

DOTT. GIUSEPPE CARIAGGI

---

# SINTESI EVOLUTIVA

DEI

## FENOMENI COSMICI



SALERNO

PREMIATO STAB. TIP. CAV. MIGLIACCIO

successori-proprietari Fruscione e Negri

1892

Studi  
o  
omia e  
risprud.  
CA  
omo



DOTT. GIUSEPPE CARIAGGI

---

# SINTESI EVOLUTIVA

DEI

## FENOMENI COSMICI



**SALERNO**

PREMIATO STAB. TIP. CAV. MIGLIACCIO  
successori-proprietari Fruscione e Negri

1891

Dr. GIUSEPPE CARLIGGI

# SINTESI EVOLUTIVA

FENOMENI COSMICI

PROPRIETÀ LETTERARIA



GALERNO

DEPOSITO LEGALE IN VIRTÙ DELLA LEGGE N. 1033 DEL 1901  
LIBRERIA EDITRICE TORINO

1901

AL CONTE  
GUGLIELMO DE LA FELD

CHE

ALLA FERMEZZA DE' PROPOSITI E NOBILTÀ DE' SENSI

UNISCE L' INGEGNO E IL SAPERE.

L' AUTORE

THE

GENERALIA DE LA FLETA

DE

LA FLETA DE LA FLETA DE LA FLETA

DE LA FLETA DE LA FLETA

DE LA FLETA



Il progresso della scienza moderna consiste nella tendenza a ridurre tutti i problemi scientifici, salvo quelli che sono puramente matematici, ai problemi della fisica molecolare, cioè alle attrazioni, alle ripulsioni, ai movimenti e alla coordinazione delle ultime particelle della materia.

HUSLEY

Non si potrà mai giungere ad una fedele concezione della realtà conoscibile senza un' esatta indagine dei rapporti esistenti tra gli oggetti naturali. E l'investigare quali sieno i rapporti tra i diversi gruppi di fenomeni cosmici è del resto un' esigenza reale e legittima del pensiero umano.

È ormai tempo che la scienza splenda e illumini di luce chiara e meridiana la via del progresso; e che il velo, che fino ad oggi ha servito ad occultare e nascondere le più belle meraviglie della natura, cada finalmente, e lacerandosi, ne sveli i segreti e i misteri. Alle costruzioni arbitrarie e aprioristiche, di che dan prova i vecchi sistemi di filosofia, dobbiamo oggi sostituire, nel campo dell'umano sapere, le induzioni tratte dall'esperienza e dall'osservazione; poichè il creare, come fanno i metafisici dommatici, una formula aprioristica per conformare a quella, con artifizi più o meno ingegnosi, tutto il sapere umano, a noi sembra un procedimento anti-

scientifico e irrazionale. Ma consoliamoci che ne abbiamo ben donde.

Le vere basi del sapere positivo, gettate in Italia dal Galilei, dal Telesio e da Leonardo da Vinci « con la indagine immediata e attiva del fatto naturale »; in Inghilterra da Bacon, da Boyale, da Newton e dal Toland « con la speculazione schiettamente induttiva »; e in Francia da Cartesio « col dubbio metodico e la ricerca psicologica » sono oggi maggiormente cementate dagli studi profondi di una pleiade di uomini preclari nelle scienze, i quali con fervido apostolato e con piena libertà di pensiero, propugnano *l'esperienza come base di ogni sapere*, negando alle formule più o meno dogmatiche di una filosofia sillogistica e preistorica una consistenza scientifica.

Noi pensiamo che tra un minerale, una pianta e un animale esista un nesso intimo di causalità; onde noi li consideriamo come eventi cosmici, sempre più complessi, nell'ordine fenomenico della natura; cui una legge d'armonia evolutiva ne dirige e governa il progressivo svolgimento.

Così scrive Judd: la vita chimica, ascendendo a forme più alte, fa la vita cristallina e cellulare; la vita dei cristalli e dei cristalloidi, inalzandosi a forme più evolute, e concentrando le eccitabilità più deboli degli albuminoidi fa la vita del protoplasma.

Gli abissi, dunque, ideati tra i diversi gruppi di fenomeni, apparentemente indipendenti tra loro, sono un prodotto ibrido della nostra facile immaginazione, non basata sulle conoscenze dei rapporti delle cose.

Checchè si pensi e si dica, oggi la concezione sintetica dell'universo posa tutta sulle verità scientifiche, le quali ci sono rivelate dallo studio dei rapporti degli oggetti naturali, della loro mutua dipendenza e azione vicendevole nel progresso del tempo.

Dopo le formazioni siderali del Kant e del Laplace; dopo le formazioni geologiche del Lyell; dopo le formazioni biologiche del Lamark e del Darwin, e dopo le formazioni socio-

logiche del Comte e dello Spencer, il geocentrismo e l'antropocentrismo sono nomi del tutto banditi dal campo delle umane ipotesi.

La concezione meccanica dell'universo è nata dallo studio delle scienze positive, per virtù delle quali la base antropocentrica si è rovesciata.

Nel dare alla luce il presente lavoro non ebbi in mente di dire cose nuove; lo scopo, a cui mirai, fu quello di dare *ordine naturale e unità* ai fatti scientifici, ponendo a centro di gravità il concetto fondamentale, che oggi anima e agita tutto il pensiero umano. Vi sarò riuscito? non lo so: i miei pochi lettori giudichino: in ogni modo m'auguro che dal mio tentativo, altri, di maggiore elevatezza scientifica, che non è la mia, traggano motivo e s'invoglino a svolgere, con più sodezza di pensiero e con più profondo acume filosofico, la tesi, cui io mi proposi col presente lavoro.







I.

**Genesis dei primi elementi**

Dietro il progresso delle scienze, e i pazienti studi di eminenti ingegni, scrutatori infaticabili dei segreti della natura, oggi non possiamo più credere, come di fatti non lo credono nemmeno le più volgari intelligenze, che la terra costituisca il centro immobile del nostro sistema planetario.

Ad Ipparco e Tolomeo successe Copernico, il di cui sistema planetario fu poi coronato delle leggi di Keplero e di Newton..

Fu in tal modo che si costituì la Meccanica celeste, la quale creata dal Newton fu poi promossa e perfezionata dal Laplace, insieme ai più grandi matematici del secolo passato e presente; il geocentrismo quindi è oggi un nome che ricorda solamente una filosofia già tramontata.

Le belle ricerche e le minute indagini del Laplace, di Herschel, di Laland, di Lord Rosse, del Lassel, e del D'Arrest hanno dimostrato ad evidenza che la terra è un astro simile a tutti gli altri corpi planetari, e che con essi ha comune l'origine—origine siderale.—

La terra è un fatto cosmico generato da cause e da forze naturali; è un astro che, insieme a tutti gli altri corpi celesti, costituisce la categoria dei mondi che « si formano e si dissolvono di continuo. »

La terra, a quanto pare, incominciò la sua carriera come nebulosa informe, similmente a tutti gli altri pianeti, estinti ed esistenti, e a quelli che tuttodi si accendono nel vasto campo azzurrino degli spazi interplanetari. Ma la nebulosa stessa, la quale contiene sempre in embrione un nuovo sistema cosmico, più anticamente, dovette essere anch' essa, giusta i sistemi atmogeogenici, etere invisibile, materia del caos, o caotica; da cui essa dovette derivare per una modificazione avvenuta in una parte almeno della sua estensione. Di manierachè prima si sarebbero formate le nebulose, poi le materie gassose e finalmente le masse incandescenti.

Così scrive Paolo Lioy « Escursione nel Cielo »: Anche i pianeti, come la terra, rassomigliarono un tempo a gocce enormi prodotte da vapori che vennero man mano raffreddandosi e sodandosi, serbando in grembo cave fuse e ardenti, esteriormente involuppate da corone d'aria. Anche ivi le vicissitudini del moto trasformarono in più maniere la materia sostanzialmente omogenea, e agitandola coi fremiti termici ed elettro-magnetici produssero la isomeria dei corpi, donde poi trassero origine per via di metamorfosi le diverse parvenze minerali e infine le organiche, seguendo uno sviluppo lentissimo attraverso le fasi di maturazione dello scheletro roccioso e delle relazioni cangianti tra oceani, isole, continenti, valli e montuose catene. Anche ivi crebbe l'albore della vita organica che piantando le sue radici nelle profondità ormai celate da successivi abbassamenti, frane, tremuoti, lave o alluvioni, da quelle flore e faune spente diramasi alla periferia, sublime efflorescenza di tutta la massa planetaria. Anche ivi il grande tutto organico comparso in origine, come alcuni pretendono, sotto aspetto di semplici cellule, fermento delle rocce molli e scaldate, venne dispiegandosi, come dal germe, una pianta, e ad ogni età geologica lasciando quasi foglie

secche, cadere estinte parecchie delle sue forme, ne avvenne la grande e molteplice derivazione del distinto dall'indistinto, regni, classi, ordini, famiglie, generi e specie. »

« Il processo continuo delle formazioni e delle distruzioni cosmiche, dice Angiulli, è affidato all'immanenza della legge meccanica, che esclude per sempre l'intervento del soprannaturale. »

Del resto, ciò sia detto in santa pace dei poveri di spirito, ci vuole una buona dose d'ingenua piccineria per credere alla formazione della terra, generata per miracolo; a un mondo creato in sei giorni, sei mila anni fa; ad animali usciti d'improvviso dalla terra; ad un primo cavallo sbucato fuori da un poggio; ad una prima quercia creata secolare, e ad altre mille storielle di tanti secoli fa.

La terra è un mondo, e come tutti gli altri mondi celesti, si muove intorno a sè stessa con rapidità vertiginosa negli spazi planetari.

I corpi che oggi la costituiscono un giorno si trovavano a far parte di un'atmosfera gassosa, d'una densità incomparabilmente più debole di quella dell'idrogeno.

« L'attrazione mutua di tutte le molecole verso il centro, la condensazione progressiva ch'ebbe a risultarne, le confricazioni e la trasformazione di questa gran cascata centripeta in calorico, l'influenza dell'elettricità, l'azione multipla e svariata delle forze della natura, determinarono la formazione dei primi elementi: idrogeno, ossigeno, carbonio, azoto, sodio, ferro, calcio, silicio, alluminio, magnesio, e diversi altri minerali, i quali appaiono tutti formati geometricamente, quasi fossero de' multipli dell'elemento primitivo, di cui l'idrogeno parrebbe essere la prima condensazione. » (1)

Da questa successiva concentrazione molecolare sarebbe pure derivato il carbonio, che è sulla terra l'elemento indispensabile della materia vivente; e quello dotato di attitudini

---

(1) Flammarion.—Il mondo prima della creazione dell'uomo.

chimiche più elevate. Però con ciò non vuolsi asserire che altrove l'ufficio biologico sia disimpegnato proprio dal carbonio, poiché potrebbe anch'essere che fosse sostituito dal silicio, corpo pur esso tetratomico e diffusissimo in natura. Le specie minerali si sarebbero separate successivamente' Tutto questo secondo l'ipotesi atmogeogenica di Laplace, la quale, meglio delle altre, idrogeogenica e pirogeogenica, risponde alle esigenze della scienza moderna.

L'ipotesi di Laplace è diretta a spiegare: 1° i movimenti de' pianeti, i quali riescono tutti nel medesimo senso e presso a poco nel medesimo piano; 2° i movimenti dei satelliti, i quali pure riescono nel medesimo senso di quelli de' pianeti 3° i movimenti di rotazione di questi differenti corpi e del sole, che si operano nel medesimo senso dei movimenti di traslazione e in piani poco differenti; 4° le eccentricità delle orbite de' pianeti e de' satelliti, che sono piccole; 5° le eccentricità finalmente delle orbite planetarie che sono grandi, e loro inclinazioni di qualunque grandezza.

Buffon emise l'ipotesi che una cometa cadendo sul sole avrebbe cacciato via un torrente di materia, la quale si sarebbe riunita poscia in diversi globi, più o meno grandi, o più o meno lontani da quest'astro; e che tali globi divenuti pel raffreddamento opachi e solidi, avrebbero finalmente costituito i pianeti e i loro satelliti. Questa ipotesi, la quale non sodisfa che al primo de' precedenti fenomeni, è oggi intieramente abbandonata; è accolta invece quella di Laplace, il quale, nel darla, l'appoggiò ai grandiosi risultati delle ricerche di G. Kerschel intorno alle nebulose.

Un fatto che dimostra ad evidenza l'unità di composizione del Cosmos è l'analisi spettrale, la quale permette di leggere nei raggi di luce la storia chimica degli astri.

Da numerose ed importanti osservazioni, eseguite col mezzo dell'analisi spettrale è risultato che in tutti gli astri, a noi accessibili, esistono elementi chimici, identici a quelli che si studiano nei nostri laboratori.

Secondo il Lockyer molti corpi semplici, che oggi in chi-

mica si ritengono per tali, sarebbero corpi composti. E se oggi non riusciamo a decomporli ciò è dovuto all'insufficienza de' nostri mezzi scientifici, cioè al non sapere escogitarne uno atto a generare, artificialmente, un grado di calore e di pressione necessari per una simile decomposizione. Il Lockyer dice che tutti i corpi semplici sarebbero da considerarsi come tanti diversi stati di condensamento di un'unica e medesima sostanza tenuissima, la materia cosmica. L'idrogeno, secondo il citato autore, sarebbe poi il punto estremo della disassociazione delle sostanze cosmiche, l'ultimo segno dell'esistenza della materia.

« Gli studi già antichi, come dice il Morselli, di Dobereiner, (fin dal 1820); e di Dumas; e i più recenti di Newlands, (1863); di Mendeleieff e di Lotario Meyer sulla serie periodica degli elementi; le celesti indagini di Hirschhoff e Bunsen, di Pluker, di Huggins, Jung sulle apparenze spettrali dei gas in disassociazione ad altissima temperatura (nei corpi stellari) ci condussero pure a considerare come fondamentale sostanza l'idrogeno, che sarebbe forse l' *Elium* degli spettroscopisti, cioè la prima a svolgersi fra le aggregazioni molecolari dell'Etere universale, e alla quale si ridurrebbero tutte le altre sostanze che noi consideriamo semplici.

Secondo il Mills le differenze fra i corpi semplici sarebbero il risultato di successive riunioni polimeriche di particelle d'idrogeno. Ma anche l'idrogeno sarebbe, secondo l'ultime osservazioni, un corpo composto; e prevediamo con il Crookes, dice il Morselli, il momento, in cui questo idrogeno sarà ridotto in elementi ancora più semplici, cioè nel vero e fondamentale *Protile*, il quale semplificandosi ancora finirà con essere considerato, come pensa il Thomson, un'aggregazione di centri infinitesimali d'energia, le vere « monadi » di G. Bruno, le dinamidi « di Redtenbacher. »

Gli elementi o corpi semplici che erano 53 nel 1837 sono saliti a 70 nel 1887 (senza contare i venti e più nuovi, che Hrüss e Nilson, credono avere scoperti in certi rarissimi minerali della scandinavia.) Gli ultimi corpi scoperti sono: il

Gallio da Lecoq lo *scandio* dal Nison; il *germanio* dal Winckler.

Laonde, al dire del Lockyer, dello Spencer, del Graham, del Reynolds, del Carnelley, dello Stokes, i corpi detti semplici sarebbero prodotti di un' altissima complicazione.

L'analisi spettrale ha rilevato nell'atmosfera del sole, oltre alle sostanze seguenti: sodio, calcio, magnesio, titanio, cromo, nichelio, cobalto, idrogeno, anche il vapore del ferro.

Pare inoltre, secondo accurate osservazioni, che il nucleo del sole sia a temperatura più elevata della sua atmosfera, e che emetta raggi di tutte le rinfrangibilità, molti dei quali vengono assorbiti dai vapori, che si trovano nell'atmosfera medesima.

Gli spettri dei pianeti, che ci mandano la luce riflessa del sole, non presentano che lievi alterazioni, le quali accennano ad una atmosfera contenente vapore acqueo, particolarmente in Venere, Giove ed Urano.

La luna dà uno spettro inalterato; e ciò confermerebbe l'opinione che essa sia priva di atmosfera.

Le stelle fisse danno spettri d'assorbimento analoghi ma alquanto diversi da quelli del sole; esse sono state divise in 4 classi: *stelle bianche*, che sono la metà di quelle osservate, presentano pochissime linee e precisamente quelle dell'idrogeno con una certa grossezza: *stelle gialle*, a cui appartiene il nostro sole, hanno moltissime righe estremamente sottili e coincidenti con quelle dello spettro solare; *stelle rosse*, che danno delle linee oscure al posto di quelle del sole; tali linee appartengono più che altro al magnesio, al sodio, al ferro, e all'idrogeno; *stelle di color sanguigno*, il cui spettro consiste in tre zone sfumate, una rossa, una verde, e una azzurra.

La terra dunque è da ritenersi come uno dei tanti pianeti che compongono il sistema celeste; e da questa unificazione generale è sorta la concezione meccanica dell'universo, la quale data da Kant, da Laplace e da Leibnitz. Per questi eminenti geni la genesi dei sistemi cosmici si spiega col mezzo di forze meccaniche.

## II.

### Stato dei corpi inorganici

In natura lo stato dei corpi è o gassoso, o liquido, o solido; e sempre determinato da un grado di temperatura più o meno elevato. L'acqua è il corpo che presenta il passaggio da uno stato all'altro con molta facilità. Sottopongasi ad una temperatura di zero gradi, ed essa si convertirà in stato solido; la si sottoponga ad una temperatura più elevata, ed essa si trasformerà, più o meno rapidamente, in vapore. Ora, tanto nel ghiaccio che si converte in acqua, quanto nell'acqua che si trasforma in vapore, dobbiamo riconoscere in questi fenomeni un allontanamento reciproco delle molecole, le di cui distanze dipendono soltanto dalla temperatura e dalla pressione che sopportano. In tutti e tre i casi l'acqua non è chimicamente cambiata; ma l'aspetto n'è ben differente, perchè nel primo caso è un minerale solido, nel secondo un minerale fluido, nel terzo un minerale gassoso. Quello che abbiamo detto dell'acqua lo possiamo sperimentare per tutti gli altri corpi solidi, i quali, fatte poche eccezioni, sono tutti capaci e suscettibili di passare da uno stato all'altro, sottoposti che essi sieno a particolari condizioni. Se sottoponiamo il ferro ad una temperatura di  $1500^{\circ}$ , esso si fonde, cioè da solido si riduce allo stato liquido. Se si prende un pezzetto di zinco, e lo si sottopone a una temperatura di  $450^{\circ}$ , esso pure diviene liquido; e a  $1300^{\circ}$  assume lo stato gassoso.

Dobbiamo quindi ritenere che le diverse sostanze, che costituiscono il globo terrestre abbiano assunto permanentemente il loro particolare stato dopo aver sofferto il necessario grado di raffreddamento; e si deve pur ritenere che tutti quei corpi abbiano assunto prima lo stato gassoso, poi quello liquido, indi il solido. Però per il successivo raffreddamento terrestre non tutte le sostanze cosmiche, che costituivano il primitivo pianeta, passarono indistintamente allo stato liquido, o a quello solido; una parte rimane tuttora intorno al nostro

globo sotto forma d'inviluppo gassoso, costituito principalmente di una miscela di ossigeno e di azoto, i quali formano l'aria, che respiriamo.

