l'idea d'indagare il fuoco nei suoi effetti sensibili tralasciando le discussioni sulla sua natura: «... il est plus aisé de donner une idée des effets du feu que de faire connoître la nature de cet élément», «Lavoisier made no comment on the chemists' discussion on the actual nature of fire, preferring consider the related phenomena from a physical standpoint». M. Beretta 1994, p. 59 e p. 28. Beretta ha fatto notare che già nel corso degli anni Sessanta, Lavoisier aveva osservato che gli effetti del fuoco variavano a seconda della natura del corpo: «He also observed that different metals exposed to the same heat did not expand at the same rate and that this difference was not dependent on the different densities of the metals. Last but not least, he remarked that, though placed under the same experimental conditions and exposed to the same temperature, different bodies did not reach the same degree of heat. (...) these random observations on the pyrometer are very interesting as an early attempt to use a physical instrument in the explanation of chemical phenomena». M. Beretta 1994, p. 29. Vedi anche M. Ciardi, *La fine dei privilegi*, Olschki, Firenze 1999, pp. 48-53 e pp. 192-201.

<sup>17</sup> «The word capacity was first employed in this sense [indicante cioè il fenomeno per cui si hanno comparative elevazioni termometriche prodotte in corpi differenti dalle stesse quantità di calore] by Dr. Black and Dr. Irvine; the expression relative heat, by Dr. Irvine, comparative by Dr. Crawford, and specific heat, I believe, by Prof. Wilcke». W. Irvine, *Essays chiefly on Chemical Subjects, by the late W. Irvine, lecturer in Materia Medica and Chemistry in the Univ. of Glasgow, and by his son William Irvine*, London, 1805, p. 79.

<sup>18</sup> «... you may perceive something of the distinction which I think necessary to keep between art and science, between the artist and the man of knowledge, or the philosopher». J. Black, *Lectures on the Element of Chemistry*, Edinburgh, Longman, 1803, 2 voll.; I, p. 3.

<sup>19</sup> «But our knowledge of heat is not brought to that state of perfection that might us to propose with confidence a theory of heat». J. Black 1803, I, p. 30.

<sup>20</sup> «When a sufficient number of experiments shall have been made to ascertain with exactness the capacity of different bodies for the matter of heat, we may try a new method, different from that of Sir Isaac Newton, for estimating the violent degrees of heat, which are far above the reach of the thermometer». J. Black 1803, I, p. 83.

<sup>21</sup> «... quality of matter, by which it excites in us the sensation of heat». J. Black 1803, I, p. 23; «... the same quantity of the matter of heat has more effect in heating quicksilver than in heating an equal measure of water ...». J. Black 1803, I, p. 80.

direttamente col termometro<sup>22</sup>) e calore sensibile (capace di sensibilizzare il termometro<sup>23</sup>). Questa ricerca sostiene che, mentre il chimico scozzese aveva teorizzato la possibilità di misurare indirettamente la quantità di calore latente,<sup>24</sup> i francesi, dopo vent'anni di ricerche sistematiche, misurarono direttamente il calore specifico definito come un rapporto di quantità non relativo alle capacità assolute dei corpi.<sup>25</sup> Ciò significa che mentre Black era interessato agli effetti sensibili d'ordine meccanico, Lavoisier e Laplace inaugurarono lo studio del calore specifico, un «effetto» relativo non alla dilatazione o espansione dei corpi, bensì alla loro natura termochimica, una dimensione fino allora non indagata. Mentre Black considerava la quantità di calore un sinonimo del calore latente, causa degli effetti meccanici sui corpi, Lavoisier e Laplace sostenevano che la causa è una questione metafisica. In definitiva, Black mirava a un nuovo metodo capace di misurare la causa dei fenomeni termici, Lavoisier e Laplace inventarono un metodo per misurare gli effetti sottoponibili ad analisi fisico-chimica.

