cano e sono costretti a prenderlo in altri corpi organizzati; ma venga dall'esterno, o si formi in seno de' corpi organizzati, la materia organica va soggetta agli stessi cambiamenti sì negli uni che negli altri, e viene assimilata per un' azione chimica della stessa natura.

Prof. RAFFAELLO PIRIA

SUL CALORE ANIMALE

CONSIDERAZIONI

DEL PROF. CARLO MATTEUCCI

Per Lavoisier, che aveva scoperti i fenomeni chimici della combustione e della respirazione, era inevitabile conseguenza di trovare la cagione del calor animale nella combustione del carbonio e dell'idrogeno del sangue, che aveva luogo secondo lui nel polmone al contatto dell'ossigeno atmosferico.

Questa spiegazione non tardò peraltro ad esser trovata insufficiente.

Doveva il polmone come sede dell'apparecchio calorifero degli animali, avere una temperatura più elevata del rimanente del corpo: questo non era confermato dall'osservazione. Si trovò, determinando meglio di quello che si era fatto da Lavoisier e da Laplace, la quantità di calore che il carbonio e l'idrogeno sviluppano nel bruciare, che il calore prodotto da un mammifero, non era che per una porzione, per 0,6 a 0,8, rappresentato dal calore svolto dall'acido carbonico e dall'acqua prodotti dall'animale.

Infine le esperienze di Spallanzani confermate ed estese da Edwards, provarono che non è nel polmone che l'acido carbonico si genera, che l'azione dell'ossigeno sul carbonio accade in tutte le parti del corpo, e che quel gas è trasportato insieme al sangue arterioso in tutti i vasi capillari i più piccoli, i più lontani dal centro della circolazione e della respirazione.

L'acido carbonico generato dall'azione dell'ossigeno così diffuso per tutto il corpo, vien disciolto dal sangue venoso, e non è che esalato attraverso al polmone nell'atto della respirazione.

Queste considerazioni indussero i Fisiologi, certo con troppa facilità, ad abbandonare la spiegazione data da Lavoisier del calor animale: si cercò un poter calorifico negli animali indipendente dalla respirazione.

La corrente elettrica che riscalda un filo metallico in cui si

propaga; la corrente elettrica che si ammise esistere nei nervi e produrre le funzioni nervose; il raffreddamento di un animale dopo il taglio della midolla spinale; sono gli appoggi della teoria che fu eretta in luogo di quella di Lavoisier.

In questa maniera avvenne a proposito di una tal funzione vitale ciò, di cui mille altri esempi si hanno nella storia della fisiologia fu cioè, una spiegazione che abbracciata, perchè non era conforme ai fatti quella cui venne sostituita, e senza curarsi di stabilire la nuova sopra migliori basi della prima.

I movimenti necessari alla respirazione, sono mantenuti dal sistema nervoso; perciò il raffreddamento dell' animale in seguito al taglio della midolla spinale nulla prova in favore di un poter calorifico diretto, *proprio*, del sistema nervoso. Non v'è corrente elettrica che scorra nei filamenti nervosi: e se vi fosse pur anche, per chi ha visto con quali pile si giunge a riscaldare i conduttori, si sarebbe presto persuaso che la corrente dei nervi non è la cagione del calor animale. Oggi si ritorna alla spiegazione di Lavoisier: Liebig, Dumas ec. non esitano a credere che la respirazione è la sola cagione del calor animale e trovano naturale che lo stesso calore si debba svolgere, sia che la combustione si faccia come supponeva Lavoisier nel polmone, sia che questo avvenga, come sembra provato dall' esperienza, in tutti i punti dei diversi tessuti di un animale.

È indubitato che sarebbe una falsa via quella di ammetter come lo ha fatto Berzelius, una facoltà calorifica vitale, mentre una cagione di svolgimento di calore, deve certamente trovarsi nei tanti chimici cangiamenti che avvengono in un animale e mentre è un fatto che questi non possono mai accadere senza produzione di calore.

L'esser provato dall' esperienza che il calore svolto da un mammifero sottoposto all' esperienza, e di cui si misurano l' acqua e l' acido carbonico che in un dato tempo sono prodotti, non è per intero, quello che si svolgerebbe supponendo di produrre in calorimetro tanto acido carbonico e tant' acqua quanto ne ha prodotto l' animale, non è ragione che basti a rigettare il principio generale della spiegazione.

Dumas ha cominciato dal respingere quest' obiezione dicendo che una porzione del calore che riscaldava l' acqua del calorimetro in cui era l' animale sottoposto all' esperienza, era dovuto al raffreddamento subito dall' animale stesso.

Questo raffreddamento sussiste realmente, ma non basta,

è quanto recentemente lo stesso Dumas confessa, a spiegare la differenza trovata fra il calore raccolto dal calorimetro e quello che risulterebbe dalla respirazione.