Lo stato diverso in cui si trovano oggi i varî elementi chimici ( gassoso, liquido, solido ) ci attesta che non tutti i corpi gassosi trovarono naturalmente le condizioni particolari per assumere un'ulteriore forma di condensamento. E che debba essere avvenuto così ce lo dice il fatto, poichè se noi sottoponiamo molti di essi corpi gassosi, e ritenuti per molto tempo gas permanenti e incoercibili, a un conveniente grado di pressione e abbassamento di temperatura, si trasformano pur essi, fisicamente, e da gas diventano liquidi e poi solidi.

I fatti sperimentali confermano e mostrano che lo stato di gas perfetto e lo stato liquido non sono che le forme estreme di un modo di essere più generale della materia, e che si può passare dall'una all'altra per una serie di gradazioni insensibili per una lunga serie di cangiamenti fisici continui.

Andrews chiamò *temperatura critica* quella temperatura al di sopra della quale per nessun aumento della pressione il corpo presenta il fenomeno del passaggio di stato.

Ottenuto il grado di temperatura critica si poterono liquefare molti di quei corpi, ritenuti fin ad ora come corpi incoercibili. Infatti l'idrogeno fu liquefatto nel 1878 da Raoul Pictet a Ginevra e da Cailletet in Francia; mediante una pressione di 650 atmosfere e una temperatura di 140°; gli altri corpi gassosi furono liquefatti da Cailletet nel 1877 con pressioni e raffreddamenti minori. Ma non solo tali gas sono stati ridotti allo stato liquido, quello che più colpisce si è che molti di essi sono pure stati ridotti allo stato solido, come l'aria.

Per ciò che siamo andati dicendo deve ritenersi, come molto probabile, che tutti i corpi, posseduti dalla chimica, sieno un diverso grado di condensazione di un primitivo elemento, eminentemente sottile ed elastico, la materia cosmica, la di cui esistenza ci è in gran parte rilevata anche dai periodi decrescenti delle comete di Encke e di Biela. La materia

cosmica, secondo Eulero, sarebbe 39 milioni di volte più tenue, e 1278 volte più elastica dell'aria atmosferica.

### III.

#### **Ipotesi più probabile intorno alla costituzione dei corpi**

Il corpo è un sistema elastico di punti fisici, estesi ed impenetrabili, estremamente piccoli, i quali, grazie ai moti di cui sono dotati, esercitano di continuo parecchie e reciproche influenze così tra di loro, come con tutti gli altri corpi costituenti il mezzo od ambiente in cui esso trovasi. In virtù di queste azioni scambievoli il corpo medesimo subisce continue mutazioni nel suo volume, nella sua figura e spesso anche nel suo stato fisico. (1)

Notisi che la proprietà di reagire alle azioni esteriori la vediamo comparire fino nei primissimi edifici cosmici come proprietà fondamentale eguale sostanzialmente, sebbene differente nei modi e nelle forme, a quella che si svolgerà nella materia cosmica vivente.

Il Cantoni preferisce di chiamare molecole, piuttosto che atomi, le parti minime, onde sono costituiti i corpi; e ciò per la ragione che gli atomi, considerati come un' assoluta durezza e insecabilità, è una pura ipotesi, contraria al concetto di quella operosità, la quale non potrebbe essere nei corpi, se non fosse nelle parti minime. Talchè, Egli aggiunge, val meglio dire con alcuni fisici essere le molecole non altro che centri di forza o punti di energia.

I fisici hanno tentato di valutare le grandezze molecolari, ed i valori ottenuti sono un milionesimo o frazione di milionesimo di millimetro. Una particella imponderabile di muschio basta a profumare l'aria di un appartamento. La tremilionesima parte di un milligramma di cloruro di sodio, secondo

---

(1) G. Cantoni. — Fisica, pag. 13, ediz. 5.

Kirchhoff e Bunsen, basta a colorare in giallo la fiamma di un becco a gas. La rosanilina, secondo Hofmann, comunica una sensibile colorazione a 100 milioni di volte il suo peso d'alcool, e alcuni calcolano che occorrono 144 triloni di molecole d'idrogeno per formare un milligrammo di questo gas.

Il movimento è la fondamentale manifestazione di tutta la materia cosmica, a qualunque grado e ordine cui essa appartenga. Le molecole lungi dall'essere in quiete, si muovono incessantemente e con grande energia.

« V'è infatti una continua battaglia, un costante cozzo di questi piccoli corpi che si mutilano e si reintegrano sempre, finchè per avventura non giunge qualche colpo abbastanza violento a separare i due o più atomi semplici che li costituiscono. Allora incomincia una nuova combinazione di cose (1). E per rappresentarci meglio alla mente questi intestini movimenti molecolari, supponiamo per un istante i corpi come se fossero tanti recipienti di vetro contenenti un buon numero di pesci dorati. Mentre i recipienti non si possono muovere, come un tutto, nel loro interno hanno degli individui che sono in continuo movimento, in violenta agitazione.

Certo, difficilmente, potremo giungere a conoscere questi piccolissimi corpi che sono i primi materiali, di cui è fabbricato l'intero universo; i limiti che lo spazio e il tempo pongono ai nostri sensi, n'escludono di concerto la possibilità.

---

(1) Balfour Stewart — L'energia — Sue forme ecc.

### Concetto di materia e di forza

Il mobile in quanto riempie lo spazio, dice il Kant, è materia. Per altri la materia è l'espressione visibile della permanenza e continuità delle forze della natura.

La forza è insita nella materia, per modo che noi non sapremmo concepire materia senza forza, o viceversa. Infatti noi sappiamo che cos'è la gravità allora solamente che vediamo cadere il corpo; tolto questo, la gravità cessa tosto di essere una realtà esistente.

Se noi ci proviamo a rompere una pietra, piuttosto dura, avvertiremo, dallo sforzo che v'occorre, che le parti che la costituiscono sono fra di loro legate e tenute in sito da forze che resistono alla rottura. E tali forze di carattere aggregativo s'incontrano in tutti i corpi, qualunque sia lo stato in cui essi si trovano, quindi anche nei corpi liquidi e in quelli gassosi; per modo che non v'è corpo esistente in natura che non presenti delle forze in azione.

Il Secchi, nell'Unità delle forze fisiche, scrive « se la materia è inseparabile dalla forza, molto più la forza è inseparabile dalla materia..... Da ciò però che forza e materia sono sempre unite non ne segue che *per astrazione* non possiamo parlare dell'una e dell'altra come mentalmente separabili, alla guisa che il geometra parla delle linee e delle superficie che certamente non sono separabili dai corpi. »

E per quanto appaia diverso, dice il De Dominicis, un raggio di luce da un'alta montagna, l'enorme massa di una nebulosa da un'umile gregarina, le forme di un muscolo del nostro corpo dalla lava eruttata migliaia di secoli fa da un vulcano, pure sotto forme sì diverse di materia e di forza, v'ha la stessa materia e la stessa forza. La diversità è relativa a combinazione di materia o a forme e aggruppamenti di forza, non alla materia e alla forza.

Se noi consideriamo la storia dei concetti filosofici di

« materia » troviamo che due sono le dottrine principali sotto cui possono classificarsi; l'una è la dottrina « *della materia inerte* » l'altra « *la dottrina dinamica* ».

Con la prima si pone che nella natura fisica vi sieno due generi di enti, la materia e la forza; e secondo questa dottrina la materia sarebbe puramente passiva, inetta di per sè a qualunque azione, ma « subietto acconcio a subire l'impero delle forze, che diverse affatto dalla materia, sono ordinate a fare impeto sopra di essa, o come dicono alcuni filosofi, son date dalla materia in ragione di sistema.

Le forze dunque, enti distinti dalla materia, opererebbero sopra la medesima, generando equilibrio e moto, ossia tutta la meccanica del mondo.

Chi dette un grande impulso a questa dottrina fu Renato Descartes, il quale creò un proselitismo molto numeroso, in cui furono compresi anche i più alti ingegni, come Isacco Newton.

La scuola dinamica, iniziata da Guglielmo Leibnitz, e inaugurata con il principio, ormai classico nella storia della filosofia « *quod non agit, substantiae nomen non meretur* » nega quel dualismo della scuola atomistica, o materialistica propriamente detta, e proclama dipendere l'equilibrio ed il moto dal conflitto delle forze, le quali non sono niente affatto differenti dalle sostanze. E a noi pare che la scuola dinamica sostenga e propugni con molta più logica il problema della forza e della materia, poichè nel fatto, mentre non v'è porzione di materia che non soggiaccia all'impero delle forze, tutto in natura è moto ed equilibrio, tutto è vita nell'universo.

Per i dinamisti la forza scompagnata dalla materia è un ente incomprendibile, una vera e propria astrazione. Per essi l'energia consiste nell'operare della materia, secondo leggi necessarie.—Con tutto ciò Isacco Newton, quantunque sostenitore della dottrina della materia inerte, dettò le sue tre famose leggi del moto:

1.<sup>a</sup> Ogni corpo persevera nel suo stato di quiete e di moto uniforme e rettilineo, fino a che non sia costretto da forze esterne a mutare quello stato.

2.<sup>a</sup> Il cangiamento di moto deve essere proporzionale alla forza motrice impressa, e deve avvenire secondo la direzione di essa forza.

3.<sup>a</sup> L'azione è sempre eguale e contraria alla reazione.

## V.

### Che cos'è l'energia

L'energia è l'attitudine a compiere un lavoro, o a vincere una resistenza. La quantità di energia, di cui è capace un sistema materiale qualunque, è una quantità costante, cioè non può essere nè annullata, nè aumentata, nè diminuita; può essere bensì trasformata in modi diversi.

Cartesio stesso, mentre si faceva sostenitore della dottrina meccanica, affermava che il moto in natura si comunica, ma non si perde. La formula, secondo la quale si rappresenta l'energia in meccanica è per alcuni  $\frac{1}{2} Mv^2$ ; per altri, come Leibnitz,  $Mv^2$  Berlangier chiama l'energia *potenza viva*; e Leibnitz *forza viva*. In ogni caso  $M$  rappresenta la massa del corpo e  $v$  la velocità; onde si dice che la forza viva è uguale al prodotto della massa per il quadrato della velocità. La quantità di moto è rappresentata da  $Mv$ , cioè dal prodotto della massa per la velocità del corpo. In meccanica si dimostra che, qualunque sia la forza che agisce su di un corpo per accelerarne o ritardarne il moto, la quantità di lavoro meccanico sviluppato eguaglia la metà della variazione della forza viva del corpo; cioè la semisomma tra le forze vive  $Mv^2$ ,  $Mv'^2$ , possedute dal mobile prima e dopo l'azione della forza.

Questo principio che in meccanica si enuncia « principio delle forze vive » si rappresenta colla seguente equazione

$$L \equiv \frac{1}{2} M v'^2 - \frac{1}{2} M v^2 \equiv \frac{1}{2} M (v'^2 - v^2)$$

Con la lettera L s'indica il lavoro meccanico.

## VI.

### Energie meccaniche

Ogni corpo che possiede energia ha pure in sè implicito il potere di fare un lavoro. Per ogni spostamento di corpo, e per ogni movimento compiuto v'è spesa di energia. Infatti se ci proviamo ad alzare un peso noi sentiamo tendersi i nostri muscoli, più o meno intensamente; e come effetto di questa tensione sentiamo pure riscaldarsi i nostri muscoli. Quel calore è dovuto all'energia che si produce per un'azione fisiologica. Questa energia si può sempre misurare moltiplicando il numero dei chilogrammi del corpo per lo spostamento, a cui esso è stato sottoposto. Il prodotto di un chilogrammo per un metro di altezza, in meccanica, si chiama chilogrammetro. Esso serve di unità di misura per le energie meccaniche.

Facciamo un altro esperimento: carichiamo una macchina, p. es. un orologio da sala; noi sentiremo di compiere pure in questo caso un lavoro colla nostra mano, perchè dovendosi far girare la vite bisogna che premiamo sulla medesima, affine di fare inalzare dei pesi, per mezzo dei quali è mantenuto il moto dei meccanismi dell'orologio stesso.

Quando il peso è stato inalzato, esso è in grado di compiere un lavoro, che consiste nel far muovere i meccanismi dell'orologio contro le resistenze, a cui essi sono esposti. Quel lavoro, di cui il corpo è capace per virtù della sua nuova posizione che occupa, rappresenta l'energia fisiologicamente spesa dalle fibre muscolari per inalzarlo a quel dato punto.

Tale energia posseduta dal corpo si chiama *energia di posizione, potenziale, virtuale o statica*.

Se l'orologio fosse mosso da una molla a spirale invece che da pesi, allora caricando l'orologio faremmo pure un lavoro, il quale sarebbe impiegato a vincere la resistenza che oppone la molla ravvolta, cioè a modificare la sua forma. Onde, a cose compiute, la molla possiede energia potenziale, poichè possiede in sè qualche cosa che dà ad essa il potere di fare un lavoro. Ma tanto i pesi, quanto la molla, i primi lentamente scendendo, l'altra, perchè facente parte di opportuno congegno, regolarmente svolgendosi, fanno camminare le lancette dell'orologio; onde l'energia dei pesi e della molla si converte a poco a poco in tanto movimento, o energia cinetica, o attuale. Ma l'atto primitivo, che ha prodotto nella molla una potenzialità, risiede nella proprietà contrattile delle fibre muscolari, le quali per mezzo di un'ossidazione organica svincolarono la necessaria forza viva per inalzare i pesi, o ravvolgere la molla. In natura ogni lavoro esplica energia; e tutto l'universo è un'eterna e continua trasformazione di forza e di materia.

Nel movimento dei pianeti attorno al sole si ha un altro esempio di una continua trasformazione di una parte della loro energia attuale in potenziale e viceversa, senza variazione nell'energia totale. La forza viva del moto di traslazione inversamente proporzionale al quadrato del perpendicolo condotto dal sole nella tangente al punto dell'orbita nel quale il pianeta si trova, cresce dall'afelio al perielio per diminuire poscia di un'eguale quantità dal perielio all'afelio, crescendo intanto o scemando l'energia potenziale di una quantità eguale a quella di cui scema o cresce l'energia attuale; sicchè la somma di queste due energie rimane costante. (1)

La polvere pirica può essere rassomigliata alla molla compressa, poichè tanto l'una quanto l'altra sono largamente

---

(1) Berzieri — Principii della Termodinamica. Venezia 1885.

provviste di energia potenziale, la quale, nella polvere, può da un momento all'altro, improvvisamente, e con grande frastuono, trasformarsi in energia cinetica. Ma come ogni corpo in quiete possiede energia potenziale, così ogni corpo in movimento possiede energia cinetica; e l'una e l'altra forma di energia sono in grado di compiere un lavoro, e di scambiarsi viceindevolmente e successivamente tra di loro.

Infatti lancio verticalmente all'insù una pietra. Essa va fino ad una certa altezza, e poi ricade tosto al suolo. Analizzando questo fenomeno troviamo che la pietra all'atto di essere lanciata in aria, verticalmente, possedeva energia cinetica, comunicata dal braccio, la quale, a poco a poco, andò diminuendo fino a scomparire del tutto, sostituendosi ad essa un'altra forma di energia, energia potenziale. La quale si conserva fino a che la pietra, cessata la sua velocità ascendente, si ferma per un attimo. Ma la pietra tosto discende e allora di bel nuovo l'energia cinetica ricomparisce; la quale man mano va ingrandendo a misura che diminuisce l'energia potenziale.

Si vede quindi che appena la pietra ha raggiunto il suo limite ascensionale possiede un massimo di energia potenziale, a cui corrisponde un minimo al limite della sua discesa.

Riepilogando: due sono le forme di energia meccanica, la potenziale e la cinetica. La prima, dice il Berzieri, relativa ad uno stato qualunque ma determinato del sistema, è il lavoro fatto dalle forze quando il sistema passa dal suo stato attuale a quello stato determinato; è quindi la differenza delle energie potenziali assolute corrispondenti a questi due stati, e può essere positiva o negativa, mentre l'energia potenziale assoluta è sempre positiva.

L'energia attuale, la quale dipende solamente dalle velocità in un dato istante dei punti del sistema, è la stessa, sia che si consideri l'energia attuale assoluta, sia che si consideri l'energia attuale relativa. L'energia totale relativa ad uno stato determinato è la differenza delle energie attuali assolute corrispondenti a quello stato determinato e allo stato attuale,

**L'energia non si crea**

Vi sono dei congegni per mezzo dei quali si può vincere una resistenza molto considerevole con una potenza relativamente piccola. A prima giunta si potrebbe credere che con tali mezzi si potesse creare energia, poichè quando realmente alziamo un peso di 60 chilog. con 6 chilog. la cosa ci apparisce tale. Però come non v'è creazione di energia, così non v'è neppure distruzione della medesima. Alorchè, con le taglie, ad una resistenza di 6 chilogrammi si può fare equilibrio con 1 chilogrammo, non è per ciò che si crei energia; poichè se riflettesi che in simili casi mentre la potenza fa un'escursione di 6 metri, svolgendo 6 metri di corda, il peso che rappresenta la resistenza non si eleva che di 1 metro, si scorge che il guadagno fatto in potenza si perde in velocità. Il torchio idraulico è un'altra macchina, con la quale si possono vincere forti resistenze con potenze relativamente piccole.

Il torchio idraulico è fondato sul principio di Pascal: « una pressione esercitata su una parte qualunque d'una massa liquida si trasmette con eguale intensità in tutte le direzioni ed in ogni verso alle parti della massa stessa ».

Per opera del torchio idraulico si producono mediante un embolo di ampia base pressioni assai notevoli, esercitando in altro embolo di angusta base o sezione, una pressione proporzionalmente minore. Volendo con questa macchina determinare un movimento su una data superficie, si dovrà imprimere all'embolo motore una velocità commisurata all'area dell'embolo resistente; cosicchè per ciascun embolo riesca eguale il prodotto della pressione per la corrispondente velocità, astrazione fatta dalle resistenze d'attrito degli emboli nelle corrispondenti tubature. In questa, come in ogni altra macchina, il lavoro motore deve eguagliare il lavoro resistente.

Dunque anche in questo caso ciò che si guadagna in forza si perde in velocità e viceversa.

L'energia non si crea, ma si trasforma; come lo prova il seguente fatto.

Consideriamo un molino da macinare grano mosso da una comune ruota idraulica colpita per di sopra da una massa di acqua. Affinchè il grano sia stritolato tra due pietre occorre una energia che compia questo lavoro. L'energia che fa muovere la ruota è appunto la massa d'acqua, fornita da un serbatoio situato ad un livello superiore alla ruota idraulica. Alla massa d'acqua, nel serbatoio, è inerente un tanto di energia potenziale, che determina il movimento della ruota, e quindi delle macine; alla energia potenziale perciò corrisponde un tanto di energia cinetica equivalente. Abbiamo detto equivalente, ma nel fatto non è così, perchè la quantità che effettivamente può essere prodotta è considerevolmente minore dell'efficacia teorica della ruota. Ciò è dovuto in gran parte all'attrito che si svolge nelle macchine, ed in parte all'imperfetto modo di agire della ruota idraulica. Però si ritiene che se tutta l'energia potenziale dell'acqua potesse essere utilizzata essa sarebbe perfettamente eguale alla quantità di lavoro prodotto.