Black intendeva per «capacity of different bodies for the matter of heat» una peculiare percentuale di espansione variabile in corpi diversi,<sup>26</sup> Lavoisier e Laplace intendevano un rapporto di quantità necessarie ad innalzare di uno stesso numero di gradi la temperatura dei corpi di ugual massa.<sup>27</sup> Ne consegue che le due tradi-

<sup>22</sup> «I consider fluidity as depending, immediately and inseparably, on a certain quantity of the matter of heat which is combined with the fluid body, in a particular manner, so as not to be communicable to a thermometer, or to other bodies, but capable of being extricated again by other methods, and of re-assuming the form of moveable or communicable heat». J. Black 1803, I, p. 144.

<sup>23</sup> Black era perfettamente consapevole delle insufficienze del termometro circa il calcolo della quantità di calore nei corpi dato che per quella via era possibile conoscere soltanto «the differences of heat». J. Black 1803, I, p. 64; «The immediate application and use of thermometers is, therefore, limited to the measurement of a certain small extent only of the variations of heat». J. Black 1803, I, p. 62.

<sup>24</sup> Glasgow 1764. Black ed il giovane medico Irvine mettono a punto una serie di esperimenti in tal senso giungendo a questi risultati: ghiaccio = 0° scala Fahrenheit di calore latente, acqua = 140° di calore latente, vapore = 800° di calore latente più dell'acqua. Vedi J. Black 1803, I, p. 171 e seguenti.

<sup>25</sup> «Les expériences rapportées dans l'article précédent ne donnent pas les rapports des quantités absolues de chaleur des corps; elles ne font connaître que les rapports des quantités de chaleur nécessaires pour élever d'un même nombre de degrés leur température». A.L. Lavoisier, P.S. Laplace 1783, II, p. 308.

<sup>26</sup> «As experiments have shewn that each kind of matter has its own peculiar rate of expanding, or differs from others in the quantity of expansion which it suffers, by a certain variations of its heat ...». J. Black 1803, I, pp. 49-50; «We must, therefore, conclude that different bodies, although they be of the same size, or even of the same weight, when they are reduced to the same température or degree of heat, whatever that be, may contain very different quantities of the matter of heat». J. Black 1803, I, p. 83.

<sup>27</sup> A.L. Lavoisier, Laplace 1783, II, p. 290: «On peut de là tirer une règle générale et fort simple, pour déterminer, par la voie des mélanges, la chaleur spécifique des corps; car, si l'on

zioni di ricerca settecentesche sui fenomeni inerenti gli effetti del calore sui corpi derivarono da convinzioni filosofiche diverse.<sup>28</sup> A conferma di questa distanza è l'equivoco nel quale cade Black quando parla del calorico dei francesi: «Theses gases are acknowledged to be various kinds of matter, combined with latent heat, or the matter of heat, the calorique of the French chemists».<sup>29</sup>

nomme  $m$  la masse du corps le plus échauffé, exprimée en parties de la livre prise pour unité;  $a$  le degré du thermomètre qui indique sa température;  $q$  la chaleur nécessaire pour élever d'un degré la température d'une livre de cette substance; si l'on désigne par  $m'$ ,  $a'$ ,  $q'$  les mêmes quantités, relativement au corps le moins échauffé, et qu'enfin l'on nomme  $b$  le degré du thermomètre qui indique la température du mélange, lorsqu'elle est parvenue à l'uniformité; (...) Mais, puisque l'on suppose qu'après le mélange la quantité de chaleur est la même qu'auparavant, il faut égaler la chaleur perdue par le corps  $m$  à la chaleur acquise par le corps  $m'$ ; d'où l'on tire  $mq.(a-b) = m'q'.(b-a')$ ; cette équation ne fait connaître ni  $q$ , ni  $q'$ , mais elle donne pour leur rapport,  $q/q' = m'(b-a')/m(a-b)$ ».