In questo difetto di spiegazione Dumas ricorre all'esperienza trovate nei registri di Dulong e dalle quali si troverebbe che il coefficiente del poter calorifico dell'idrogene amnesso sin qui, è inesatto. È però curioso che abbracciando questo cambiamento si cade in un rimedio che supera il male.

La differenza, non cade sul carbonio, ma sull'idrogene, che secondo Dulong svolge per un grammo che si brucia 34444 unità di calore, invece di 24000 che si erano trovate da Despretz.

Adottando il numero di Dulong e prendendo per acqua prodotta da idrogene del sangue bruciato, quella che esce nella respirazione, o piuttosto deducendola dall'ossigene consumato e non convertito in acido carbonico, ne verrebbe che la somma del calore dovuto alla combustione del carbonio e dell'idrogene sarebbe non solo eguale al calore ceduto dall'animale al calorimetro, ma lo supererebbe e non di poco.

Invece di 276 unità di calore che non si potevano spiegare colla respirazione, se ne avrebbero oggi 566 di più prodotte dalla respirazione che non si trovano cedute al calorimetro.

Crede che si abbia torto; 1.^o ad applicare esattamente i risultati dell'esperienza delle combustioni fatte in un calorimetro, a quelli delle combustioni che possono accadere in un animale; 2.^o a non volere ammetter come sorgente del calor animale che una sola delle molte azioni chimiche, che di certo nel suo seno si operano.

E di fatti l'acido carbonico di cui si carica il sangue venoso, ch'è di certo un prodotto della combinazione dell'ossigene atmosferico col carbonio degli elementi organici dei varii tessuti che si trasformano, non può esser prodotto dal carbonio esistente in quei tessuti allo stato libero, ma di carbonio combinato, chi sa come, chi sa con quanti e quali elementi. Ora non è provato, anzi è provato il contrario dalle esperienze di Dulong, che un corpo combinato ad un altro, svolga nel bruciare o combinarsi all'ossigene la stessa quantità di calore che svolge essendo preso allo stato libero.

Il calore che svolgono il gas idrogene bicarbonato, il gas *des marais*, l'essenza di trementina bruciando nell'ossigene, formando acqua e acido carbonico, non sono già la somma del calore che svolgerebbero i volumi dei gas componenti bruciando individualmente, ma è molto meno generalmente. Le

esperienze di Hess e Andrus che proverebbero che in una data combinazione si svolge sempre una quantità assoluta di calore, qualunque sia lo stato dei due corpi che si combinano, sono ancora assai poco estese, e fin qui si riferiscono alle combinazioni successive di un corpo con un altro, come sarebbe l'acido solforico che si combina con diversi atomi d'acqua. S'ammette che l'acqua esalata dal polmone insieme all'acido carbonico, è dovuta alla combustione dell'idrogeno del sangue. — Ma questa combustione è tutt' altro che provata direttamente dall'esperienza: e di certo per alcuni animali sarebbe provato dall'esperienza che il volume dell'ossigeno assorbito è eguale al volume dell'acido carbonico prodotto. Di certo per questi che sono gli erbivori, non vi può esser acqua prodotta dall'idrogeno loro, bruciato dall'ossigeno dell'atmosfera. I loro alimenti consistono in sostanze vegetabili di cui la composizione può rappresentarsi con l'acqua e il carbonio. Un grandissimo numero d'uccelli sono così nutriti, e si sa che la temperatura loro è più elevata che quella dei mammiferi.

Nei carnivori, e specialmente in quelli che si nutrono di corpi grassi, si trova che il volume dell'acido carbonico è minore, e qualche volta la differenza va sino ad esser la metà dell'ossigeno assorbito. Per questi potrà ammettersi che una porzione dell'ossigeno inspirato forma dell'acqua coll'idrogeno dei tessuti organici; ma sussisterà sempre che la quantità del calore svolto dall'idrogeno libero e gassoso che brucia, non può essere e non è la stessa che quella ch'è prodotta da un egual volume d'idrogeno che combinato all'ossigeno e al carbonio fa parte dei corpi grassi.

Volendosi, come si è fatto, ridurre alla sola azione chimica del carbonio e dell'idrogeno sull'ossigeno per spiegarsi il calor animale, rimangono assai difficili ad interpretarsi i risultati ai quali son giunti Andral e Gavarret recentissimamente studiando l'esalazione dell'acido carbonico nell'atto della respirazione dell'uomo. Stando alle esperienze molto estese ed esatte secondo ogni apparenza di questi due Fisiologi, la quantità d'acido carbonico ch'è esalato nella respirazione è estremamente diversa secondo i sessi, l'età, e secondo alcuni fenomeni fisiologici. — Queste differenze ammontano da 5 a 14,4, esprimendo con questi numeri, le qualità o i grammi di carbonio che entrano nell'acido carbonico esalato nello spazio di un'ora.