E alla massa d'acqua contenuta nel serbatoio chi ha data l'energia, di cui essa potenzialmente è fornita? Bisogna pensare al fatto che quell'acqua dalla terra ascese alle alte regioni atmosferiche per effetto dei raggi solari, i quali la convertirono in stato di vapore: il quale condensandosi dette origine alle nubi, da cui per un ulteriore condensamento ebbe origine la pioggia che precipitando poté raccogliersi in quel serbatoio.

Da tutto ciò risulta che i raggi del sole comunicano energia alla terra e conseguentemente il lavoro fatto nel macinare il grano entro il molino è dovuto all'energia del sole, in virtù della propria enorme temperatura.

E se in luogo di una ruota idraulica il mugnaio si servisse di una macchina a vapore per macinare il grano, po-

trebb'egli in caso simile creare energia? No. Il carbon fossile infatti è la sorgente dell'energia in una macchina a vapore, poichè dalla combinazione chimica di esso con l'ossigeno dell'aria si svolge il calore necessario per fare evaporare l'acqua nella caldaia.

Ma il carbon fossile rappresenta una forma di vegetazione, la quale per fenomeni geo-dinamici fu sepolta in seno alla terra, ove rimanendo per secoli fu modificata e trasformata in quella forma speciale di carbone. Ora dobbiamo riflettere che la pianta vivente per formare i suoi tessuti, i suoi organi ebbe di bisogno del raggio solare; onde, per essere logici, dobbiamo pure in questo caso riconoscere nel raggio del sole la prima sorgente dell'energia necessaria a far muovere la locomotiva. Il carbon fossile è dunque da considerarsi come un'accumulazione d'energia potenziale, conservata per secoli in seno alla terra, e comunicata da sole, il quale è fonte perenne di viva in tutto l'universo.

#### VIII.

#### Principio delle velocità virtuali

Gli esempi accennati precedentemente hanno chiaramente dimostrato qual'è la vera funzione delle macchine, per mezzo delle quali si può trasformare una specie d'energia in un'altra, ma non si può crearne.

Galilei fu il primo che definì chiaramente la funzione delle macchine. Egli vide che se mediante una macchina, di qualunque siasi natura, si solleva con un piccolo peso, un peso maggiore, *moltiplicando il piccolo peso per lo spazio che percorre in discesa, si ha lo stesso prodotto che si ottiene moltiplicando il peso maggiore per lo spazio che percorre in salita.*

Questo principio si enuncia così: in una macchina allo stato di moto uniforme il lavoro motore è uguale al lavoro resistente. In queste condizioni le macchine non fanno che trasformare il lavoro della forza motrice, senza nulla perderne,

in altro lavoro eguale. Però in pratica questa legge non si trova mai realizzata. In una macchina in moto il lavoro resistente è sempre inferiore al lavoro motore. Si spiega questo fatto generale colla considerazione delle così dette resistenze passive, tra le quali figura in prima linea l'attrito. Il quale deve intendersi come la risultante di azioni che si esercitano tra le molecole delle superficie che si sfregano.

## IX.

### **L'attrito trasforma ma non distrugge energia**

Se si getta una palla sulla strada, con una certa velocità, essa continua andare fino a un certo punto, e poi si ferma. Perchè si ferma la palla? Eppure, secondo la prima legge del moto, da noi enunciata, non dovrebbe fermarsi. Da ciò parrebbe vi fosse contraddizione tra la legge e l'esperienza; ma non è così. La ragione infatti, onde il corpo, posto in movimento, si ferma, dopo un certo tempo, sta tutta nell'impossibilità di realizzare la condizione che la legge impone, cioè che il corpo sia in tali condizioni da non essere sottoposto all'azione di alcuna forza. Ora, nel nostro caso, il corpo si ferma perchè altre forze agiscono su di esso come la resistenza del mezzo ambiente, e l'attrito.

E che dall'attrito principalmente dipenda il fermarsi della palla si può vedere chiaramente, facendo ruzzolare la stessa palla, con la stessa forza, su di una superficie, più o meno levigata, come uno strato di ghiaccio, o un piano di bigliardo. La palla in simili condizioni continuerà a ruzzolare per un tempo assai più lungo, percorrendo una maggiore distanza. Ciò è dovuto alle minori scabrosità esistenti tra il corpo e le superficie, ove si muove. Da ciò ne viene che se noi potessimo sottrarre la palla, completamente, all'azione dell'attrito e a quella della resistenza del mezzo ambiente, essa ruzzolerebbe indefinitamente in linea retta, con una velocità eguale.

Ma dopochè la palla s'è fermata, il movimento, da cui

essa era animata, è forse distrutto? No: poichè se noi potessimo raccogliere e misurare tutto il calore, svolto per azione dell'attrito e del mezzo ambiente, la quantità di calore così ricavata sarebbe perfettamente equivalente alla quantità di moto posseduta prima dal corpo. L'attrito dunque trasforma l'energia cinetica in energia termica.

X.

**Indipendente coesistenza degli effetti delle forze**

Come conseguenza della indipendente coesistenza degli effetti delle forze si ha che « quando parecchi movimenti sono impressi contemporaneamente ad un dato corpo, questo si muove così da trovarsi in ogni istante nel luogo stesso in cui giungerebbe, qualora ciascuno di quei movimenti si verificasse in tal corpo separatamente e successivamente nella propria direzione e colla propria velocità ». Dipende da questo principio che un corpo lanciato in aria in una direzione qualunque descrive una traiettoria, che si dimostra essere una curva parabolica. Infatti dovendo il corpo obbedire contemporaneamente e alla forza d'impulsione e alla gravità, che lo sollecita a cadere verso il centro della terra con una velocità che varia da luogo a luogo per varie circostanze (latitudine, natura dei materiali costituenti la roccia ecc.), esso prenderà delle posizioni medie, le quali rappresentano una linea parabolica.

In questo principio cardinale della meccanica hanno pur fondamento, a nostro modo di vedere, gli svariati fenomeni della estrinsecazione psichica negli esseri viventi. Infatti il ganglio nervoso dovendo conservare e ubbidire contemporaneamente ai moti esteriori, nonchè a quelli provenienti dalle residuali reazioni passate e accumulate nella trama organica della vita, e risuscitate dalle presenti reazioni, dovendo il ganglio, ripeto, obbedire a tutte queste azioni di moto, esso risponderà con una ulteriore manifestazione psichica la quale,

assumendo una linea di posizioni medie rappresenterà la risultante finale di quei moti interni ed esterni. E da questa composizione di forze e di moti, operata nella tela organica del vivente, avranno nascita le più o meno complesse differenziazioni psico-organiche dei diversi organismi costituenti la scala zoologica.

## XI.

### L'azione è uguale e contraria alla reazione

Facciamo il caso di un oggetto giacente su di un tavolino, per esempio: di un libro. Esso sollecitato dalla forza di gravità, tende a cadere, facendo pressione sul sostegno, ove posa. E siccome rimane in equilibrio bisogna pensare che vi sia un'altra forza che neutralizzi l'effetto dell'attrazione terrestre, e questa forza nel caso nostro è rappresentata dalla reazione del tavolino.

Una calamita attira un pezzo di ferro, ma nel tempo stesso il ferro attira la calamita con una forza la quale è precisamente eguale ed opposta.

Ciò può provarsi sperimentalmente fissando una calamita nella prora di un piccolo battello e un pezzo di ferro nella poppa del medesimo. L'attrazione esercitata dalla calamita sul pezzo di ferro produce una forza che tende a spingere in avanti il battello; ma l'esperimento mostra che per tal modo non possiamo far muovere il battello. Per quanto la calamita sia potente e il battello possa essere facilmente mosso pure si trova sempre che esso rimane fermo. Ciò può succedere soltanto perchè il ferro esercita sulla calamita una forza la quale tende a spingere indietro il battello precisamente coll'istessa forza con cui l'attrazione della calamita sul ferro tende a spingerlo innanzi. Se la calamita è tenuta, mano allora la reazione è sopportata dalla mano e non dal battello; e l'azione della calamita sopra un pezzo di ferro attaccato al battello non essendo neutralizzata da una corri-

spendente reazione sul battello stesso farà muovere questo in avanti. (1)

Per esperienza ognuno sa che quando si esplose un fucile si riceve alla spalla, ove è applicato il calcio, una spinta tanto più energica, quanto più forte è stata la carica.

La spinta ricevuta alla spalla, dal calcio del fucile, rappresenta la reazione della esplosione, per cui la palla vola via dalla canna del fucile.

Ora il prodotto della massa costituente la palla moltiplicata per il cammino percorso è eguale a quello risultante dalla massa del fucile moltiplicata per lo spazio percorso dal fucile stesso.

Dunque le azioni reciproche di due corpi sono sempre eguali e dirette in senso opposto.

L'azione e la reazione costituiscono pure la legge fondamentale della vita organica; e, come vedremo, le reazioni del vivente alle azioni esteriori si esplicano con fenomeni più elevati e complessi che non è la semplice reazione di un tavolino ad un libro, e di un pezzo di ferro ad una calamita ecc.

## XII.

### Energie fisiche

**Attrazione tra i corpi celesti.**— Tutti i corpi dell'universo tendono continuamente gli uni verso gli altri; e quella forza per virtù della quale i pianeti si attraggono mutuamente prende il nome di gravitazione. Fino dall'antichità si aveva adottata l'ipotesi d'una tendenza della materia verso centri comuni; e Keplero ammise un'attrazione reciproca tra il sole, la terra e gli altri pianeti.

Newton però fu il primo che dalle leggi di Keplero sul

---

(1) Dalla Meccanica di Ball Benetti.

moto dei pianeti dedusse la fondamentale legge della natura che tutti i corpi si attraggono fra loro in ragione composta delle masse, e in ragione inversa del quadrato delle distanze; vale a dire che se un corpo ha una massa quattro volte più grande di un altro, esso svolgerà in paragone a quest'ultimo una forza d'attrazione quattro volte maggiore; per modo che se i due corpi sono perfettamente mobili quello che ha una massa quattro volte più grande si sposterà quattro volte meno dell'altro; e se la distanza che separa i due corpi è 4, 5, 10 volte più grande, la forza d'attrazione sarà  $(4 \cdot 4) = 16$ ,  $(5 \cdot 5) = 25$ ,  $(10 \cdot 10) = 100$  volte minore.

Mentre Newton formulava la nota legge della gravitazione, Keplero dimostrava che i pianeti descrivono intorno al sole delle curve ellittiche, delle quali esso occupa uno dei fochi, ed enunciava una relazione numerica della rapidità del loro moto; paragonandoli poi fra loro scoprì la legge che lega loro masse e le durate delle loro rivoluzioni.

**Attrazione tra la terra e i corpi esistenti alla sua superficie.** — La forza onde i corpi abbandonati a sè stessi cadono verticalmente verso il centro della terra si chiama gravità. Anticamente, lo ripetiamo, questa proprietà si attribuiva, non già ad una qualità intrinseca della materia, come più tardi fecero Cartesio, Gassendi ed altri, ma bensì ad una naturale tendenza delle particelle dei corpi a riunirsi intorno ad un centro comune.

Anticamente si asseriva che i corpi leggeri tendono a dirigersi in alto, e che i corpi pesanti tendono a dirigersi in basso. I corpi, si diceva, in uno stesso ambiente cadono con una velocità proporzionale alle loro masse.

Tali errori impedirono naturalmente agli antichi di giungere alla scoperta della legge sulla caduta dei gravi. Tuttavia Lucrezio (95 anni a. G. C.) intravide, intuì, ciò che dimostrarono dopo un lungo tempo Galileo e Newton. Egli infatti dice nel suo poema — *Della natura delle cose* — che se i corpi cadono meno velocemente gli uni che gli altri, ciò si deve alle resistenze che loro oppone il mezzo nel quale cadono;

in uno spazio vuoto essi cadrebbero tutti colla medesima velocità; così i più pesanti, come i più leggeri.

La gravità si esercita sopra tutti i corpi, solidi, liquidi e gassosi; e l'effetto generale a cui dà luogo è il peso dei corpi stessi; i quali per effetto della gravità sono sollecitati a cadere verso il centro della terra, descrivendo spazi che sono proporzionali al quadrato del tempo impiegato a percorrerli; o esercitano pressioni sopra gli ostacoli che s'oppongono alla loro caduta.

**Attrazione delle molecole.** — Le forze che si esercitano tra i corpi celesti, tra la terra e i corpi esistenti alla sua superficie, si esercitano pure tra le molecole dei corpi. L'attrazione molecolare non è quindi che un caso particolare della gran legge dell'attrazione universale.

Le attrazioni molecolari però, giusta il principio Newtoniano, non hanno luogo che alla condizione che i corpi vengano quasi a contatto; invece negli altri casi, da noi esaminati, le forze attrattive agiscono a tutte le distanze, e sopra tutte le masse. Da queste forze, e dalla forza termica, onde le molecole dei diversi corpi si tengono tra loro aggregate, dipende lo stato dei medesimi, cioè lo stato solido, liquido e gassoso.

Dicesi *solido* ogni corpo che offre una figura determinata e oppone una sensibile resistenza alle azioni che tendono a modificarne la figura, ossia a mutare la postura relativa delle sue particelle materiali. Dicesi *liquido* ogni corpo le cui particelle materiali, benchè scorrevoli, si mostrano sensibilmente coerenti, cioè oppongono una distinta resistenza a quanto opera per aumentare la distanza relativa; e il di cui volume apparente non varia sensibilmente col variare di poco la pressione su di esso. Il corpo liquido nel passare da un vaso in un altro, conservandosi lo stesso grado di temperatura, non cambia sensibilmente di volume; e se la capacità del recipiente è maggiore del volume del corpo liquido, questo ne occupa solamente le parti inferiori, terminando con una su-

perficie sua propria nella parte superiore che non è a contatto colle pareti. (1)

I corpi *gassosi*, secondo Clausius e Maxwell, sono costituiti da molecole piccolissime rispetto al valore medio della distanza che le separa, e animate da considerevoli velocità di traslazione in tutte le direzioni. Due molecole gassose non hanno azione reciproca sensibile, se non quando la distanza dei loro centri è eccessivamente piccola; sia che la loro azione risulti da un vero urto, ovvero che essa si eserciti realmente a distanza, ma secondo una legge di variazione estremamente rapida.

Dal Clausius si ammettono 4 specie di forze vive per ciascuna molecola, 1.<sup>a</sup> la forza viva del movimento di traslazione; 2.<sup>a</sup> la forza viva del movimento rotatorio; 3.<sup>a</sup> la forza viva del movimento vibratorio degli atomi componenti ciascuna molecola; 4.<sup>a</sup> la forza viva del movimento dell'etere. Questi quattro sistemi di movimenti esistono sempre; se l'uno di essi è determinato lo sono perciò stesso anche gli altri.

L'energia potenziale dei gas non dipende dalla grandezza degli intervalli che separano le molecole; le forze interne sembrano indipendenti dalle distanze reciproche delle molecole stesse; bisogna quindi supporre queste distanze grandissime relativamente alle dimensioni delle molecole. Ora perchè questo ammasso incoerente di molecole sparse sia capace d'agire sopra sè stesso e sui corpi esterni, e possieda tutte le proprietà, che l'esperienza ci mostra nei gas, bisogna attribuire alle molecole delle velocità che rendano le differenti parti del sistema solidarie le une delle altre, per gli urti o per le diminuzioni di distanza ravvicinanti le molecole per modo che le loro azioni divengano temporaneamente sensibili. Queste molecole formano allora un sistema, le cui diverse parti sono solidali, e possono agire sui corpi esterni, sulle pareti che racchiudono il gas, producendo coi loro urti incessanti il

---

(1) Dalla fisica di G. Cantoni.

fenomeno della pressione. A cagione della grandezza degli intervalli molecolari, quasi tutte le molecole in un dato istante devono muoversi come se non fossero sottomesse all'azione d'alcuna forza, cioè in linea retta, e con velocità uniforme. Le molecole che si urtano a vicenda, se i loro centri di gravità si muovono sopra una stessa retta non fanno che scambiarsi le loro velocità, poichè le masse delle molecole sono eguali per ipotesi e perfettamente elastiche; e l'effetto dell'urto è il medesimo che se l'una delle molecole fosse passata traverso all'altra; è dunque lo stesso come se l'urto non avesse avuto luogo. Che se poi le due molecole si muovono secondo due rette diverse, e passano l'una entro la sfera di azione delle forze attrattive o ripulsive dell'altra, allora per l'azione di queste ultime forze le due traiettorie rettilinee saranno trasformate in curvilinee, e dopo ciò le due molecole si allontaneranno di nuovo l'una dall'altra, secondo una linea retta. L'elemento di traiettoria curvilineo dovrà essere brevissimo rispetto alla traiettoria rettilinea, cosicchè in generale la traiettoria di ciascuna molecola sarà formata da una serie di rette, disposte a zig zag, e riunite fra loro da curve cortissime. Gli urti delle molecole si effettuano conformemente al principio della conservazione dell'energia, per modo che la somma delle forze vive di tutte le molecole si mantiene costante. (1)

Ogni corpo pare rappresenti in miniatura tutto il sistema celeste. Se potessimo costruire un microscopio abbastanza potente, al dire di alcuni fisici, noi potremmo scoprire nei corpi che ci circondano (p. es. in un pezzo di marmo) degli spazi vuoti, come gli spazi planetari, poi di tratto in tratto delle stelle armoniosamente aggruppate, e tutto intorno delle atmosfere. Tutti questi piccoli astri molecolari girerebbero nelle loro orbite con una regolarità perfetta, come nei grandi astri del cielo.

---

(1) Dall'opera di L. Berziera — Principi fondamentali della Termodinamica — Venezia - Tip. Emiliana, 1885.

Secondo le esperienze e i calcoli più recenti la distanza fra due molecole sarebbe meno di  $\frac{1}{10,000}$  di millimetro. Secondo il fisico Lorenzo il numero delle molecole contenute in un milligrammo d'acqua sarebbe superiore a 1350 milioni di miliardi.

L'attrazione universale (gravitazione, gravità, attrazioni molecolari) non è una forza a sè, ma essa sottostà alla formazione delle masse, e quindi alle forze molecolari, alla coesione e all'affinità. E sia che si voglia ricondurre l'attrazione all'elettricità, scrive il De Dominicis, sia che si voglia presciogliere altra delle venti ipotesi enumerate da Guglielmo Tylor, sia che si voglia tornare alla vecchia ipotesi del Letage, modificata non ha guari da Tolver Preston, secondo cui i corpi si attirerebbero, perchè premuti da molecole oltra-mondane tenuissime, le quali continuamente si muoverebbero nello spazio e attraverso i corpi in tutte le direzioni, sempre ne verrebbe però fuori che l'attrazione si sviluppa per speciai condizioni naturali della materia, condizioni che sono spiegabilissime nel principio della conservazione e trasformazione dell'energia.