<sup>28</sup> 1. Se era consapevolezza comune agli scozzesi degli anni Sessanta e ai francesi degli anni Ottanta che la natura del calore fosse sconosciuta, Black si soffermò comunque nella trattazione dell'opposizione caldo/freddo («Coldness is only the absence or deficiency of heat». J. Black 1803, I, p. 30), Lavoisier e Laplace si diressero esclusivamente nell'analisi delle resistenze calorico/gravità; 2. il principio di conservatività dedotto dall'esperienza secondo la quale la temperatura dei corpi non varia nel passaggio di stato diventò per Black motivo di prova che il calore non va perso, ma assorbito, «materializzato» nel corpo («What I have related is sufficient for establishing the main principle, namely, that the heat which disappears, in the conversion of water into vapour, is not lost, but is retained by the vapour, and is indicated by its expansive form, although it does not affect the thermometer». J. Black 1803, I, p. 173); per Lavoisier e Laplace diventa assunto centrale per una nuova riflessione sui fenomeni termici in generale. Per Black, la costanza del calore nel *mélange* di corpi permette di quantificare i calori «transitori» da un corpo all'altro («... and the communication goes on until the bodies are reduced to an equal temperature, indicating an equilibrium of heat with one another ... In what manner have these two bodies acted, the one on the other, on this occasion? Has one of them lost something, which the other has gained? And which of them has lost, or which has received?». J. Black 1803, I, p. 25); per Lavoisier e Laplace, invece, non è il calore assoluto, ma quello specifico che va calcolato. La legge fisica di conservazione delle forze fu usata da Black per sostenere la sua teoria del movimento transitorio del calore attraverso la materia e si realizzò nella logica di somme e sottrazioni di materia del calore da un corpo all'altro; per Lavoisier e Laplace, l'evidenza che il calore tende all'uniformità dei movimenti fu la base di una logica di proporzioni fra capacità termiche. Concludendo, era comune l'intenzione di proporre una nuova teoria del calore, secondo Black, di pertinenza della fisica meccanica («... I presume that the discovery will not be chemical but mechanical», J. Black 1803, I, p. 31), secondo Lavoisier e Laplace di pertinenza di una nuova disciplina fisica distinta dalla dinamica; 3. Black mutuò il metodo dalla fisica newtoniana, Lavoisier e Laplace lo inventarono di sana pianta e insegnarono che per misurare le quantità di calore di sistemi di grandezze occorre far uso del calorimetro a ghiaccio («I received Lavoisier's and La Place's memoir their method for measuring quantities of heat is ingenious but they have not used it with accuracy in some cases» ... J. Black to Watt 28 May 1784, in *Partners in Science. Letters of James Watt and Joseph Black* ed. with intr. and notes by Eric Robison and Douglas McKnie, London, 1970, p. 139). Ciò significa che quello che misurava Black (calore latente-mondo delle cause) non era quello che misuravano Lavoisier e Laplace (calore specifico-mondo dei risultati).

<sup>29</sup> J. Black 1803, I, p. 345.

A Black si deve non soltanto l'individuazione dell'aria fissa e la teoria del calore assoluto, ma anche l'intuizione che il calore dovesse essere l'oggetto principale della scienza chimica.<sup>30</sup> In questo Lavoisier è stato decisamente informato dal maestro scozzese, non certo, contrariamente a quanto sostenuto da Holmes,<sup>31</sup> nella metodologia, assolutamente originale e basata, ripeto, su convinzioni filosofiche diverse.<sup>32</sup> Lavoisier e Laplace riuscirono a trovare una strada assolutamente imprevedibile al momento e lungo la quale sarebbe nata la nuova scienza della materia, distinta dalla filosofia naturale settecentesca. Ciò significa che il concetto di sistema apparso nel *Mémoire sur la chaleur* (1783) ha una specificità d'invenzione non rintracciabile a ritroso. Se, ad es., si prende in considerazione l'opera di Adair Crawford (1748-1795) che, nel 1788, pubblica la riedizione dei suoi *Experiments and Observations on Animal Heat* (1779), veniamo a conoscenza che l'autore intendeva far fronte ad alcune inesattezze della prima edizione. Niente però di sostanziale cambia nell'approccio metodologico che dunque rimane invariato, tradizionale: il termine «system»<sup>33</sup> usato da Crawford come sinonimo di «body» non può dunque assurgere aldilà della mera immagine sensibile.