Il primo numero è trovato sopra un fanciullo di 8 anni, e l'altro sopra un giovane di 26. Si noti, che la temperatura si

sa esser più elevata nei bambini che negli adulti, ed è inutile di far osservare che come è maggiore la massa che convien riscaldare in un individuo adulto, deve pure esser maggiore corrispondentemente la perdita del calore che deve fare.

Hanno pure trovato gli stessi sperimentatori che la quantità d'acido carbonico ch'è esalato da una donna è assai minore all'epoca della pubertà, di quella che era prima e che la differenza scompare allorchè la mestruazione viene a cessare.

Non si conosce malgrado ciò nessuna differenza sensibile di temperatura nel corpo di una donna e prima e dopo o nel tempo della mestruazione e della gravidanza.

Chi non sa che in certe malattie vi è un rapido elassamento di temperatura in tutto il corpo, e in certe altre un grandissimo riscaldamento, senza che si possa ammettere una variazione corrispondente nell'atto della respirazione?

Aggiungerò anche che riducendo fra le molte azioni che si fanno in un'animale alla sola combinazione del carbonio e dell'idrogene coll'ossigene la cagione del calore animale, e ammettendo poi che questa combinazione si fa in tutti i punti del corpo, in tutte le estremità dei capillari sanguigni, sembra difficile di spiegarsi che quella quantità di carbonio e d'idrogene che si fa bruciando in un breve tempo e in pochi punti nell'esperienze fatte col calorimetro, producono definitivamente nel corpo di un animale lo stesso riscaldamento che produrrebbero nell'acqua del calorimetro. — È inutile che si dica, che a parte la grave obiezione già fatta sopra, relativa allo stato diverso di un corpo, combinato o libero, non intendo di dire con ciò che sia assolutamente diversa la quantità del calore che 1 grammo di carbone sviluppa bruciando lentamente o rapidamente, in pochi punti o invece estremamente diviso: intendo solamente di dire che essendovi necessariamente una porzione del calore ch'è perduto, questo sarà assai diverso secondo le circostanze della combustione, per cui definitivamente l'effetto della combustione, il calore accumulato, sarà assai diverso. 5 o 6 gram. di carbonio, che bruciano in un'ora, sparsi e divisi in tutti i punti del nostro corpo, sono assai poco in confronto dell'enorme quantità d'acido carbonico che si produce in uno stesso tempo da un gran mucchio di mosto o d'uva schiacciata che fermenta. Eppure la temperatura della massa in fermentazione, non sale, o appena, a quella del corpo umano.

Dumas dice ch'è provato da esperienze, che non cita, che per un animale in riposo la quantità di calore che perde per

irraggiamento è inferiore a quella sviluppata dalla respirazione. È curioso che nella stessa memoria, egli dice che il maggior coefficiente del poter calorifero dell'idrogene fa sparire ed anzi lascia un eccesso pel calore sviluppato dalla respirazione; poi trova che in un'animale in movimento la quantità del calore perduto per irraggiamento supera quello che sviluppa la respirazione. — Confesso che se si ammettono provate dall'esperienza queste differenze fra l'animale in quiete e l'animale in moto, rimane assai difficile ad intenderle, stando alla sola teoria della combustione del carbonio e dell'idrogene del sangue. — Dumas dice che in un'animale in riposo una porzione del calore sviluppato si dissimula per svolgersi nel tempo della contrazione muscolare e soggiunge che *les expériences de M. Matteucci nous apprennent sous quelle forme cette chaleur tend à se dissimuler.*

Ho lungamente pensato sopra queste parole dell'illustre Chimico e quantunque potesse parermi da primo che il loro senso mi dovesse esser facile, confesso che non sono riuscito a farmene una giusta idea.

È vero che le mie esperienze provano che nella vita fisiologica dei muscoli v'è sviluppo d'elettricità, e che nell'atto della contrazione dei muscoli si generano fenomeni che, secondo tutte le analogie, devonsi attribuire a svolgimento d'elettricità. Ma questo è tutt'altro che elettricità trasformata in calore o questo in quella. L'elettricità ed il calore si sviluppano da ogni azione chimica, ma indipendentemente l'uno dall'altro e non v'è esperienza che provi, non v'è analogia che conduca a supporre, che se manca una quantità di calore, vi sia un eccesso corrispondente d'elettricità.

Daremo fine a questa lunga diceria critica limitandoci a concludere; che nello stato attuale delle nostre cognizioni fisiologiche, dobbiamo ammetter che le azioni chimiche tutte che avvengono negli animali durante la trasformazione dei loro tessuti sotto l'influenza principalmente dell'ossigene atmosferico, sono la sorgente del calor negli animali, ma che non devono queste azioni chimiche ridursi alla sola combustione del carbonio e dell'idrogene, e che ci mancano ancora i dati sperimentali per trovare l'esatta corrispondenza fra il calore prodotto dall'animale e quello che si svolge dalla combinazione chimica che in lui s'operano.

Prof. CARLO MATTEUCCI.