**Il calore.** — Fino dalla più remota antichità si ebbe sempre per il fuoco un certo culto, una speciale venerazione; e il desiderio di sapere qual fosse la causa del fenomeno calorifico ha sempre tenuto agitate le menti in ogni luogo, in ogni tempo. Però tutte le ipotesi escogitate dagli antichi per spiegare la natura del calorico non potevano essere accettate, poichè quelle ipotesi non erano fondate su esatte osservazioni e scrupolose esperienze.

Gli antichi filosofi definivano il calore una qualità o un accidente che riunisce e associa materie omogenee, e dissocia e separa materie eterogenee. Nel medio evo si continuò a considerare il calore come una qualità rigorosamente inerente a un corpo speciale, sia il fuoco stesso, sia la parte invisibile del fuoco.

Bacone, Rumfort, Macquer (1718-1784) affermarono che

il calore non è altro che una modificazione dei corpi, un semplice movimento, provocato nelle loro parti costituenti da un impulso qualunque, che Rumfort attribuì a un etere speciale. Nel 1842 Majer espose la teoria del calorico quale oggi la concepiamo.

L'ipotesi che considera il calorico come una materia invisibile, impalpabile, un fluido imponderabile, incoercibile, emesso dai corpi caldi in tutte le direzioni, e che abbandonando i corpi ed accumulandosi in essi produce i fenomeni di caldo e di freddo, è detta ipotesi dell'*emissione*; quella invece che considera il calorico come il risultato di un movimento vibratorio perpetuo delle molecole dei corpi, movimento accelerato nel tempo del riscaldamento, rallentato nel tempo del raffreddamento, e trasmesso ad altri corpi sotto forma di ondulazioni, come il suono nell'aria, mediante l'intervento di un fluido elastico, chiamato etere, si chiama ipotesi dell'*ondulazione*.

Quest'etere, o materia cosmica, dice il Wurtz, è l'intermediario tra tutte le parti dell'universo. Messaggero irradiante esso riceve e ci trasmette, sotto forma di luce o di calore, le radiazioni, cioè le vibrazioni che gl'imprimono il sole e le stelle più lontane, e invia nello spazio quelle che provengono dal nostro mondo solare. E lo stesso scambio si stabilisce nel dominio infinito degli infinitamente piccoli. Gli atomi e le molecole che si muovono con velocità diversa in questo impressionabilissimo mezzo, gli comunicano una parte della loro energia, che vi si propaga sotto forma di calore raggiante e di luce; e reciprocamente le onde calorifiche e luminose dell'etere, che vengono a sfiorare gli atomi o i gruppi di atomi, aumentano l'ampiezza delle loro traiettorie, e l'energia dei loro movimenti vibratorii. Ed è questa incessante comunicazione di movimenti, questo perpetuo scambio di forza, tra l'etere e la materia, che dà luogo ai fenomeni più importanti della fisica e della chimica.

**Il calore è una forma d'energia.** — Qualunque sia la natura propria del calore, dice il Cantoni, è dato interpretare

i diversi fenomeni ad esso attribuiti, riguardandolo semplicemente come una energia. La temperatura sensibile di un corpo corrisponde alla forza viva (ordinariamente rappresentata con  $\frac{1}{2} Mv^2$ ) delle sue molecole vibranti, oppure ruotanti con data velocità vibratoria intorno alle molecole o ai loro rispettivi centri di gravità. Col variare di questa velocità vibratoria delle molecole varia in esse, per inerzia, la forza centrifuga, e perciò anche l'ampiezza delle loro vibrazioni; e variando le loro medie distanze varia altresì il volume del corpo e l'intensità relativa della sollecitazione centripeta ed aggregativa delle molecole stesse.

Allorchè un corpo si scalda ha luogo un dispendio d'energia ad esso esterna, e in corrispondenza una perdita di forza viva molecolare di altri corpi. E questo guadagno di energia serve in parte ad aumentare la velocità vibratoria delle molecole di tal corpo in relazione all'aumento che si verifica nella sua temperatura, e in parte serve a compiere il lavoro necessario della sua dilatazione, cioè a ridurre le molecole stesse a maggiori mutue distanze, contro l'operare dalle forze aggregative.

Che se il corpo per dilatarsi, continua il Cantoni, deve vincere anche un'esterna pressione, il lavoro motore impiegato nella dilatazione equivarrà alla somma dei lavori resistenti sviluppati, e dalle dette forze molecolari, e dalla pressione esteriore. Tantochè, qualunque sia lo stato fisico dei corpi, o solido, o liquido o aeriforme, la velocità specifica, considerata in riguardo alle calorie di dilatazione, si mostra correlativa alla varia coerenza delle loro parti, e quindi dalle loro proprietà fisiche che con queste hanno attinenza.

Allorchè dunque un corpo si riscalda il lavoro meccanico che ne risulta è destinato a vincere le resistenze interne (coesione) e le resistenze esterne (pressione); e ad aumentare la velocità delle molecole, correlativamente al loro aumento di temperatura. Quando un corpo si raffredda verificasi una perdita di forza viva, scemandosi la velocità vibratoria delle

sue molecole, le quali perciò si riducono a minori mutue distanze, proporzionalmente all'eccesso che in esse risulta dalle sollecitazioni centripete su le centrifughe; ma in generale costesta perdita di forza viva rende estrinseca un'energia, la quale compie un lavoro motore per aumentare sia la velocità vibratoria, sia le mutue distanze nelle molecole, meglio punti fisici (Cantoni).

**Passaggio di stato dei corpi.** — Il passaggio di stato dei corpi si fa appunto in forza del calore, il quale opera come forza contraria all'attrazione, esistente tra i punti fisici del corpo. Infatti allorchè un corpo da solido si fa liquido, o da liquido si tramuta in vapore, il calore agisce come forza motrice, la quale produce un lavoro meccanico; sia nel render fluide le molecole, contro la coesione, che le tiene aggregate, sia nell'aumentare le loro mutue distanze, contro le stesse forze molecolari e le pressioni esterne. Si vede dunque che tra forza viva e lavoro meccanico esiste una perfetta correlazione, poichè l'azione dell'una è commisurata all'azione dell'atra.

Ogni corpo dunque sottoposto o a pressioni o a percussioni, o a sfregamento si riscalda, e questo riscaldamento è proporzionale al guadagno di forza viva delle sue molecole, nonchè all'intensità della causa che produce quel dato fenomeno nel corpo. La correlazione tra forza viva e lavoro meccanico fu con molta chiarezza e precisione determinata sperimentalmente da Iule, come vedremo tra poco.

**Lavoro o movimento assorbito.** — Devesi ritenere che ogni azione come qualunque movimento che scompare produce sempre calore; e che il calore prodotto è capace di azioni o di movimento: ondè tra calore e lavoro, e tra lavoro e calore esiste un'intima correlazione. Tale verità del resto si può dimostrare con facili esperimenti.

Si prenda un cilindro di vetro a pareti resistenti, e nel suo interno si faccia scorrere uno stantuffo rapidamente.

Si vedrà che abbassandosi lo stantuffo con velocità si comprime di tanto l'aria sottoposta che quest'ultima, per ef-

fetto di questa azione meccanica si riscalderà al punto di determinare l'accensione di una certa quantità di cotone imbevuto di solfuro di carbonio, collocato in fondo del tubo. Ciò è un' evidente, quanto semplicissima dimostrazione della conversione del lavoro in calore, o come anche si dice, di energia cinetica in energia termica.

Viceversa: se lo stantuffo è al fondo del vaso e si riscalda l'aria sottoposta, questo calore produrrà lavoro, onde lo stantuffo risalirà nel tubo di una certa altezza. Qui l'energia termica evidentemente si è convertita in energia cinetica. Ogni qualvolta dunque v'è sparizione di movimento, compare una quantità, corrispettiva di calore.

**La conversione del calore in movimento in una macchina termica.** — I gas forniscono un mezzo per sviluppare lavoro, come tutti gli altri corpi della natura, poichè tutti indistintamente sono suscettibili, più o meno, di cangiamenti di volume, di contrazioni e di dilatazioni successive. I corpi solidi (una spranga di ferro p. es.), i corpi liquidi, possono aumentando di volume, vincere ostacoli che si oppongono alla loro dilatazione.

I vapori di tutti i corpi suscettibili di passare allo stato aeriforme possono subire mutamenti considerevoli di volume per le variazioni di temperatura, e se essi sono chiusi in una capacità estensibile, come un cilindro munito di stantuffo, vi potranno produrre dei movimenti molto estesi con quegli effetti che produce l'aria calda ed il vapor d'acqua nelle macchine termiche (Berzieri).

Quando il corpo che s'impiega a trasformare il calore in lavoro, o viceversa, e che chiameremo corpo intermediario, subisce una serie di trasformazioni periodiche, che lo riconducono al suo volume, alla sua pressione e alla sua temperatura primitiva, si dice che esso percorre un *ciclo chiuso*.

Sadi Carnot (1824) enunciò per la prima volta il seguente teorema: « Quando una macchina termica qualunque funziona secondo un ciclo di Carnot, il coefficiente economico proprio a questa macchina è eguale al coefficiente economico di una

macchina a gas, funzionante secondo il medesimo ciclo nel medesimo intervallo di temperatura ».

Carnot fondò però la sua dimostrazione sull'ipotesi della materialità e per conseguenza della indistruttibilità del calore. Il Clausius modificando quella dimostrazione, formulò così il teorema: « il calore non può passare da sè stesso da un corpo freddo ad un corpo caldo » ovvero « il calore non può passare da un corpo freddo ad un corpo più caldo, senza che si presenti simultaneamente un'altra modificazione dipendente da quel passaggio ». Da ciò ne consegue che in una macchina termica l'eccesso del consumo calorifico totale sul consumo utile è quella frazione del calore tolto alla sorgente, che per il giuoco della macchina è trasportato sopra un corpo più freddo, ed è perduto intieramente per il lavoro utile che la macchina deve produrre. Laonde il principio di Carnot può enunciarsi dicendo: « in qualunque macchina termica, nella quale l'agente impiegato per la trasformazione del calore in lavoro percorre un ciclo di trasformazioni che esso non riceva calore che da un corpo d'una determinata temperatura, e non ne abbandoni che ad un altro d'una temperatura egualmente determinata, ma più bassa, esiste un rapporto costante, tra la quantità di calore trasformata in lavoro e la quantità totale di calore impiegata; questo rapporto, indipendente dalla natura dell'agente adoperato, è uguale alla differenza delle temperature assolute, tra le quali la macchina funziona, divisa per la più alta di queste temperature ».

E il nostro organismo non è in gran parte una macchina termica?

Perchè s'incendiano le stelle cadenti.—Le stelle cadenti, aereoliti, o uranoliti, come li ha chiamati il Secchi, sono corpi, i quali traversando l'atmosfera cadono talora sulla superficie terrestre. Gli antichi attribuivano alle *famose piogge* di sassi un'arcana origine e adoravano le pietre venute dal firmamento come cose sacre e celesti.

I moderni hanno sempre rifiutato di credere a queste piogge di sassi; riferendo tali fenomeni a cause naturali.

Ma che è la stella cadente? Un punto luminoso senza diametro apparente, che guizza con rapidità nel firmamento. Talora quel filo di luce, dice uno scienziato, dopo avere traversata una vasta zona, acquista grandi dimensioni e finisce sovente con una violenta esplosione.

Quel corpo si chiama allora *bolide*. Finalmente i bolidi qualche volta si spezzano, lanciando per ogni dove frammenti minerali, che sono appunto *aereoliti*.

Stelle cadenti, bolidi, aereoliti sono dunque fenomeni congeneri, o meglio ancora, sono diverse manifestazioni di uno stesso fenomeno.

Dai lavori di uomini eminenti, come Quetelet, Arago, Biot, Kerschell, Humboldt, Hencke, Holland, Wilsonn, ecc. si ricava che le pietre meteoriche hanno evidentemente un'origina cosmica.

La velocità con cui le stelle cadenti entrano nell'atmosfera, tenendo conto dell'accelerazione prodotta dalla gravità terrestre, è compresa tra i limiti di 16,000 e 72,000 metri al secondo. Però la resistenza dell'atmosfera modifica notevolmente cotesta velocità; talchè un'aereolita che venga alla terra con caduta verticale e con una velocità iniziale di 72,000 metri al secondo, al momento di entrare nell'atmosfera perde gli  $\frac{8}{9}$  della sua velocità in uno o due secondi, giungendo allo strato dove la pressione è di 7<sup>mm</sup>, 50.

Un metereolite che cada in direzione inclinata di 10° sul piano dell'orizzonte ha la sua velocità ridotta dai 72,000 m. a 8000 metri; appena è arrivato allo strato, ove il barometro segnerebbe 1<sup>mm</sup>, 30 (Schiapparelli).

Questa diminuzione di velocità, questo movimento che scompare, questa forza viva, questa energia cinetica, non si perde, ma si trasforma in tanto calore nensibile (energia termica) sufficiente a incendiare e ridurre in vapore queste meteore cosmiche.

**Equivalente meccanico del calore.**— Si è saputo determinare la quantità di calore necessaria per produrre un certo

lavoro, e reciprocamente la spesa di lavoro necessaria a produrre un certo calore, mediante l'apparecchio col quale Jule, fisico inglese, fece verso il 1843 il classico sperimento. Col mezzo di questo apparecchio Jule vide che un peso di 425 Kg. cadendo da un metro d'altezza era sufficiente di elevare di un grado un chilogrammo d'acqua, cioè di produrre una caloria.

L'apparecchio è semplicissimo e si trova descritto in tutti i libri di fisica. In questo esperimento è fondata tutta la moderna teoria meccanica del calore.

**Il sole è la sorgente principale del calore terrestre.** — Le ricerche di Herschell e di Pouillet ci hanno fatto conoscere la quantità di calore che il sole emette, e possiamo per mezzo del calcolo valutare a quanto ammonta la parte di calore che riceve ciascun pianeta del nostro sistema. La terra riceve

$\frac{1}{3,200}$  milionesimi della quantità di luce e di calore emesso dal sole. Lo strumento, dovuto a Pouillet, col quale si può

misurare la quantità di calore mandato dal sole sulla terra si chiama *Pireliometro*.

Pouillet ha determinato pure la quantità di calore che giunge sulla terra nel corso di un anno. Questo calore è talmente grande che sarebbe capace di fondere uno strato di ghiaccio dello spessore di 30 metri circa, che avvolgesse il nostro globo. Però non tutto il calore solare giunge alla superficie della terra, perchè una metà circa viene assorbito dall'aria atmosferica che traversa, e più ancora da vapore acqueo. Pensando che per fondere un chilogrammo di ghiaccio occorrono 79 calorie, si vede che sarebbe impossibile voler misurare quella quantità colle ordinarie unità di misura.

Il Violle ha fatto delle esperienze, dalle quali risulta che la quantità di calore ricevuta in un anno sopra una superficie di un metro quadrato alla distanza della terra dal sole è eguale a  $135,10^5$  calorie. La superficie della sfera, che ha per centro il sole, e per raggio la distanza del sole dalla terra essendo di  $293,10^{11}$  metri quadrati, se ne conclude che la

quantità di calore emessa dal sole in un anno è uguale a  $132,293,10^{26}$ , ossia a  $386,10^{23}$  calorie.

Questa prodigiosa emissione di calore avrebbe dovuto produrre durante il corso dei secoli un considerevolissimo abbassamento di temperatura, se la perdita non venisse compensata con alcuna nuova produzione di calore. Si calcola che se il calore specifico del sole fosse eguale a quello dell'acqua, e infinita la sua conducibilità, la temperatura del sole si abbasserebbe più di  $2^{\circ}$  in un anno, circa nove mila gradi in 400 anni. Ma tanto la flora, quanto la fauna ci attestano che la quantità di calore inviata annualmente dal sole alla terra non è sensibilmente cambiata dai tempi storici fino a noi.

Ma donde viene il calore del sole, e con qual mezzo è mantenuto costante? Nessuna combustione, nessuna affinità chimica, da noi conosciute, sarebbero capaci di produrre la temperatura della superficie del sole. E poi supposto che il sole fosse un corpo in combustione (come realmente si credeva anticamente) la sua luce e il suo calore sarebbero, senza alcun dubbio, in breve esauriti. Secondo quello che riferisce il Tyndall, supposto che il sole fosse un globo solido di carbone, la sua combustione basterebbe al più al consumo di calore per 4,600 anni, e il sole stesso si consumerebbe in tale spazio di tempo relativamente breve. Qual'è la sorgente di tanto calore?

Mayer e Waterston hanno pensato che una pioggia continua di materia sul sole poteva veramente fornire un'immensa quantità di calore. Le considerazioni sulle quali Mayer appoggiava la sua ipotesi sono compendiate dal Tyndall come segue :

« Lo spazio è popolato da corpi ponderabili; la celeste asserzione di Keplero che vi sono più comete nel cielo che pesci nell'oceano è dedotta dal fatto che solamente una piccola parte del numero totale delle comete appartenenti al nostro sistema sono vedute dalla terra. Ma oltre le comete, i pianeti ed i satelliti vi è una classe numerosa di corpi appartenenti al nostro sistema, e che per la loro piccolezza possono riguardarsi

come atomi cosmici. Come i pianeti e le comete, questi piccoli corpi obbediscono alla legge della gravità; essi muovonsi intorno al sole in orbite ellittiche, e son essi che, quando penetrano nell'atmosfera della terra; s'infiammano per l'attrito e ci appaiono sotto forma di meteore, bolidi o stelle filanti.

In una notte brillante non passano veramente venti minuti in un luogo qualunque della superficie della terra senza l'apparizione di almeno una meteora. A certe epoche (10 agosto, e 13 novembre) esse appaiono in numero prodigioso. In nove ore d'osservazione a Boston, ove esse cadono come fiocchi di neve, secondo la descrizione che n'è stata data, si è calcolato che il numero delle meteore osservate aveva raggiunto 240,000.

Il numero totale di meteore che brillano in un anno sale forse a centinaia od anche a migliaia di milioni e nondimeno non è questa ancora che una piccola parte della moltitudine di asteroidi che circolano attorno al Sole. Il fenomeno della luce e del calore, come pure le osservazioni dirette della cometa di Encke, ci hanno condotto ad ammettere che l'universo è riempito da un mezzo resistente, il quale, per l'attrito che esso esercita, ravvicina gradualmente al Sole tutte le masse del nostro sistema. E quantunque i pianeti dai tempi storici non mostrino diminuzione sensibile nella durata delle loro rivoluzioni, non si può dire altrettanto dei corpi più piccoli. Durante il tempo che sarebbe necessario per diminuire di un solo metro la distanza media della Terra dal Sole, un piccolo asteroide può esservi avvicinato al Sole di più migliaia di chilometri.