Il concetto di sistema appare per la prima volta nel 1783 significando un'unità fisico-chimica suscettibile di analisi perché garantita da un principio di conservazione delle forze.

Il concetto di sistema «aperto» agli scambi di materia e calore con l'esterno viene esteso naturalmente al vivente<sup>34</sup> il quale viene definito per la prima volta nei

<sup>30</sup> «... the chemist studies the effects produced by heat and the mixture, in all bodies ...». J. Black 1803, I, p. 12.

<sup>31</sup> «In the majority of these experiments, including the most decisive of them, he [Lavoisier] used a combination of methods similar to those introduced separately by Joseph Black and Stephen Hales. Black was a physician. The methods he used in the investigation of fixed air were drawn mainly from mainstream mid-eighteenth century chemistry». F.L. Holmes, *The Next Crucial Year. Or, the Sources of His Quantitative Method in Chemistry*, 1998, Princeton, Univ. Press New Jersey, p.102; «In the spring he [Lavoisier] was still emulating the methods of Hales and Black, from whom he took the rudiments of a quantitative method». F.L. Holmes 1998, p. 141.

<sup>32</sup> «Of the Newtonian Measure of Force - You say, the force of a body in motion is as its velocity (...) Of the Leibnitzian Measure of Force - Let us next hear the Leibnitzian, who says, that the force of a body is as the square of its velocity». T. Reid 1748, *Essay on Quantity: occasioned by Reading a Treatise in which Simple and Compound Ratios are Applied to Virtue and Merit*, in *Essays on the Powers of Human Mind*, I, 1819; p. 12 e p. 14. «[Reflections on this Controversy] If some Mathematician should take it in his head to affirm, that the velocity of a body is not as the space it passes over in a given time, but as the square of that space; you might bring mathematical arguments and experiments to confute him». T. Reid 1748, p. 17.

<sup>33</sup> A. Crawford, *Experiments and Observations on Animal Heat...*, 2°ed. London: J. Johnson, 1788, 2 voll.; I, p. 396. Sulle stesse questioni si era così espresso Black: «There is in the body itself a continual laboratory, or manufacture of heat». J. Black 1803, I, p. 214.

<sup>34</sup> «... lorsqu'un animal est dans un état permanent et tranquille; lorsqu'il peut vivre pendant un temps considérable, sans souffrir, dans le milieu qui l'environne; en général, lorsque les circonstances dans lesquelles il se trouve n'altèrent point sensiblement son sang et ses humeurs, de sorte

termini di un sistema materiale che si trasforma nel rispetto del principio di conservazione delle forze.

La distanza incolmabile che divideva i chimici tradizionali dai nuovi chimici si risolve forse nella constatazione che i primi continuavano a confondere la filosofia coi procedimenti dimostrativi e i lavoisieriani, invece, lavorarono proprio all'elaborazione di metodologie capaci di sostanziare le ipotesi in teorie vere e proprie. Ciò risulta particolarmente evidente se si affronta il più vasto dibattito tardo settecentesco per l'affermazione della chimica antiflogistica. Si trattò infatti di una crisi «scientifica»<sup>35</sup> di vaste proporzioni a seguito della quale i *savans* europei furono costretti a scegliere fra le ipotesi infiammatorie flogistiche e la teoria combustiva lavoisieriana esposta a partire dal 1777. È documentabile che fu imposta una scelta: Infiammazione o Combustione? Fuoco o Calorico? *Probabilités* o *Certitude*?<sup>36</sup> Aria pura o Gas ossigeno? etc. etc. La metodologia lavoisieriana aveva organizzato la scienza chimica e con essa la distinzione consapevole fra fatti e ipotesi<sup>37</sup> capace di garantire rigore alle dimostrazioni scientifiche.

Già alla fine degli anni Novanta è dato scientifico che l'organizzazione vivente è caratterizzata da continue combustioni di trasformazione materiale riconfermanti la vita stessa.<sup>38</sup> Già alla fine degli anni Novanta è chiara la disfatta dei «partigiani ostinati della teoria di Stahl» i quali, come li descrive L.B. Guyton de Morveau (1737-1816) nel 1798,<sup>39</sup> invece di accettare la crisi imposta dall'*aut aut* lavoisieriano avevano evidentemente preferito continuare le loro abitudini di un'illusione scien-

*qu'après plusieurs heures le système animal n'éprouve point de variation sensible; la conservation de la chaleur animale est due, au moins en grande partie, à la chaleur que produit la combination de l'air pur respiré par les animaux avec la base de l'air fixe que le sang lui fournit*. A.L. Lavoisier, P.S. Laplace 1783, II, pp. 331-2.

<sup>35</sup> «La combustion est aujourd'hui une des plus grandes questions de la Chimie, et on peut même dire que c'est de sa solution que dépend celle des problèmes qui nous occupent», J.C. Delamétherie, *Disc. prélim.*, in *Ob. pb.* T 34°, 1789, p. 29.

<sup>36</sup> Vedi, ad es., R.G. Mazzolini, *I Lumi della Ragione: dai sistemi medici all'organologia naturalistica*, in *Storia del Pensiero Medico Occidentale*, Laterza, Roma 1996, 3 voll.; II, pp. 155-194.

<sup>37</sup> «La Société a répété les questions suivantes: Quelle lumière la nouvelle chimie a-t-elle répandue sur la physiologie du corps humain? (...) La Société désire que ceux qui se proposent de répondre à ces questions, distinguent avec précision ce qu'on connaît en effet, de ce qui n'est qu'hypothétique». *Programme de la Société batave des Sciences de Haarlem pour l'année 1801*, in *Ann. Ch.* T 39° (vol. 20°), An X, pp. 217-8.

<sup>38</sup> «On entrevoit cependant que puisque la putréfaction et la combustion sont les moyens que la nature emploie pour rendre au règne minéral les matériaux qu'elle en a tirés pour former des végétaux et des animaux, la végétation et l'animalisation doivent être des opérations inverses de la combustion et de la putréfaction (...) L'Académie a pensé qu'il était tems de fixer l'attention des savans sur la solution de ce grand problème». *PRIX proposé par l'Acad. des Sciences pour l'année 1794*, in *Ann. Ch.*, T 14° (vol. 7°) 1792, pp. 217-8.

<sup>39</sup> *Examen d'une expérience de M. Wiegleb sur la réduction de l'oxide rouge de plomb traité avec le soufre et le carbone de potasse*; par le citoyen L.B. Guyton, in *Ann. Ch.*, T 27° (vol. 14°), An VI.

tifica e si erano in tal modo trovati nell'imbarazzo d'inventare ipotesi supplementari a garanzia di quella flogistica.

Sulla strada aperta dall'opera di Henry Guerlac,<sup>40</sup> questa ricerca conferma l'ipotesi che Lavoisier intese affrontare la discussione sulla teoria del calore forte della collaborazione con il matematico Laplace<sup>41</sup> nella direzione di una riflessione interna alla fisica meccanica. Esisteva cioè la volontà di verificare i processi fisico-chimici sia nell'aspetto più propriamente di affinità che in quello strettamente fisico di produzione di calore e luce. Solo una verifica sperimentale poteva permettere di cementare una salda teoria chimica. Non solo, questa ricerca sostiene oltre: c'era bisogno di una nuova riflessione distinta dalla dinamica per poter comprendere le interazioni fisico-chimiche comuni a tutti i sistemi, viventi e non viventi. Dal *Mémoire sur la chaleur* (1783) in poi, infatti, il vivente fu considerato una sorta di «macchina» chimica nel senso che adesso esso poteva esser compreso fuori dalle metafore vitalistiche confidando solo nelle leggi della fisica e della chimica.