« Conoscendo le leggi dell'attrazione è facile di calcolare il massimo e il minimo della velocità comunicata dall'attrazione del sole a un asteroide; il massimo è generato quando il corpo si avvicina in linea retta al sole, venendo da una distanza infinita, poichè allora tutta la forza attrattiva si esercita sovr'esso senza perdita alcuna; il minimo è la velocità che sarebbe semplicemente capace di far ruotare intorno al sole un corpo affatto vicino alla sua superficie. La velocità

finale del primo corpo, nel momento in cui urta il sole, sarebbe di 627 chilometri per secondo, quella del secondo di 444 chilometri. L'asteroide urtando il sole con la prima velocità svilupperebbe più di novemila volte il calore generato dalla combustione di una massa eguale di carbon fossile; l'urto, nel secondo caso, genererebbe un calore eguale a quello della combustione di più di 4 mila masse simili di carbon fossile. Non è dunque necessario che le sostanze che cadono sul sole sieno combustibili; la loro combustibilità non aumenterebbe sensibilmente la formidabile quantità di calore prodotta dalla loro collisione od urto meccanico.

« Noi abbiamo dunque qui un modo di generazione di calore sufficiente per restituire al sole la sua energia a misura che esso la perde, e per mantenere alla sua superficie una temperatura che sorpassa quella di tutte le combustioni terrestri.

« Si possono applicare anche alla terra considerazioni simili a quelle che abbiamo applicate al sole. Dalla forma presente della terra noi concludiamo che essa fu un tempo allo stato fluido. La combinazione della teoria della gravitazione colla teoria meccanica del calore ci suggerisce l'origine possibile della fluidità primitiva della terra. Essa ci insegna potersi riguardare lo stato di fusione di un pianeta come risultante dall'urto meccanico di masse cosmiche, e riconduce così ad una sola e medesima origine il calore messo in riserva nella massa della terra e il calore raggiunto dal sole.

« Per altro, osserva ancora il Tyndall, egli è già molto il potere stabilire le condizioni che produrrebbero certamente un sole, l'aver potuto riconoscere nella forza di gravità, operante sopra una materia oscura, la sorgente, onde hanno potuto derivare gli astri del firmamento; poichè, si o no che il sole sia stato prodotto e la sua emissione mantenuta per la collisione di masse cosmiche, sia o no che il calore interno della terra, sia il residuo del calore sviluppato dall'urto di asteroidi freddi oscuri, non si può dubitare che la causa assegnata non sia capace di produrre gli effetti, che le si at-

tribuiscono. La luce solare e il calore solare sono latenti nella forza che fa cadere una mela. Originata semplicemente dalla differenza di posizione delle masse che si attirano, l'energia potenziale della gravitazione è stata la forma originaria di tutta l'energia dell'universo. Come i pesi di un orologio discendono alla loro posizione più bassa, dalla quale non potranno risalire giammai a meno che un'energia novella non ha loro comunicata da qualche sorgente non ancora esaurita, così a misura che i secoli si succedono i pianeti dovranno l'un dopo l'altro cadere sul sole.

Quando l'uno d'essi arrivi a qualche centinaio di migliaia di chilometri dalla superficie solare, esso deve, se il sole è ancora incandescente, fondersi e risolversi in vapore per effetto del calore raggianti. Quanch'anche il pianeta coperto d'una crosta fosse freddo ed oscuro esternamente, esso non potrebbe sfuggire alla sua terribile sorte. Se esso non diviene incandescente, come una stella filante, per l'attrito nel suo passaggio a traverso l'atmosfera del sole, il primo urto contro la superficie di questo globo produrrà un immenso sviluppo di calore e di luce. In fine sia di primo urto, sia dopo due o tre rimbalzi, tutta la massa sarà infuocata, fusa, volatilizzata per la produzione istantanea di un calore parecchie migliaia di volte maggiore di quello che una massa di carbone della medesima mole produrrebbe bruciandosi. (1)

Il Thomson e l'Helmholtz muovono dall'ipotesi cosmogonica di Laplace sulla formazione del nostro sistema solare e di tutti gli astri. Per essi l'origine e la conservazione del calore solare dipende dalla concentrazione della massa solare. Supponendo all'origine una massa di materia nebulosa allo zero assoluto di temperatura, occupante uno spazio più grande di quello che è limitato dall'orbita di Nettuno, essi cercano l'equivalente colorifico del lavoro della gravità nella concentrazione di questa massa costipantesi tutta intiera entro lo

---

(1) Dall'Op. cit. di L. Berzieri.

spazio occupato attualmente dal sole ( fatta astrazione dai pianeti ).

Trovasi così un'energia calorifica enorme, capace di produrre nella massa solare una temperatura immensamente elevata ( Berzieri ).

Il calore prodotto dalla condensazione del globo terrestre è eguale a 89 volte la quantità di calore necessaria per elevare da 0 gradi a 100°, una massa d'acqua eguale alla massa della terra. La quantità di calore sviluppata dalla condensazione della nebulosa solare è 3000 volte più grande di quella prodotta dalla condensazione del globo terrestre. Essa è eguale a 270,000 volte il calore necessario per inalzare da zero a 100° la temperatura d'una massa d'acqua eguale alla massa del sole.

Il Mohr accoglie come immutabile lo stato dell'universo animato da un'eterna circolazione. Da qualunque parte proceda il calorico che il sole diffonde, esso non può uscire dall'universo.

*La luce o energia raggiante è una forma di movimento, come il calore.*— La luce, come il calore, si propaga anche nel vuoto di materia ponderabile, e ciò si spiega coll'ammettere che dell'energia passi dalle molecole dei corpi all'etere cosmico, e da questo ad altri corpi, e agli organi dei sensi.

Qualunque corpo irraggia continuamente energia, e quando la sua temperatura supera un certo limite, esso da oscuro si fa luminoso, cioè si fa vedere, senza che vi sia bisogno del concorso di altri corpi, per noi lo vediamo prima rosso cupo, poi aranciato, poi giallo e finalmente, per un grado di temperatura ancor più elevato, bianco, come il sole.

I due fenomeni dell'irraggiamento calorifico e luminoso non sono tanto diversi, come può sembrare a prima giunta. Entrambi si propagano nello spazio, vuoto di materia ponderabile, colla velocità grandissima di circa 300 milioni di metri al secondo. Entrambi attraversano certi corpi con velocità diverse; mentre in certi altri accrescono la loro energia, sia cinetica, sia potenziale. Entrambi presentano le medesime ed identiche leggi (riflessione, rifrazione ecc.); talchè è forza con-

chiudere che la loro diversità sia più soggettiva che obiettiva). (1).

Che realmente sia così lo si può provare facilmente. Infatti poniamo una mano sopra di un pianoforte e sentiremo produrre nel nostro organo un movimento vibratorio che si esplica ben diversamente dal moto vibratorio ricevuto nel nostro organo uditivo. Poniamo una mano al sole e sentiremo un effetto ben diverso da quello che avverrebbe se ricevessimo il sole nell'occhio. Da ciò vediamo che sono diverse le sensazioni a cui dà luogo un moto vibratorio, secondochè ha luogo su di un organo piuttosto che su di un altro. Una campana che vibra, all'orecchio tali vibrazioni si presentano come un suono, alla mano come un tremore ecc. Laonde non è sempre cosa prudente quella di giudicare dalle impressioni, poichè uno stesso fenomeno può presentarsi diversamente ai nostri organi sensori, da quello che è in realtà.

Rispetto alla trasmissione dell'energia raggiante, come per il calore, due sono le teorie fin qui svolte. La teoria dell'*emissione* e quella dell'*ondulazione*. Secondo la prima il fenomeno luminoso consisterebbe in una specie di *bombardamento*; secondo l'altra, in ondulazioni, che si propagano in un mezzo elastico, o etere cosmico.

La prima teoria, sebbene appoggiata dall'autorità di Newton, ha dovuto cedere il posto alla seconda di fronte all'evidenza dei fatti. La legge della rifrazione ne dà una esatta dimostrazione. Essa si enuncia così: il raggio incidente e il raggio rifratto e la normale sono in uno stesso piano, ed il seno dell'angolo di rifrazione in un rapporto costante, indipendente dall'inclinazione dei raggi per i medesimi mezzi, ed eguale a quello delle velocità di propagazione nei due mezzi, aria a acqua p. es.,

$$\frac{\text{Sen } i}{\text{Sen } r} = \frac{v}{v'} = n$$

---

(1) Roiti — Fisica.

Nel supposto dunque che il raggio passi dall'aria all'acqua, l'esperienza ha dimostrato essere sempre  $n > 1$ ; onde è necessario che sia  $v > v'$ , cioè che l'energia raggiante si propaghi più rapidamente nell'aria che nell'acqua.

La teoria dell'emissione, sostenuta da Newton, conduceva al risultato opposto, cioè che la velocità dell'energia raggiante è minore nei mezzi meno rifrangenti che in quelli più rifrangenti. Questa teorica ricevè poi il colpo fatale dalla misura diretta della velocità della luce nell'acqua, operata da Foucault nel 1862. Egli facendo passare i raggi luminosi in un tubo pieno d'acqua trovò che la deviazione è maggiore pei raggi che hanno attraversato l'acqua di quello che sia pei raggi che si propagano soltanto nell'aria. Il che prova che la teoria dell'emissione non è più sostenibile e che ad essa deve essere sostituita l'altra dell'ondulazione; secondo la quale, tanto il calore raggiante, quanto la luce, sono dovuti al moto ondulatorio, comunicato all'etere dalle vibrazioni delle particelle ponderabili. Anche i lavori sperimentali e teorici di Huyghens, Iung, Fresnel, Conchy, hanno convalidata la teoria della luce; e i lavori di Delaroche, Bérard, Prevostaye, Desains, Jamin e specialmente del Melloni intorno alla riflessione, rifrazione, trasmissione e polarizzazione del calore raggiante hanno dimostrato l'identità di questo coi raggi luminosi. Tuttavia ad una più completa dimostrazione della seconda ipotesi restava ancora a provare che si può ottenere freddo aggiungendo calore a calore, restava cioè a far vedere che si può produrre l'interferenza dei raggi calorifici. Questo è ciò che fu messo in piena evidenza da Fizeau e da Foucault con esperienze esatissime.

Dopo ciò, dice il Berziera, pare non esservi più alcun argomento plausibile ad potersi opporre alla teoria che attribuisce alla medesima causa il calore raggiante e la luce, e in quello come in questa altro non vediamo che un sistema di movimenti vibratorii. I raggi calorifici oscuri, quando si paragonano ai raggi luminosi, non presentano che delle differenze

che sono esattamente del medesimo ordine di quelle che distinguono tra loro i raggi luminosi dei diversi colori.

La decomposizione di un fascio di raggi solari per mezzo di un prisma di sal gemma dimostra che i raggi calorifici oscuri si separano dai raggi luminosi a cagione della loro minore rifrangibilità, come il rosso si separa dal violetto. E siccome la maggiore o minore rifrangibilità dipende dalla maggiore o minore rapidità delle vibrazioni eteree, così la differenza tra i raggi calorifici oscuri e i raggi calorifici luminosi insieme consiste in ciò, che i primi sono l'effetto di vibrazioni meno rapide. La natura dei calori e di tutte le specie di radiazioni è determinata dal numero delle vibrazioni che fanno le molecole eteree in un dato tempo, nello stesso modo che i diversi suoni più o meno acuti sono determinati dal numero delle ondulazioni sonore. Come l'orecchio è sordo pei moti periodici troppo rapidi o troppo lenti, così l'occhio non percepisce la luce, se le vibrazioni sono più di 800 bilioni ( $8 \times 10^{14}$ ) o meno di 400 bilioni al secondo. In casi eccezionali e con certe cautele, questi limiti si allontanano, arrivando rispettivamente a 1400 (Mascart); o 367 (Helmoltz) (1).

I fenomeni calorifici e luminosi sono analoghi a quelli del suono; poichè tutti consistono in un modo di movimento delle ultime particelle della materia, in una vivissima agitazione delle parti insensibili dell'oggetto, che produce in noi la sensazione o di caldo o di luce. Però il suono per propagarsi richiede un mezzo ponderabile, la luce no; il suono è dovuto a onde longitudinali, la luce invece a onde trasversali.

In ogni modo però l'energia raggianti ha lo stesso carattere di quella che risponde al movimento del pendolo, cioè l'energia delle singole particelle dell'etere è alternativamente dovuta ora alla posizione, ed ora al movimento attuale.

**Assorbimento dell'energia raggianti.**— I raggi di luce assorbiti non vengono distrutti, ma vengono convertiti in altre

---

(1) Roitt — Fisica.

forme d'energia. L'energia raggianti che si trasforma in energia di moto molecolare può dar luogo a manifestazioni diverse: riscaldamento, quando aumenta la forza viva delle molecole, senza che la durata delle loro vibrazioni superi  $\frac{1}{4 \times 10^{14}}$

di secondo; fosforescenza, quando fa loro compiere delle vibrazioni abbastanza rapide, le quali comunicandosi di bel nuovo all'etere, riproducono della luce, diversa in generale da quella incidente. Oltre a ciò i raggi assorbiti possono anche determinare delle variazioni di struttura, che per lo più si riducono in alterazioni della composizione chimica.

Se l'energia raggianti aumenta il moto delle molecole, non potrebbe forse mettere in moto anche una massa? Non potrebbe trasformarsi in energia visibile? Ecco un problema, dice il Roiti, che molti hanno affrontato e che dopo una serie d'inedesse ricerche, pareva avesse ricevuto una soluzione affermativa in quell'interessante strumento che è il *radiometro*.

Ma ormai è posto fuori di dubbio che la propulsione non è suscitata direttamente dalla sorgente irradiante, bensì ha origine nell'interno dell'apparecchio.

Un'altra importantissima scoperta è stata fatta in questi ultimi giorni, riferentesi alle azioni meccaniche che può esercitare l'energia raggianti. Vogliamo alludere all'apparecchio ideato dall'Americano Bell, per mezzo del quale i raggi di luce riflessi e proiettati su di una lamina di un corpo qualunque, fanno produrre alla medesima un suono che si guida all'orecchio per mezzo di un cornetto acustico. Questo apparecchio si chiama *fotofono*.

**Che cos'è l'elettricità.**— Vittor Hugo, rispondendo ad un suo amico che gli domandava quale impressione avesse fatta nell'animo suo l'esposizione dell'elettricità, tenutasi a Parigi nel 1881, uscì in queste memorabili parole: « Penso che l'uomo è incamminato verso uno straordinario avvenire: l'elettricità che ha prodotto, mercè la creazione del telegrafo, una specie di ampliamento della patria, gli darà l'estensione del globo. Avremo la patria dappertutto. L'audizione, la visione degli

ambienti animati potranno essere con un sol gesto trasportate lungi, quindi soppressione completa di tutti gli esigli, e per conseguenza soluzione della questione sociale.

« Il dire che gli sventurati nulla hanno nascendo è un errore. Ogni uomo nasce possidente. Basta che si contenti a cambiar di posto per andare a prendere possesso del fatto suo.... La metà del mondo abitato è disabitato. Perchè lasciare incolte tutte quelle terre? Perchè trascurare dei tesori che si offrono a coloro che andranno a prenderli? Gl'incantesimi dell'avvenire trasportando su tutti i punti del globo la stessa vita della patria, diminuiranno le ripugnanze dei proletari per un'emigrazione affatto fittizia, imperocchè l'esistenza terrestre ha per campo d'attività tutta la terra, e non solamente questo o quell'angolo del globo.

« Ma non è ancor tutto. È prossimo il giorno in cui la superficie del globo sarà resa atta ad immagazzinare il calore del sole; ora che cos'è il calore? È la luce, è il moto.

« Trasformato in elettricità, quel calore sarà distribuito dappertutto, illuminando di notte le pubbliche vie, facendo girare le macchine, trascinando le locomotive. Si è calcolato che cosa potevasi ricavare dalla potenza del sole?..

« Questo l'ho detto or fa 40 anni ed oggi lo ridico. Lo avvenire sarà splendido, equo, liberatore; sarà bello e buono. Voi che siete giovani vedrete queste meraviglie. Io non le vedrò, ma so che vi saranno. » (1)

Molte furono le teorie che si ammisero per ispiegare i fenomeni elettrici.

Riassumendo quanto se ne disse, scrive il professore Koeffler, tutte le teorie concludono a queste due ipotesi: 1.º quella di un fluido unico, che si troverebbe naturalmente sparso in tutti i corpi (teoria di Franklin); 2.º quella dei due fluidi, l'eccedente dell'uno o dell'altro dei quali darebbe la elettricità positiva o l'elettricità negativa (teoria di Symmer).

---

(1) Dalla fisica del Clerc.

Grove e Faraday considerano i fenomeni elettrici come una sorta di polarizzazione molecolare della materia ordinaria che si dirige, vuoi per attrazione, vuoi per ripulsione, in una direzione determinata.

Secondo De La Rive, l'elettricità in luogo di consistere in uno o due fluidi speciali, altro non sarebbe che una modificazione nello stato dei corpi, la quale probabilmente dipende dall'azione mutua esercitata dalle molecole ponderabili della materia in quel fluido sottile che le circonda da ogni parte, che si nomina etere, e i di cui moti producono luce e calore. Secondo lo stesso autore, tutti i fenomeni relativi all'elettricità positiva o negativa si spiegano coll'azione probabile e la reazione di una forza capace di manifestarsi a diversi gradi nelle differenti sostanze. Ciò sembra più vero che coll'ipotesi dei fluidi imponderabili. Le due forze opposte dell'elettricità rassomigliano all'azione ed alla reazione che son sempre congiunte in tutti i fenomeni cosmici.

Dunque tutti i fenomeni, o energie fisiche, oggi non sono ridotte ad altro che a diversi modi di movimento molecolare dei corpi; movimento trasmesso all'etere il quale, secondo il pensiero dei fisici, come abbiamo anche più volte avvertito, non è una materia di natura differente dalla materia ponderabile; la quale deve essere considerata come un derivato dell'etere stesso.

Si può considerare l'etere, dice il Secchi « nell'unità delle forze fisiche », come l'elemento unico costitutivo della materia, a cui ci avvia l'induzione scientifica del presente. I fatti della modificazione dei così detti corpi semplici, mediante il diminuirsi o accrescersi del calore sono di grande importanza perciò che ci possono dare un'idea della natura delle modificazioni subite dall'etere per passare allo stato di materia ponderabile.

Se le questioni della divisibilità e della indivisibilità degli ultimi elementi possono aver luogo riguardo alle sostanze derivate, non hanno senso riguardo alla continuità del reale, esse sono un puro giuoco d'immaginazione. Così tutto, afferma

il Secchi, dipende da materia e da moto, e siamo ricondotti alla vera filosofia della natura, inaugurata dal Galileo, che cioè in natura tutto è moto e materia, o modificazione semplice di questa per mera trasposizione di parti, o qualità di moto. Così spariscono quelle catterve di fluidi e di forze astratte che erano proposte a gara a spiegare ogni fatto particolare.

**Fenomeni d'induzione elettrica.**— Una macchina elettrica consta di due parti principali, delle quali l'una serve a produrre l'elettricità, mediante lo strofinamento di un cuscinetto metallico, contro un disco di vetro; l'altra mediante un sistema di cilindri d'ottone di notevole superficie, sostenuti da colonne di vetro, serve per raccogliere e per isolare la elettricità così generata. Quest'ultima parte si chiama il conduttore della macchina.