S'era compiuta una Rivoluzione scientifica,<sup>42</sup> un cambiamento radicale secondo un progetto organico ben preciso che trasformò gli studi chimici in una vera e propria scienza della materia inaugurando un modo diverso d'intendere la natura di tutti fenomeni: l'insieme del mondo inorganico e del mondo organico.

Una Rivoluzione Fisica e una Rivoluzione Chimica<sup>43</sup> capace dunque di infor-

<sup>40</sup> «Lavoisier and Laplace had earlier remarked – and this may express Lavoisier's opinion rather than Laplace's – that the most interesting aspect of the theory of heat concerned the heat evolved in combustion and respiration». H. Guerlac, *Chemistry as a Branch of Physics: Laplace's collaboration with Lavoisier*, in «Historical Studies in the Physical Sciences», 7, 1976, pp. 193-276; p. 254.

<sup>41</sup> «Paris, 21 août 1783. Monsieur et très illustre Confrère, Voici deux exemplaires d'un Mémoire sur la chaleur, d'après quelques expériences que nous avons faites en commun, M. de Lavoisier et moi, sur cette matière. Vous voudrez bien en garder un pour vous, et remettre l'autre à M. Archard. Je serais bien charmé d'avoir votre avis sur ce Mémoire, si vos occupations vous laissent assez de loisir pour le parcourir. Je ne sais en vérité comment je me suis laissé entraîner à travailler sur la Physique, et vous trouverez peut-être que j'aurais beaucoup mieux fait de m'en abstenir; mais je n'ai pu me refuser aux instances de mon Confrère M. de Lavoisier, qui met dans ce travail commun toute la complaisance et toute la sagacité que je puis désirer. D'ailleurs, comme il est fort riche, il n'épargne rien pour donner aux expériences la précision qui est indispensable dans des recherches aussi délicates». *Laplace à Lagrange*, in *Œuvres de Lagrange*, publiées par les soins de M.J.A. Serret et de M. Gaston Darboux, Tome XIV et dernier, Paris 1892, pp. 123-4.

<sup>42</sup> «What Lavoisier aimed to do, early in 1773, and what he felt he had managed to do by the beginning of 1774, therefore, was not to *initiate* a revolution, but to *participate* in one that he believed his predecessors had already prepared». F.L. Holmes 1998, p.138; «È mia convinzione invece che la chimica del Settecento vada vista come forma emergente di sapere: Lavoisier contribuì in misura decisiva a stabilirla come scienza, ovvero a indicarne, in modo netto, il modello, le problematiche pertinenti e i metodi». F. Abbri, «Luft och eld»: *Carl Wilhelm Scheele e il pensiero chimico del tardo Settecento*, in «Arch. Int. d'Hist. des Sci.», 1994, 44, pp. 309-337; p. 334.

<sup>43</sup> Forse anche in questo senso vanno intese le riflessioni di Henry Guerlac allorché, nel 1976, ci ha fatto notare che probabilmente Lavoisier «ritardò» la presentazione della nuova dot-

mare domini di conoscenza limitrofi di scoperte fondamentali, come ad es., quelle sulla natura composta dell'acqua, dell'anidride carbonica e dell'ammoniaca e quelle sulla natura semplice dell'azoto e del carbonio. La scoperta che le sostanze organiche risultavano dalla composizione specifica di ossigeno, idrogeno, carbonio e azoto costituì per gli studi di economia animale un momento significativo circa la strada da seguire affinché la tradizione naturalistica potesse davvero emanciparsi dalla meccanica in una nuova forma di materialismo scientifico.<sup>44</sup>

Ciò significa che allorché Jean Baptiste de Lamarck (1744-1829) annuncia nel 1801-2<sup>45</sup> la fondazione di una nuova scienza Biologica, o disciplina dei fenomeni comuni alla vita, intesa come «physique des corps vivans», la fisica a cui alludeva Lamarck non esisteva più.<sup>46</sup> La Biologia<sup>47</sup> nasce come scienza dei corpi organizzati, una nuova disciplina nella quale i viventi sono compresi dall'analisi fisico-chimica come sistemi di trasformazione materiale.