Ora se si avvicina un cilindro di ottone al conduttore della macchina, questo, agendo per influenza sull'elettricità neutra del cilindro, la decompone, attrae l'elettricità negativa e respinge la positiva. Per spiegare questo effetto che è una conseguenza dell'azione vicendevole delle due elettricità, si dice che il corpo che dapprima era allo stato neutro, è ora elettrizzato per *influenza* o per *induzione*; e dicesi inducente o induttore il corpo che agisce per induzione, e indotto quello su cui opera.

L'induzione si può impiegare vantaggiosamente, quando si vuole accumulare una grande quantità di elettricità. In questo caso si fa uso di uno strumento, a cui fu dato il nome di bottiglia di Leyda.

Concludiamo: quando due corpi carichi di elettricità contrarie (armatura esterna ed armatura interna in una bottiglia di Leyda) sono accostati l'uno all'altro, le due elettricità si lanciano incontro, come se fossero due eserciti nemici, formando una corrente che finisce in una scintilla.

Colla teoria del potenziale elettrico si dimostra che l'energia potenziale d'una bottiglia di Leyda è proporzionale al quadrato della carica. Questa energia si manifesta quando

si riuniscono le due armature per mezzo di un eccitatore; la bottiglia si scarica e vi è produzione d'una quantità di lavoro, che si manifesta con una scintilla e con un riscaldamento del filo di comunicazione. Il Riess ha fatte a tal oggetto delle esperienze molto istruttive. Egli ha interposto una lamina di mica o una carta sul passaggio della scintilla, ed ha constatato che allora il riscaldamento del filo è più debole. La resistenza da vincersi essendo maggiore la scintilla ha assorbita una più grande energia.

Quindi la separazione elettrica prodotta dal movimento si converte innanzi tutto in corrente, e questa si converte alla sua volta in calore e luce istantanea.

**Corrente elettrica ed effetti magnetici e calorifici.**—In altri casi si hanno correnti elettriche, le quali non sono così potenti come quelle che si ottengono nell'atto che si scarica una bottiglia di Leyda, ma dura più a lungo, essendo continue invece che istantanee.

Così è delle correnti prodotte dalle pile idroelettriche.

Le macchine a strofinio producono, sotto forti tensioni, tenui quantità d'elettricità, laddove le pile idroelettriche danno debolissima tensione e rilevanti quantità di elettricità.

Non descriviamo particolarmente queste pile, poichè in ogni più elementare libro di fisica, se ne fa parola; diremo solamente che la pila di Busen è costituita di due vasi, uno esterno, l'altro interno; il primo, ripieno di acido solforico diluito, l'altro di acido nitrico concentrato. Nel primo vaso a contatto dell'acido solforico v'è una lamina di zinco, e a contatto dell'acido nitrico, nel secondo vaso, un pezzo di carbone. Il pezzo di carbone e la lamina di zinco comunicano tra loro per mezzo di due fili metallici di rame, dei quali, uno parte dallo zinco, l'altro dal carbone. Questi fili si chiamano elettrodi, reofori, fili conduttori. Se si riuniscono, cioè se si chiude il circuito, e si pone in azione la pila, le due elettricità contrarie, esistenti nei due poli, si lanciano incontro e si ricombinano, si ha in altri termini, una corrente elettrica; la quale è continua e non istantanea. La direzione della cor-

rente si suppone tale per cui l'elettricità positiva passi, entro il vaso, dallo zinco al carbone, e fuori, dal carbone allo zinco.

Si hanno dunque due fatti: prima che i fili si sieno congiunti per i loro estremi liberi (poli), gli estremi stessi sono carichi di elettricità contrarie; e poi congiunti, si produce una corrente elettrica permanente.

Ora questa corrente è un agente energico, come lo provano le sue diverse proprietà, e i vari effetti che se ne possono ottenere.

In primo luogo la corrente può far deviare l'ago magnetico. Un ago magnetico infatti che sia sospeso liberamente, e che accanto al medesimo passi una corrente per un filo metallico, disposto nel senso della lunghezza dell'ago, quest'ultimo cambierà immediatamente direzione. La quale non dipenderà che da quella della corrente, onde l'ago tenderà a disporsi ad angolo retto col filo. Per precisare la direzione che passa tra quella della corrente e l'altra che prende l'ago magnetico, immaginiamo che il nostro corpo faccia parte del circuito elettrico e che la corrente positiva lo attraversi entrando per la testa ed uscendo pei piedi. Supposto di più che la nostra faccia sia volta all'ago, il polo di questo che si volge a Nord, per effetto della corrente, devierà sempre verso la nostra destra. La grandezza della deviazione impressa ad un ago magnetico può prendersi come misura dell'intensità della corrente, la quale è indicata da un apparecchio che si chiama *galvanometro*.

Di più: la corrente non solo può imprimere una deviazione ad un ago magnetico, ma può rendere magnetico il ferro dolce, il quale diventando un potente *magnete*, fornito di un'ancora di ferro, può sostenere un peso più o meno intenso. La corrente elettrica ha pure la proprietà di riscaldare i fili metallici per cui passa; e i fili di platino, non solo si riscaldano, ma si arroventano ancora.

**Azioni mutue delle correnti e dei magneti.**—Supponiamo di avere due fili metallici parallelamente disposti e che in essi passino due correnti dirette nel medesimo senso. Se quest

fili sono liberi di muoversi, si attireranno l'un l'altro. I due fili invece si respingeranno, benchè paralleli, se trasmetteranno correnti in senso opposto. Questi fatti si possono dimostrare sperimentalmente facendo galleggiare sull'acqua due correnti circolari. Se le due correnti procederanno nel senso degli indici di un orologio, o nel senso opposto, si vedranno attirarsi; e si vedranno respingersi se l'una procederà in un senso e l'altra in senso opposto.

Questi fenomeni sono pure comuni ai magneti; onde Ampère considerò il magnete come un sistema di correnti circolari, parallele l'una all'altra, e così dirette che un osservatore, il quale guardasse di fronte il polo Nord di una verga magnetica, liberamente sospesa, vedrebbe la corrente positiva discendere da est, o da sinistra, per risalire ad ovest, ossia a destra.

**Effetti d'induzione delle correnti.** — Le correnti d'induzione, o correnti indotte, similmente all'induzione elettrica, si svolgono nei conduttori metallici, sotto l'influenza delle correnti elettriche e dell'azione magnetica della terra.

Le correnti induttrici sono quelle che agiscono per induzione; le correnti indotte quelle su cui esse agiscono. Si verifica l'induzione delle correnti al momento dell'apertura o della chiusura del circuito, che esse percorrono, mediante un rocchetto a due fili, il quale comunica da una parte con una pila, e dall'altra, mediante il filo sottile, con un galvanometro.

Una calamita può anche dare nascita alle correnti d'induzione nei circuiti metallici; e Faraday lo ha dimostrato mediante un rocchetto ad un sol filo di 200 a 300 metri di lunghezza, in comunicazione con un galvanometro. Quando s'introduce ad un tratto una forte calamita nel rocchetto si osservano i fenomeni delle correnti indotte.

## Energie chimiche

**La coesione.** — Per ridurre in polvere una sostanza solida, come la pirite p. es. (solfuro di ferro) è necessario vincere la resistenza che le particelle della massa offrono alla loro separazione. Questa resistenza è dovuta ad un'attrazione speciale, esercitantesi tra le particelle omogenee del solfuro di ferro, come di tutti i corpi solidi e liquidi, quantunque in questi ultimi meno intensamente che nei primi. Ora la resistenza che offrono i corpi solidi ad essere spezzati o polverizzati si chiama coesione; la quale non è altro che la forza o energia che si esercita tra le molecole omogenee dei corpi.

L'attrazione molecolare, o, coesione, è un fatto naturale, che accade o non accade per sole condizioni naturali; e lungi dal rappresentare una forza essenziale della materia, si presenta invece come una speciale forma di movimento. Infatti considerando lo stato gassoso come lo stato relativamente primo della materia, noi possiamo dire, scrive il De Dominicis, che alla materia è connaturata una quantità di energia, ma che ad essa non sono nè primitive, nè essenziali le forze attrattive.

Nei gas le molecole sono separate al di là della sfera della loro reciproca influenza e si muovono negli spazi affatto liberi dalla loro mutua attrazione. Ma quando è che nei gas vediamo apparire le forze attrattive cioè svigorirsi la tensione e manifestarsi l'attrazione molecolare? Quando sottraggiamo ad essi calore.

Dunque per la sottrazione di calore subentrano le forze molecolari, come per la somministrazione del calore esse cessano e spariscono.

**L'affinità.** — L'affinità è un'energia chimica più intima e più forte della coesione. Spesso l'affinità si trova con quest'ultima in una specie di conflitto.

L'affinità modifica le molecole stesse e pone in rapporto

intimo delle sostanze eterogenee, e da questo conflitto fa uscire delle nuove molecole. Se si mescola della finissima limatura di ferro col solfo polverizzato, per quanto intimo possa essere il miscuglio, sarà sempre possibile di separare con mezzi meccanici, una calamita p. es., le particelle del ferro da quelle dello solfo. Se però in questo stesso miscuglio versiamo un po' d'acqua calda il fenomeno apparirà molto diverso dal primo, poichè in quest'ultimo caso si ha formazione di un corpo nuovo, cioè del solfuro di ferro. Come avviene ciò? Sappiamo che tanto il ferro, quanto lo solfo sono costituiti da un insieme di molecole aggregate e perfettamente omogenee, poichè il ferro e lo solfo sono corpi semplici, o indecomponibili. Nel corpo nuovo che ha avuto nascita dai due combinati, le molecole pure stanno riunite insieme dalla coesione; ma queste molecole non sono più omogenee, poichè ciascuna contiene due specie di materia, solfo cioè e ferro.

Ora non è a credersi che nella molecola del solfuro di ferro le due specie di materia sieno in uno stato d'intima penetrazione, in modo che spariti tutti e due questi corpi rimanga un miscuglio omogeneo. Si pensa invece che la combinazione dei due corpi resulti dalla sovrapposizione di due masse infinitamente piccole, ma possedenti ciascuna una grandezza reale e un peso costante, che sono gli atomi.

In ciascuna molecola di solfuro di ferro v' esistono due di queste masse l'una di ferro, l'altra di solfo. Questi atomi di ferro e di solfo sono saldati l'uno coll'altro, ma non confusi dalla forza chimica; e allorchè lo solfo si combina col ferro sono gli atomi che si vanno incontro e si muovono mediante l'affinità. Quando questi atomi si separano si dice allora che il solfuro di ferro si decompone.

La molecola è un aggruppamento di atomi, e il corpo un aggruppamento di molecole. Le molecole si sono rassomigliate a degli edifici di cui gli atomi sarebbero i materiali. Tali edifici molecolari differiscono poi tra loro a seconda della materia, del numero e dell'aggruppamento degli atomi, cioè

dei materiali che li compongono. L'edificio molecolare può essere accresciuto per l'aggiunta di nuovi atomi, e può essere diminuito, e anche distrutto, per la separazione degli atomi che lo costituiscono.

L'affinità però, come la coesione, non è nemmeno essa essenziale alla materia. Infatti, secondo Graham il diverso peso degli equivalenti può spiegarsi con la velocità di proiezione primitiva delle particelle che andarono a formare il corpo chimico, nel quale perciò la riunione delle parti non cede ai nostri mezzi di decomposizione, e possono percorrere una grande scala di temperatura senza scomporsi; a differenza di una combinazione chimica propriamente detta, nelle quale una tale scala è assai limitata. Laonde, dice il De Dominicis, tanto l'affinità, quanto la coesione non sono forze essenziali della materia; sorgono per certe speciali condizioni che sono condizioni naturali e appaiono vere formazioni naturali.

**Leggi delle combinazioni.** — Il peso di un composto è esattamente eguale al totale di ciascuno degli elementi che lo compongono; questo carattere persiste sempre. L'evidenza di questa legge non è stata ben compresa se non allorché Lavoisier, introducendo l'uso della bilancia nei laboratorj, ha fornito i chimici di un metodo veramente scientifico per tener dietro alle diverse modificazioni dei corpi. Donde è venuto l'assioma. « Nulla si crea, nulla si distrugge; tutto si trasforma ».

La materia può per associazioni rivestire aspetti diversi; ma il suo peso è sempre lo stesso. Dunque le diverse combinazioni dei corpi si determinano col peso.

La legge che presiede alle combinazioni, detta legge delle proporzioni multiple e dei rapporti semplici, dimostrata da Dalton nel 1807, si enuncia così: « Tutti i corpi si associano sempre nelle stesse proporzioni multiple ». Infatti non si effettua la combinazione chimica tra corpi, che abbiano affinità l'uno per l'altro, se non esistono i rapporti di peso, rapporti sempre eguali e che non si possono modificare. L'idro-

drogeno si combina con con l'ossigeno nella proporzione di 2 grammi del primo con 16 grammi del secondo. L'azoto si combina pure con l'ossigeno in 5 proporzioni differenti. Per uno stesso peso d'azoto (14 grammi) l'ossigeno interviene pel peso di 8, 16, 24, 32, 40, che appunto sono multipli di 8; ecco quali sono questi composti:

N'O	14	d'azoto e	8	d'ossigeno	—	protossido d'azoto
N <sup>2</sup> O <sup>2</sup>	14	»	16	»	»	biossido »
N <sup>2</sup> O <sup>3</sup>	14	»	24	»	»	anidride azotosa
N <sup>2</sup> O <sup>4</sup>	14	»	32	»	»	ipoazotide
N <sup>2</sup> O <sup>5</sup>	14	»	40	»	»	anidr. nitrica

Però in alcuni casi di combinazione chimica il rapporto invariabile con cui due corpi semplici si uniscono per formare un composto non è sempre semplice, come accade per la formazione della potassa, in cui il rapporto in peso dell'ossigeno è 8 e quello del potassio è 39,2. All'opposto si giunge a trovare un rapporto semplice, quando invece dei pesi si considerano i volumi dei corpi, ridotti allo stato gassoso.

Gay-Lussac mostrò che alla medesima temperatura e alla medesima pressione i gas si combinano tra loro in rapporti semplici con quello dei gas combinati.

« Considerando il caso più semplice, quello in cui due gas semplici si combinano a volumi eguali, i chimici sono stati condotti a pensare che ogni volume dei due gas, alla medesima temperatura e alla medesima pressione, contengono il medesimo numero di molecole.

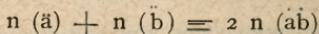
Questi volumi eguali dei due gas possedendo alla medesima temperatura quantità eguali d'energia cinetica la forza viva media di ciascuna molecola è la medesima in ciascuno dei due gas; in altri termini, due gas sono alla medesima temperatura quando la forza viva media d'una molecola è la medesima.

Indichiamo con  $a$  e  $b$  le molecole dei due gas, e sia  $n$  il numero delle molecole contenute nell'unità di volume. Se le molecole fossero monoatomiche, gli  $n$  atomi  $a$ , combinandosi con  $n$  atomi  $b$ , formerebbero  $n$  molecole  $ab$ . Ma l'espe-

rienza insegna che i gas composti occupano un volume doppio ; ciascuna unità del gas composto non conterrebbe così che  $\frac{n}{2}$  molecole.

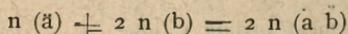
Ora siccome si dimostra col calcolo che volumi eguali di differenti gas , sotto la medesima pressione , posseggono, alla medesima temperatura, la medesima quantità d'energia cinetica, così l'energia cinetica dell'unità di volume del gas composto essendo la medesima che quella dell'unità di volume di ciascuno dei gas combinati, la forza viva media di una molecola composta  $ab$  sarebbe doppia di quella d'una molecola semplice  $a$  o  $b$ .

A fine di generalizzare la legge precedente il Clausius suppose che ciascuna delle molecole dei gas semplici sia formata dalla riunione di due atomi  $a$  o di due atomi  $b$ , e che la combinazione dei due gas semplici sia preceduta da una doppia decomposizione. Se adunque si rappresentano con  $\ddot{a}$  e con  $\ddot{b}$  le molecole dei due gas, la reazione sarà figurata dalla formola



In tal modo l'unità di volume del gas composto conterrà  $n$  molecole  $\ddot{a}\ddot{b}$ , e la forza viva di ciascuna d'esse sarà la medesima che quella delle molecole  $\ddot{a}$  e  $\ddot{b}$ . A questo tipo appartengono il biossido di azoto e l'acido cloridrico, giacchè un volume d'ossigeno e un volume d'azoto danno due volumi di biossido d'azoto, e similmente, un volume di cloro e un volume d'idrogeno danno due volumi d'acido cloridrico.

Un secondo tipo è quello in cui un volume del primo gas e due volumi del secondo danno due volumi del gas composto. La reazione sarà rappresentata dalla formola



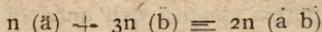
A questo tipo appartengono il protossido d'azoto, l'acqua e l'acido solfidrico (1), poichè un volume d'ossigeno e due

---

(1) N'O — H<sub>2</sub>O — H<sub>2</sub>S (protossido d'azoto, acqua, acido solfidrico).

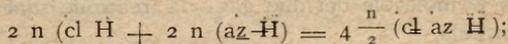
volumi d'azoto danno due volumi di protossido d'azoto, un volume d'ossigeno e due d'idrogeno danno due volumi di vapore d'acqua, e un volume di zolfo e due d'idrogeno danno due volumi d'acido solfidrico.

Un terzo tipo è quello in cui un volume del primo gas e tre del secondo danno due volumi di gas composto. La reazione sarà figurata dalla formula

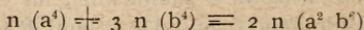
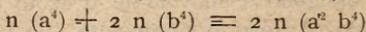
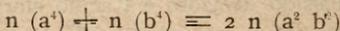


A questo tipo appartiene l'ammoniaca, (1) combinandosi un volume d'azoto e tre d'idrogeno per formare due volumi d'ammoniaca.

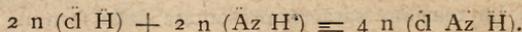
Ma l'ipotesi precedente che riguarda le molecole dei gas semplici come biatomiche è insufficiente per dar ragione di combinazioni più complesse; così due volumi d'acido cloridrico e due volumi d'ammoniaca danno quattro volumi di cloridrato d'ammoniaca. Si avrebbe secondo le formole precedenti;



ciascun volume del nuovo gas non conterrebbe che  $\frac{n}{2}$  molecole. Si ristabilisce l'analogia supponendo che le molecole dei gas semplici sieno formate dalla riunione di quattro atomi; i tre tipi precedenti divengono allora



e la reazione che dà origine al cloridrato d'ammoniaca è figurata dalla formula



Adottando quest'ordine d'idee, si arriva così alle due leggi seguenti:

---

(1) N H<sup>3</sup> (ammoniaca).

1.<sup>a</sup> Volumi eguali di tutti i gas, semplici o composti, alla medesima temperatura e alla medesima pressione, contengono il medesimo numero di molecole;

2.<sup>a</sup> Alla medesima temperatura l'energia cinetica media d'una molecola è la medesima per tutti i gas, essa è proporzionale alla temperatura assoluta.

Ne risulta che sotto la medesima pressione e alla medesima temperatura volumi eguali di tutti i gas contengono la medesima quantità di calore. Ciò dà una prima idea della quantità di calore sviluppata o assorbita in un fenomeno chimico; ma bisogna tener conto inoltre del lavoro della pressione esterna, quando vi è cangiamento di volume, ed eziandio della variazione d'energia potenziale costitutiva delle molecole. Convieni, infatti, considerare ciascuna molecola come possedente una certa quantità d'energia potenziale riferentesi al lavoro delle forze che si esercitano tra gli atomi o le parti di cui essa è composta; quando il modo d'aggruppamento degli atomi o delle parti cangia, l'energia potenziale varia; un aumento o una diminuzione d'energia potenziale si traduce in una quantità eguale di calore assorbito o sviluppato.

Per esempio, nelle reazioni del primo tipo, l'energia cinetica delle  $n$  molecole  $a^1$  e delle  $n$  molecole  $b^1$  è eguale a quella delle  $2n$  molecole  $a^2 b^2$ , e il volume totale non essendo aumentato, non avvi fenomeno calorifico proveniente dalla pressione. La quantità di calore assorbita o sviluppata si riferisce dunque unicamente alla variazione d'energia potenziale; essa è eguale al lavoro necessario per separare ciascuna molecola  $a^1 b^1$  in due parti  $a^1$  e  $b^1$ , meno il lavoro compito della riunione di ciascuna parte  $a^2$  con una parte  $b^2$ . Il quarto tipo presenta il medesimo carattere, salvo un modo differente di decomposizione delle molecole primitive e di aggruppamento degli atomi per formare la nuova molecola. Nella combinazione del secondo tipo, se si designa con  $q$  l'energia cinetica d'una molecola alla temperatura  $T$  dell'esperienza, le  $3n$  molecole primitive possedendo una energia cinetica eguale a  $3nq$ , e le  $2n$  molecole nuove un'energia e-

guale solamente a  $2nq$ , vi ha sviluppo di una quantità di calore eguale ad  $nq$ , eguale per conseguenza a quella che possedeva ciascuno dei volumi combinati. Questa quantità di calore sviluppato è proporzionale alla temperatura assoluta. D'altra parte, i tre volumi primitivi riducendosi a due, la pressione esterna compie un lavoro positivo e per conseguenza produce lo sviluppo d'una nuova quantità di calore; finalmente vi è una variazione d'energia potenziale.

È chiaro che nei fenomeni inversi le quantità di calore cangiano di segno; se una reazione è accompagnata da uno sviluppo di calore, l'operazione inversa esige l'assorbimento della medesima quantità di calore.

La legge alla quale siamo arrivati nello studio dei gas, cioè che l'energia cinetica d'una molecola è la medesima alla medesima temperatura, sembra estendersi ai corpi solidi e ai corpi liquidi. Dulong e Petit hanno riconosciuto in fatti che, pei corpi semplici, solidi o liquidi, il prodotto del calore specifico pel peso atomico è costante; ne risulta che l'aumento d'energia cinetica d'una molecola per una medesima elevazione di temperatura è la medesima per tutti i corpi; l'energia essendo nulla allo zero assoluto, se ne conclude che l'energia cinetica d'una molecola è la medesima alla medesima temperatura.

Tuttavia, la legge di Dulong e Petit non è che una prima approssimazione; il calore specifico dei corpi solidi e dei liquidi varia colla temperatura in un modo notevole e differente per ciascun corpo.

Il signor Voestine ha estesa questa legge ai corpi composti; ma essa non si verifica allora abbastanza esattamente che per quelli i quali presentano certe analogie chimiche. (1)

**La teoria atomica.** — La teoria atomica, di cui è riconosciuto vero autore Dalton, meglio della teoria degli equivalenti, che non sono altro che numeri proporzionali esprimenti

---

(1) L. Berziera — Op. cit.

i rapporti tra i pesi dei corpi che si combinano o si sostituiscono, rende ragione della legge delle proporzioni definite. Non potendo infatti esistere una frazione di atomo, perchè gli atomi si ritengono come indivisibili, è necessario che quando due corpi si combinano tra di loro, si unisca sempre un numero intero di atomi del primo, con un numero intero di atomi del secondo. Quindi è manifesto che deve esistere tra i pesi dei componenti un rapporto determinato ed invariabile.

La teoria atomica rende anche meglio ragione, che non la teoria degli equivalenti, della legge delle proporzioni multiple. Imperocchè, se uno o più atomi di un corpo non possono unirsi che ad 1, 2, 3, 4 ecc. atomi di un altro, i differenti pesi del secondo, che si combinano con un medesimo peso del primo, debbono avere tra loro dei rapporti semplici e razionali (v. più indietro le 5 combinazioni dell'ossigeno con l'azoto).

Insomma, sebbene non siasi giammai potuto isolare un atomo, nè una molecola, la teoria atomica dipinge, dice il Cecchi, alla nostra mente con una grande esattezza i fenomeni della chimica, i quali consistono nelle combinazioni e decomposizioni dei corpi.

I veri fondamenti della teoria atomica sono la legge dei volumi di Gay-Lussac, e la legge dei calori specifici degli atomi di Dulong e Petit. In virtù della prima, coadiuvata dell'ipotesi di Avogadro ed Ampère, si determina il peso molecolare dei corpi gassosi, e poi il loro peso atomico; e in virtù della seconda si ottengono i pesi molecolari e atomici dei corpi elementari allo stato solido, come pure di quei pochi corpi liquidi (mercurio, bromo) dopo averli fatti passare allo stato solido.

Non essendo però possibile determinare il peso assoluto degli atomi e delle molecole, poichè tanto gli uni, quanto le altre, non cadono sotto i nostri sensi, ne fu determinato il peso relativo, rispetto al peso dell'atomo d'idrogeno preso per unità.

La teoria atomica, dal Dalton in poi ha confermato indiscutibilmente il concetto filosofico dell'unità della materia, concetto che è in armonia, come dice Graham Bell, con la legge della gravità eguale in tutti i corpi e della gravitazione in tutto il Cosmos, e col grande principio dell'energia rivelatoci dal genio di R. Mayer. Ma anche gli « atomi » della chimica odierna rappresentano un concetto di valore transitorio, come transitorj erano i concetti delle diverse « forze fisiche ».

#### XIV.

##### **La combinazione chimica è un grado superiore agli elementi chimici**

Nella combinazione chimica dobbiamo riconoscere una certa elevazione della materia cosmica, perchè, mentre questa nelle forme sue più elementari non è governata che da leggi puramente meccaniche e fisiche, nella forma di combinazione chimica intervengono nuove energie, onde generarsi e svolgansi fenomeni speciali e più complessi.

L'acqua è una combinazione chimica costituita di 2 atomi d'idrogeno e 1 d'ossigeno; e come tale essa rappresenta un grado di evoluzione, rispetto all'idrogeno e all'ossigeno suoi costituenti; inquantochè dalla loro combinazione sorge l'energia chimica, la quale dà luogo ad un nuovo fenomeno cosmico. Accendiamo un pezzo di carbone: da questa combustione si svolge energia per mezzo della quale potrebbero riscaldare degli ambienti, fare evaporare dell'acqua, far muovere una locomotiva ecc. Questa energia si svolge per la combinazione chimica del carbonio con l'ossigeno dell'aria, onde si forma anidride carbonica, la quale rappresenta un nuovo fenomeno, un nuovo corpo, con nuovi poteri e con nuovi caratteri.

Tutte le combinazioni di due o più corpi eterogenei provocano una data quantità di calore, il quale, poichè si svolge

all'atto della unione di sistemi molecolari diversi, non può non attribuirsi ad un'energia molecolare preesistente nei corpi componenti.

In ogni atto meccanico, fisico e chimico non può ammettersi che un moto si produca dal nulla, cioè che esso non implichi un moto preesistente.

Laonde, dice il Cantoni, le calorie di combinazione, rappresentando appena una parte della energia termica dei componenti, mettono in evidenza che tanto in questi, quanto nel composto le molecole mai non lasciano d'essere animate da moti assai significanti.

La combinazione chimica implica dunque nuove complicazioni degli elementi, e quindi nuove relazioni e nuove proprietà. Essa, come ogni altra variazione cosmica, raccoglie in sè, per il principio della conservazione di energia, che discuteremo più innanzi, la storia degli avvicendamenti, donde proviene.

La combinazione chimica, considerata come un progresso nella concentrazione della materia e della forza, è un fatto maggiormente complicato; in essa s'implicano i fenomeni che la precedono, e rappresenta perciò una maggiore accumulazione di energia.

La combinazione, considerata di fronte agli elementi, è un aggregato naturale, un edificio cosmico più complesso. Ma questo aggregato naturale non è da considerarsi come una semplice unione di aggregati; poichè ciascuno di essi concorre colla propria energia costitutiva a generare il nuovo fenomeno. Laonde dalle singole energie dei componenti scaturisce una energia che è appunto l'integrazione e la concentrazione delle attività e de' moti degli elementi stessi; in una parola, la combinazione è una risultante più elevata della forza. Nella combinazione chimica l'attività si dispiega ripercorrendo l'attività fisica e meccanica, di cui rappresenta più equivalenti. La combinazione chimica ricapitola i fenomeni da cui procede; in essa si raccolgono e si concentrano le energie fisiche

e meccaniche, da cui proviene una nuova energia, chimica, che n'è la resultante.

XV.

**Trasformazioni della energia.**

**Energia cinetica che si converte in energia potenziale.** — Osserviamo un pendolo. Le oscillazioni compiute da esso implicano una conversione di energia cinetica in energia potenziale, e viceversa. Nel punto più basso dell'arco il pendolo possiede energia cinetica, e nel punto più alto possiede energia potenziale. Un altro esempio lo abbiamo veduto quando, in altra occasione, parlammo della pietra lanciata in aria verticalmente.

**Energia cinetica che si converte in energia termica.** — Ogni volta che v'è attrito, percussione, resistenza, s'avvera il fenomeno della conversione dell'energia di moto in calore.

Lo strofinamento di due corpi sviluppa una quantità di calore, tanto maggiore, quanto più forte è la pressione e più rapido il movimento. Spesse volte i mozzi delle ruote da carrozza, per effetto di un attrito notevole contro la sala, si riscaldano al punto d'incendiarsi. Posate una mano sulle verghe di ferro, ove sia passato di poco il treno, e sperimenterete in tal modo la verità del fatto.

H. Davy ottenne la fusione di due pezzi di ghiaccio, strofinandoli l'uno contro l'altro nel vuoto d'una macchina pneumatica ad una temperatura inferiore a zero gradi; e il liquido che ne ottenne, anzichè avere un calore specifico minore di quello del corpo solido, aveva una capacità pel calorico più che doppia di quella del ghiaccio. Questo classico esempio, mentre dimostra come il calore è sempre effetto di movimento molecolare, ci attesta pure il fatto che il senso di freddo è un fenomeno puramente soggettivo.

Traforando sotto acqua una massa di bronzo Rumfort

trovò che il calore sviluppato dallo strofinamento necessario per produrre 250 grammi di limatura è capace di scaldare 25 chilogrammi d'acqua da 0° a 100°; ciò che rappresenta 2500 calorie. Nell'acciarino a pietra focaia per il solo effetto dello strofinamento dell'acciaio contro la selce, le particelle metalliche che si staccano si riscaldano al punto d'incendiarsi.

L'acciarino pneumatico, di cui parlammo in altro luogo, è un altro esempio di conversione di energia cinetica in energia termica. Infatti, dice il Berzieri, consideriamo un gas chiuso in un cilindro sotto uno stantuffo mobile, e supponiamo dapprima che la pressione esterna superi l'interna. Lo stantuffo si avanzerà allora dal di fuori all'indietro, spingendo davanti a sè le molecole, che lo tempestano, e comunicando loro una velocità maggiore del doppio della velocità primitiva, cangiata di segno. La loro forza viva di traslazione sarà dunque aumentata e perciò anche la forza viva totale dovuta a tutte le specie di movimenti in esse esistenti. Il gas si riscalderà dunque, e il lavoro della compressione avrà per equivalente l'aumento della somma di tutte le forze vive molecolari, cioè il calore prodotto.

Inversamente, se noi supponiamo che la forza esterna applicata allo stantuffo mobile sia inferiore a quella che è necessaria per cangiar di segno la velocità normale di tutte le molecole che ne urtano la base, le molecole gassose spingeranno in fuori lo stantuffo, comunicandogli una parte della loro forza viva, e rimbalzando perciò con una velocità, in valore assoluto minore della loro velocità primitiva. Il gas perderà adunque una parte della sua forza viva molecolare, cioè una parte del suo calore e la sua temperatura si abbasserà; ma la quantità di forza viva scomparsa dal gas si trova esattamente nel lavoro, che il gas ha effettuato sollevando lo stantuffo.

Se lo stantuffo, invece di essere mobile, fosse fisso, le molecole urtandone la base, conserverebbero inalterata la loro forza viva. Quindi è facile comprendere, perchè non vi abbia nè assorbimento, nè sviluppo di calore nella semplice dilata-

zione di un gas, non accompagnata da lavoro esterno. In tutti questi fenomeni dunque il calore sviluppato dall' attrito è da attribuirsi ad un moto vibratorio impresso alle molecole dei corpi ; è la forza viva trasformata in tanto calore sensibile.

**Calore prodotto dalla cessazione del moto.** — Quando si lascia cadere una palla d'avorio sopra un corpo duro, essa rimbalza per la propria elasticità, e quindi non si scalda, perchè il lavoro sviluppato dalla caduta viene in seguito impiegato per inalzare la palla alla stessa altezza, donde è caduta (astrazion fatta dalla resistenza del mezzo e della gravità). In questo caso è la forza viva trasformata in lavoro meccanico (spostamento di molecole nella parte che colpì il corpo duro). Ma se si lascia cadere una palla di piombo, che non è elastica, o lo è in minimissimo grado, essa non rimbalza, ma per contrario si riscalda sensibilmente. Qui la forza viva è tutta impiegata nella produzione del calore ; il quale potendosi raccogliere sarebbe sufficiente a ricondurre la palla di piombo all'altezza, donde è caduta. Così pure quando si scaglia una palla contro un muro, accade che la forza viva, o energia cinetica, della palla si trasforma prima in lavoro esterno che schiaccia il piombo e deteriora il muro, e in lavoro interno, che si manifesta sotto forma di calore. In Inghilterra nel 1863 per provare delle lastre di ghisa destinate a blindare le fregate corazzate, si tirava contro di esse a breve distanza con cannoni speciali. Ora nell'istante in cui queste palle, colpendo queste lastre, erano fermate, la forza viva si trasformava in calore e le lastre raggiungevano istantaneamente la temperatura rossa.

**Una campana vibrante è simile ad un pendolo che oscilla.** — Quando una campana vibra, parte dell' energia delle sue vibrazioni si trasmette all'aria, la quale, vibrando essa stessa, le propaga più o meno lontano. Ma ancorchè non vi fosse aria, la campana vibrerebbe. E siccome v'è in tutti i corpi una più o meno efficace coerenza interna, la quale impedisce che le vibrazioni si facciano con piena libertà, così queste ultime saranno convertite ulteriormente in calore.

Le condizioni di una campana vibrante sono dunque simili in tutto a quelle di un pendolo che oscilla; infatti, in entrambi, parte dell'energia si trasmette all'aria e in entrambi, è inevitabile un attrito, che nell'una si presenta come interna coerenza, e nell'altro si produce per lo stropicciamento del filo del coltello contro il piano, su cui si appoggia. Ne viene di conseguenza, che anche tolte le resistenze del mezzo, non è possibile il moto perpetuo, inquantochè resistenze, che sempre esistono, trasformano continuamente e incessantemente una parte di energia cinetica in energia termica.

Più esattamente si potrebbe dire così: che il moto perpetuo è impossibile, perchè con qualunque combinazione immaginabile è impossibile ottenere una macchina, i cui pezzi, una volta messi in moto, e abbandonati alle loro mutue reazioni, e all'azione della gravità e delle forze esterne analoghe, ritornino ulteriormente a questa posizione con velocità superiori alle loro velocità iniziali. Ma cercare il moto perpetuo è cercare una macchina, la quale abbandonata a sè medesima, dopo essere stata messa in moto, riprenda ad epoche periodiche la sua velocità iniziale, comunicando simultaneamente in ciascun periodo una velocità finita a corpi primitivamente in riposo, ed è chiaro che le due specie d'impossibilità sono perfettamente identiche (1).

**Energia cinetica che si converte in energia elettrica.** — Quando si pone in azione una delle ordinarie macchine elettriche si spende una quantità notevole di energia muscolare girando la manovella, e questa energia muscolare spesa in tal modo è superiore a quella che occorrerebbe qualora non vi fosse produzione di elettricità. In altri termini, parte dell'energia che si spende nella macchina s'impiega a produrre la separazione elettrica.

Per elettrizzare dunque un sistema mediante il movimento

---

(1) L. Berzieri. — Op. cit.

d'una macchina, bisogna impiegarvi una quantità di lavoro motore eguale all'energia potenziale che gli si vuole comunicare. In generale, il lavoro delle forze elettriche, per un cambiamento qualunque, è eguale alla variazione che prova l'energia potenziale, quando si passa dal primo stato al secondo. Quando si carica una batteria elettrica, si trasforma una certa quantità di lavoro, o d'energia meccanica, in una quantità eguale d'energia elettrica; e reciprocamente, nella scarica della batteria, una certa quantità d'energia elettrica si trasforma in una quantità eguale d'energia meccanica o d'energia calorifica.

**Energia cinetica che si converte in energia elettrica (corrente).** — Allorchè parlammo delle correnti d'induzione vedemmo come esse si originassero. Subito dopo la scoperta fatta da Faraday delle correnti d'induzione in un'epoca in cui era tuttora ignoto il principio della correlazione delle forze fisiche si cercò di produrre l'elettricità mediante l'induzione delle calamite in azione.

Queste macchine si dissero perciò *magneto-elettriche*; alle quali sono oggi sostituite le macchine *dinamo-elettriche*. Esse sono quelle che oggi si adottano per la produzione industriale dell'elettricità.

È dovuta al professore Pacinotti l'idea, quantunque non concretizzata, d'una macchina elettrica, che potesse avere un impiego economicamente industriale. Nelle antiche macchine di Pixii, Clarke, Foxton, Nollet ecc. i rocchetti erano costituiti di un nocciolo cilindrico, sul quale si avvolgevano i fili conduttori. Pacinotti invece piegò su sè stesso il rocchetto col suo nocciolo di ferro dolce, in modo da formare un anello. Il ferro dolce agisce come induttore sulle spire che lo avvolgono, e come eccitatore del magnete, del quale accresce la potenza. Il passaggio della corrente nelle spire del filo involgente l'anello, magnetizza il nocciolo di ferro dolce e i poli magnetici dell'anello; poichè quest'ultimo può essere considerato come formato da due calamite semicircolari, riunite sui loro poli omonimi. Essendo allora attirati e respinti successi-

vamente da quello dell' elettro calamita fissa, danno origine ad un movimento di rotazione dell' indotto. Sotto questo punto di luce la macchina Pacinotti, non è che un motore elettrico; e si deve a Graham la costruzione di una vera macchina dinamo-elettrica. In ogni modo tutte queste macchine, le quali servono per l' illuminazione elettrica, per il trasporto della forza a distanza ecc., ove al lavoro molecolare elettrochimico si sostituisce il lavoro meccanico, presentano una manifesta prova della correlazione delle forze fisiche.