Con la nuova chimica il vivente diventava una specifica sostanza composta soggetta a costanti trasformazioni, un naturale sistema la cui unità organizzativa era assicurata dalla compresenza di due distinti principi garanti di quantificazione: il principio di conservazione del calore (1783) e il principio di conservazione della massa (1789).<sup>48</sup>

trina perché resosi consapevole che «his theory needed experimental verification. It was to this end, it would seem, that he sought the assistance of Laplace». H. Guerlac, *Chemistry as a Branch of Physics: Laplace's collaboration with Lavoisier*, in «*Historical Studies in the Physical Sciences*», 7, 1976, pp. 193-276; p. 198.

<sup>44</sup> M. Beretta, *I filosofi e la chimica: alle origini del materialismo scientifico*, in *Per una storia critica della scienza* (a cura di) M. Beretta, F. Mondella, M.T. Monti, Bologna, Cisalpino, 1996.

<sup>45</sup> J.B. Lamarck, *Hydrogéologie...*, Paris, chez l'Auteur, Agasse, An X, p. 8.

<sup>46</sup> Più precisamente si sostiene che tra il 1794 ed il 1800 avvenne un collasso nelle convinzioni lamarckiane circa l'origine dell'organizzazione vivente. Se nelle *Recherches* (1794) il naturalista afferma l'esistenza di una materia organica distinta in natura da quella inorganica, dalla *Prolusione* per l'Anno VIII, pubblicata come Prefazione all'opera *Système des animaux sans vertèbres* (1801), l'autore accenna sempre più a un processo naturale alla base di tutte le produzioni esistenti. Lo sviluppo del pensiero lamarckiano sembra essere profondamente debitore nei confronti della nuova tradizione scientifica basata su una concezione non più *trasmutazionale*, bensì *trasformazionale* (o combustiva) della natura. All'origine del collasso del mito animistico di un'indipendenza del mondo vivente dal resto dell'universo fisico furono evidentemente i successi della scienza lavoisieriana.

<sup>47</sup> Sul dibattito circa l'innovazione terminologica introdotta da Lamarck per designare la scienza dei viventi e la documentabile contemporaneità dell'uso del termine «biologia» in autori come Treviranus, Burdach e Bichat vedi G. Barsanti 1979. *Dalla storia naturale alla storia della natura. Saggio su Lamarck*, Milano, Feltrinelli.

<sup>48</sup> «... car rien ne se crée, ni dans les opérations de l'art, ni dans celles de la nature, et l'on peut poser en principe que, dans toute opération, il y a une égale quantité de matière avant et après; que la qualité et la quantité des principes est la même, et qu'il n'y a que des changements, des modifications. C'est sur ce principe qu'est fondé tout l'art de faire des expériences en chimie:

Con la nuova chimica comincia a sgretolarsi l'immagine della macchina vivente la cui organizzazione era stata discussa esclusivamente nell'ambito della dinamica (o fisica pre-lavoisieriana): muore l'immagine di un congegno più o meno complicato la cui coerenza è d'ordine meccanico e viene sostituita con il concetto di sistema la cui unità diventa ora una vera e propria indipendenza termochimica.

Con la nuova chimica il naturalismo lamarckiano trova le sue solide basi materialistiche d'innovazione scientifica, basi che la tradizione vitalistica non aveva saputo elaborare a partire dal meccanicismo cartesiano.<sup>49</sup>

Con la nuova chimica, infine, l'ipotesi che il calore fosse una forza viene estesa naturalmente anche a quella vitale:

«Cela étant ainsi, il me sera facile de faire voir dans un instant que la *chaleur*, cette mère des générations, cette ame matérielle des corps vivans, (...) a pu être le principal des moyens qu'emploie directement la nature pour opérer sur des matières appropriées, un acte de disposition des parties, d'ébauche d'organisation, et par suite, de vitalisation analogue à celui de la fécondation sexuelle».<sup>50</sup>

Dall'anima al calore, come dire: da una metafisica all'altra, certo, ma con la differenza di non poco conto che la teoria del calorico aveva garantito risultati non ottenibili altrimenti.

on est obligé de supposer dans toute une véritable égalité ou équation entre les principes du corps qu'on examine et ceux qu'on retire par l'analyse». A.L. Lavoisier 1789. *Traité élémentaire de chimie*, in *Ceuvres*; I, p. 101. Nel 1783 Lavoisier e Laplace si servono del principio di conservazione delle forze vive per quantificare gli effetti del calore in un corpo definito da precisi parametri macroscopici nelle loro relazioni col mondo esterno (ambito della teoria o «scienza» del calore). Nel 1789 Lavoisier formula l'originale principio di conservazione della massa per poter quantificare l'insieme delle reazioni chimiche in un sistema fisico-chimico (ambito della scienza della materia). L'unità del sistema viene così ad essere garantita da due diversi principi: quello di conservazione del calore secondo il quale ogni variazione di stato può essere misurata nei termini di un assorbimento o di una cessazione di calore ai limiti dell'unità stessa (Lavoisier-Laplace 1783, *Mémoire sur la chaleur*, II, p. 314); e quello di conservazione della massa secondo il quale la somma delle masse delle sostanze che effettivamente reagiscono tra loro è praticamente uguale alla somma delle masse delle sostanze che si formano nella reazione (Lavoisier 1789, *Traité*, I, p. 101).

<sup>49</sup> «Au XIX siècle, la notion d'organisation, modelée sur la machine cartésienne, devient la loi que les naturalistes acceptent», J. Schiller, *La notion d'organisation dans l'histoire de la biologie*, Paris, Maloine, 1978, p. 5.

<sup>50</sup> J.B. Lamarck, *Recherches sur l'organisation des corps vivans*, Paris, Chez Maradan Libraire, 1802, An X, p. 102.

BIBLIOGRAFIA

- Annales de Chimie* ou recueil de mémoires concernant la chimie et les arts qui en dépendent par M. de Morveau, Lavoisier, Monge, Berthollet, Fourcroy, Dietrich, Hassenfratz et Adet, Tome 1°, 1789; Tome 73°, 1809.
- Observations sur la Physique* sur l'histoire naturelle et sur les arts, avec des planches en taille-douce par l'abbé Rozier, Tome 4°, 1774; Tome 5°, 1775; Tome 23°, 1783; dal Tome 34°, 1789 al Tome 43°, 1793.
- Journal de Physique*, de chimie et d'histoire naturelle, avec des planches en taille-douce; par Jean-Claude de Lamétherie, Paris, chez Cuchet, dal Tome 1° (Tome 44° della collezione completa delle *Observations sur la physique*), 1793; al Tome 26° (Tome 69° delle *Observations*), 1809.
- ABBRI Ferdinando, 1984, *Le terre, l'acqua, le arie. La rivoluzione chimica del Settecento*, Bologna, Il Mulino.
- BERETTA Marco, 1994, *A New Course in Chemistry. Lavoisier's First Chemical Paper*, Firenze, Olschki.
- DONOVAN Arthur L., 1988, *Lavoisier and the Origins of Modern Chemistry*, in «Osiris», 4, pp. 214-231; 1990, *Lavoisier as a Chemist and Experimental Physicist: A Reply to Perrin*, in «Isis», 81, pp. 270-272.
- GUERLAC Henry, 1976, *Chemistry as a Branch of Physics: Laplace's collaboration with Lavoisier*, in «Historical Studies in the Physical Sciences», 7, pp. 193-276.
- HOLMES F. Lawrence, 1985, *Lavoisier and the Chemistry of Life: An Exploration of Scientific Creativity*, Madison, Univ. of Wisconsin Press.
- SCHILLER Joseph, 1978, *La notion d'organisation dans l'histoire de la biologie*, Paris, Maloine.