Italiana dunque la scoperta della pila, italiana la produzione continua dell' elettricità, italiana pure l' idea di una macchina elettrica, con impiego economicamente industriale; ciò è per noi un grato ricordo e un' intima soddisfazione.

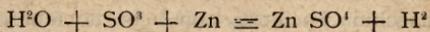
**Energia termica che si converte in energia elettrica** (corrente). — Il calore può dare nascita a correnti, denominate correnti *termo-elettriche*.

Parecchi cristalli naturali, come la tormalina, il topazio, acquistano proprietà elettriche, quando s' inalza la loro temperatura, e Volta sperimentò che una lamina d' argento disugualmente riscaldata alle sue estremità costituisce un elettro-motore. Ma Seebeck pel primo nel 1821 mostrò che il moto del calore in un circuito metallico produce correnti elettriche.

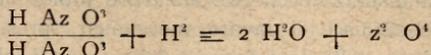
**Energia chimica che si converte in energia termica, raggianti, elettrica.** — Queste trasformazioni si verificano contemporaneamente in un elemento elettro-motore. Noi già vedemmo di quali parti principali è costituito quello di Bunsen. Finchè lo zinco ed il carbone non comunicano tra di loro mediante un conduttore qualunque indecomponibile, come un filo metallico, la pila rimane inattiva; ma appena che i poli sono riuniti il fenomeno elettrico diventa continuo e prende il nome di corrente.

Poichè l' acqua, in cui è immerso lo zinco, è decomposta da questo metallo e dall' acido solforico, con formazione di solfato di zinco, questo metallo si elettrizza negativamente diventando il polo negativo della coppia. L' acqua si elettrizza positivamente e l' elettricità passa a traverso il vaso poroso nel-

l'acido azotico, e di là sul carbone che diviene il polo positivo.



L'idrogeno proveniente dalla reazione chimica non si decompone sul carbone, ma decompone l'acido azotico e lo trasforma in acido ipoazotico, riproducendo acqua.



Del solfato di zinco ( $\text{Zn SO}^4$ ) che si forma, una parte vien decomposta dalla corrente interna, originandosi acido solforico, che si porta allo zinco, ed ossido di zinco che resta nel vaso esterno.

La corrente elettrica, che per tale azione chimica si genera, è capace di effetti termici; per cui può scaldare prontamente i fili interpolarli e fonderli, se sono sottili e poco conduttori, come accade del ferro e del platino.

La corrente promossa da poche coppie di Bunsen dà una corta, ma vivida scintilla all'atto che si chiude il circuito, e ne dà un'altra, ma più debole, nell'aprire il circuito. Con un buon numero di tali coppie la corrente produce una vivissima luce, passando fra due pezzi acuminati di carbone da ritorte.

Se non vi è alcun altro effetto concomitante, l'esperienza dimostra che la quantità totale del calore sviluppato in tutto il circuito, in un tempo dato, è eguale a quella corrispondente alla quantità d'azione chimica compiuta nel medesimo tempo. Se il circuito contiene un corpo composto, un *eletrolito*, la decomposizione che questo prova corrisponde al consumo di una certa quantità d'energia, che passa allo stato potenziale nei corpi messi in libertà; per conseguenza nota il Berzieri, il calore sviluppato nel circuito, per una medesima quantità d'energia spesa nella pila, deve diminuire di altrettanto; allora la somma dell'energia corrispondente alla decomposizione effettuata e di quella corrispondente al calore sviluppato nel circuito, deve essere eguale all'energia spesa nella pila.

Un rapporto d'equivalenza deve necessariamente esistere tra il lavoro delle forze chimiche e il calore sviluppato nel conduttore esterno alla pila e nella pila medesima.

Ad una somma data d'azioni chimiche di natura data deve corrispondere uno sviluppo costante di calore, qualunque sia la costituzione della pila e del circuito, ove i due fenomeni si producono insieme. Questa conclusione teorica è stata verificata nel modo più certo dalle classiche esperienze del Favre, il quale trovò che la dissoluzione di 33 grammi (1 equivalente) di zinco svolge in media 18,670 unità di calore, prendendo per unità la quantità di calore che innalza di un grado la temperatura di un chilogrammo d'acqua.

Insomma nell'azione delle correnti voltaiche si manifestano tra loro commisurati ed inseparabilmente connessi quattro ordini di fenomeni, cioè chimici, elettrici, termici e luminosi. Talchè l'affinità, il calore, l'elettricità e la luce ci appaiono quali diverse forme o modi d'azione tra loro inseparabili di una stessa energia.

**Energia raggiante che si converte in energia cinetica e in energia chimica.** — L'energia raggiante si trasforma in calore assorbito quando incontra un corpo opaco; generalmente, parte di essa è rimandata per riflessione, il resto viene assorbita dal corpo che per conseguenza si riscalda. Certi raggi del sole hanno il potere di decomporre il cloruro d'argento (*Ag.Cl*) e diversi altri composti. I raggi del sole decompongono pure l'anidride carbonica nelle foglie della pianta; e mentre il carbonio va a formare la tela organica della pianta, l'ossigeno si svolge nell'aria.

## XVI.

### **Conservazione dell'energia.**

Lavoisier per il primo proclamò che in natura « nulla si crea e nulla si distrugge » da ciò ne viene pure che nessuna energia può essere creata dal nulla e che un'energia *attuale*

non può in niun modo venire annullata, ma solamente modificata nella forma, o ridotta allo stato potenziale. Questi assiomi si riassumono sotto il nome di conservazione della forza dell'energia.

Il principio fondamentale della conservazione dell'energia può dunque enunciarsi dicendo che l'energia totale di un sistema è una quantità invariabile in tutti gli atti in cui questo sistema può essere successivamente condotto dalle sole azioni mutue de' suoi diversi punti, o in altri termini: in un sistema qualunque esente da forze esterne, una diminuzione dell'energia attuale produce un aumento eguale dell'energia potenziale e viceversa. (1)

## XVII.

### **Lontano avvenire del nostro intero sistema solare.**

Ogni manifestazione di calore è convertibile in lavoro; e ogni lavoro si converte in spesa di calore; onde tutti i fenomeni della natura e tutte le operazioni dell'uomo, dice un illustre scenziato, risolvendosi in una guisa più o meno indiretta in diffusione di energia nello stato di calore, tendono inevitabilmente a stabilire l'eguaglianza, l'uniformità di temperatura.

Su questo principio della dissipazione d'energia fondasi una delle più ardite illazioni sul lontano avvenire del nostro pianeta, anzi del nostro intiero sistema solare, esposta la prima volta da Thomson e recentemente riprodotta dal professore Tait. il quale così si esprime:

« L'energia dell'universo passa costantemente dalle superiori alle inferiori sue forme, e quindi la possibilità della trasformazione o conversione sua diviene man mano minore; per guisa che dopo un sufficiente lasso di tempo tutte le forme

---

(1) L. Berziera — Op. cit.

superiori dell'energia devono estinguersi nell'universo, e sole rimarranno quelle energie inferiori che sono incapaci di trasformazione ulteriore.

« La più bassa forma alla quale tutte le trasformazioni presentemente a noi note sembrano tendere inevitabilmente, è quella del *calore uniformemente diffuso*, o più correttamente parlando, del calore diffuso per modo da produrre *uniforme temperatura*. Noi ben sappiamo infatti che per fare un uso qualunque del calore, per ritrarne un' utilità — cioè per trasformarlo in potenza meccanica od in altra forma d'energia — ci fa mestieri di possedere corpi di differenti temperature, ci occorre per dire così, un generatore ed un condensatore. (1)

« Orbene quando tutta l'energia dell'universo avesse assunto la forma finale di calore uniformemente diffuso, sarebbe per ciò stesso impossibile di utilizzare quel calore in ulteriori trasformazioni. Per lo che nel lontano avvenire dell'universo, per quanto possiamo prevedere, la quantità di materia e di energia resteranno quelle che sono attualmente; la materia resterà inalterata sì in quantità che in qualità, ma raccolta e costipata insieme sotto l'influenza della gravitazione, e l'energia resterà inalterata anch'essa in quantità, ma interamente trasformata in qualità nell'infima sua forma, cioè nella forma di calore uniformemente diffuso. »

Il genio di Byron vaticinava quel lugubre stato dell'universo nel suo poema « *Le tenebre* ».

## XVIII.

### Il cristallo.

Quando le molecole fisiche, di cui si compongono i corpi cristallizzabili, sono poste in condizioni opportune, onde pos-

---

(1) V. il principio di Carnot.

sono obbedire alle leggi dell'attrazione molecolare, presentano una grande tendenza ad assumere delle forme cristalline, forme cioè precise, definite e costanti.

I cristalli sono poliedri naturali limitati all'esterno da faccie piane, e aventi nel loro interno una determinata e particolare struttura.

Il criterio migliore per concepire un cristallo risiede nelle due condizioni essenziali seguenti: 1.º regolarità di assetto delle particelle fisiche che lo compongono; 2.º invariabilità del valore dei suoi angoli ad una data temperatura, e identità degli angoli omologhi in tutti gl'individui della medesima specie.

Quando la sostanza che si solidifica è capace di cristallizzare, nell'atto del cambiamento di stato le particelle, già componenti la massa fluida, si aggregano in sistemi complessi dotandola di nuovi e più stabili equilibri. Nella solidificazione delle sostanze che cristallizzano si svolge una quantità di calore che se potesse misurarsi completamente, si mostrerebbe in immediato rapporto col movimento cessato per l'urto della particelle che si aggruppano. Questo dimostra che la solidificazione non deriva dal semplice avvicinamento d'individualità molecolari, o delle particelle liquide, come accade nelle così dette sostanze *colloidi* (resine, vetri, gelatine, certe varietà di silice idrata ecc.) nelle quali il cambiamento di stato consiste nell'avvicinamento semplice delle particelle già proprie ed inerenti alla preesistente liquidità, in proporzione dell'abbassarsi della temperatura. (Bombicci)

La cristallografia razionale che studia le numerosissime forme e le proprietà fisiche che si possono riconoscere nella serie indefinita dei cristalli, si fonda principalmente nell'invariabilità dell'angolo d'inclinazione reciproca delle faccie omologhe misurato ad una stessa temperatura.

E se talvolta accade che divergenze non lievi emergono per i valori angolari di omologhe incidenze di faccie, ciò dipende da fenomeni speciali che intervengono a disturbare il regolare processo di cristallizzazione, come *l'associazione poligenica*,

la poliedria, l'oscillazione della temperatura, l'imperfetto addossamento di cristalli multipli. Da tutto questo si arguisce la grande influenza che ha il mezzo ambiente, in cui si aggregano le particelle cristalline, sulla virtù cristallogenica loro propria. Il Kuhlmann denomina *forza cristallogenica* la tendenza delle molecole della stessa natura a costituire dei cristalli.

Le faccie in un cristallo se da un lato non possono essere minori di quattro, dall'altro possono sommare ad un numero infinito. Esse sono elementi del cristallo, come lo sono pure gli angoli, gli spigoli e gli assi. L'unione di questi elementi costituisce la forma cristallina.

Allorchè le faccie di un cristallo sono tutte eguali, esse costituiscono una forma semplice; nel caso sieno diseguali costituiscono una forma composta. Però in ogni forma composta di cristallo, una delle forme semplici prevale per lo più sull'altra e imprime il proprio aspetto al cristallo. La prima forma si dice *predominante*; l'altra, *secondaria* o *modificante*. Oltre alle faccie si modificano pure gli spigoli e gli angoli, secondo importantissime leggi. Queste modificazioni non si operano a caso sopra i vari elementi del cristallo; ma sono rette da leggi costanti e strette in intimo rapporto colle proprietà degli assi e la natura dei vari elementi. Hauy, scopritore di tali leggi, le chiamò leggi di simmetria.

**Leggi cristallografiche.**— Le modificazioni che avvengono sopra uno degli elementi del cristallo si ripetono sopra tutti gli elementi *omologhi*. Questa legge, che si verifica costantemente in natura, si chiama legge di simmetria.

Le faccie generate per troncatura sono sempre egualmente inclinate sulle faccie adiacenti, quando queste sono eguali; ed inegualmente, se sono diseguali. Alcune volte le leggi stesse della simmetria sembrano trasgredite, poichè in qualche caso avviene che le modificazioni si sopprimono in parte, e non se ne produce che la metà sugli elementi alterni. Questa legge è detta *emiedria* (*emis*, metà; *edros*, forma); onde si formano mezzi cristalli (*emiedrici*); i quali debbono

essere distinti dagli altri cristalli, detti *omoedrici*, nei quali le modificazioni sono complete in tutti gli elementi del cristallo stesso.

In altri casi le parti, che all'aspetto geometrico, sembrano tutte eguali fra di loro, offronsi modificate solo per un quarto del loro numero. Si disse *tetratoedria* quest'ultimo fatto, e *tetratoedriche* si chiamarono le forme che ne derivarono.

In altri termini le forme semplici possono dividersi in forme *oloedriche* (intiere); e in forme *emiedriche* (dimezzate). In certi cristalli (quarzo) le faccie d'alcune forme emiedriche appaiono con posizione obliqua sugli angoli solidi, che ne sono modificati. Inclmano a destra o a sinistra dell'angolo, dal quale sono portate, diconsi perciò facce *plagiedrie* e si chiama *plagiedria* il fatto in sè stesso.

L'alto interesse dei fenomeni dell'emiedria e la dipendenza di questa dalla costituzione molecolare dei corpi cristallini emerge massimamente dagli studi e dalle scoperte di Biot, di Herschel, di Pasteur e di Marbach.

È bene fare notare qui che il *polimorfismo* è un fenomeno diverso dall'*allotropia* ed *isomeria*, poichè il polimorfismo è subordinato al solo mutamento nella disposizione delle molecole chimiche nella particella fisica cristallina; l'allotropia e l'isomeria dipendono invece dalla reale modificazione di struttura delle molecole chimiche, senza che in queste sieno variate le qualità e le quantità degli atomi componenti. Laonde il zolfo allo stato cristallino è trimetrico e monoclino per dimorfismo, amorfo, elastico per allotropia.

Lo zolfo ci offre un esempio del fatto che nella cristallizzazione hanno grande influenza nel produrre l'una piuttostochè l'altra forma cristallina, la pressione, la temperatura, e la materia nel cui seno si generano i cristalli. Infatti se si fa cristallizzare lo zolfo per via di fusione, artificialmente, esso si presenta in lunghi prismi, derivati dal prisma obliquo a base rombica; quello invece che cristallizza naturalmente (zolfo dei vulcani) assume forma prismatica.

In cristallografia abbiamo pure il fenomeno del *Plesio-*

*morfismo* (*plesios*, analogo; *morphe*, forma); esso consiste in ciò che due cristalli di composizione affatto diversa presentano forme avvicinati tra loro; tali sono il carbonato calcareo e l'arragonite, il nitrato sodico e il nitrato potassico ecc.

## XIX.

### **Il cristallo è la prima individualità cosmica.**

Il cristallo rappresenta il modo di essere più perfetto e normale dei corpi inorganici. Esso rappresenta il primo conato della materia cosmica tendente ad assumere un'individualità spiccata, specifica, una forma definita. Rappresenta l'omogeneo, l'indifferenziato nella evoluzione cosmica delle individualità.

Il cristallo, come tutti gli altri corpi della organicità, per intrinseca natura sua, ha e ritiene, indefinitamente, i modi propri e le virtualità proprie, e quelle acquisite, se ragioni di mezzo e di altre forze non lo turbano; e quindi ha la nativa indole di conservare le impressioni ricevute (Vignoli). Questo fenomeno, che in più larghe proporzioni si avvera nelle organicità vegetale e animale, per ragioni fisio-psichiche, ha pur luogo nel cristallo per ragione di proprietà che si riferiscono alla inerzia, o meglio, alla legge del Newton e del Galileo: onde un corpo semplice o aggregato che venga modificato, tende a permanere in questo stato, se alcun'altra forza, o mezzo, (se trattasi di chimiche combinazioni) non viene a turbarlo e a cangiarne l'attitudine.

Ora sulla virtù cristallogena hanno molta influenza, alcune cause esteriori, p. es. la temperatura dell'ambiente, ove i cristalli si producono; la pressione, più o meno grande; lo stato di quiete della massa che cristallizza; la capacità dello spazio; la natura delle sue superfici; la maggiore o minore purezza della materia cristallina; l'intervento di altre svariate reazioni, o di altri fenomeni dinamici relativi ad altre sostanze concomitanti; lo svolgimento di vapori o di gas; la inclusion

di particelle eterogenee nei cristalli; la più o meno grande rapidità del fenomeno cristallogenico, e via dicendo. Variando queste condizioni le forme si modificano più o meno sensibilmente. Un ottaedro regolare di allume può assumere poco a poco le faccette proprie dell'esaedro regolare, del dodecaedro romboidale, o trasformarsi completamente nell'uno o nell'altro di questi due poliedri. Ma quando le condizioni del mezzo si cambiano considerevolmente, quando cambia nel suo meccanismo il processo della cristallizzazione, questa se pur si mantiene possibile, passa ad altro tipo, ed il polimorfismo si avvera.

Si è osservato che le variazioni della temperatura operano cambiamenti sensibilissimi sulle forme cristalline; onde anche artificialmente può condursi da uno ad altro tipo la cristallizzazione di alcune sostanze.

Le recentissime esperienze del Jannettaz sopra i rapporti delle variazioni delle forme negli allumi, e dei mezzi nei quali essi cristallizzano (1) ci avvertono che l'acido cloridrico modificando la formazione dei cristalli ottaedrici di allume, di potassa e di allume ammoniacale, senza minimamente alterarne la composizione chimica, vi determina la comparsa di faccette emiedriche, le quali spettano al più semplice dei pentagono-dodecaedri del primo sistema.

Importantissima a considerarsi è l'azione che i cristalli di una data sostanza possono esercitare sopra quelli di sostanze affatto diverse in via di formazione, posti che siano in presenza gli uni degli altri, soprattutto se le forme sieno in tutti eguali o consimili. Basterebbe citare, in conferma di questo, la bella esperienza del Senarmont. Un romboedro di ossalato calcare venne immerso in una soluzione di nitrato di soda, restandovi illeso od in apparenza incerto. Frattanto i cristalli pure romboedrici del nitrato sodico (isomorfi collo ossalato calcare) si orientarono identicamente col romboedro,

---

(1) Bull. de la Soc. ch. de Paris 1870.

posto loro in presenza, si addossarono a questo con egual posizione delle loro facce omologhe, dimostrando di subirne nel modo più assoluto una potente influenza.

Ciò che rende viepiù importante ed istruttiva questa esperienza si è, che altri cristalli di ossalato calcareo, aventi pure struttura romboedrica, ma di forma esteriore differente, scalenooedrica per es., o prismi esagonali, esercitavano consimile azione orientatrice, mentre altre forme romboedriche con diversa struttura fisica riuscivano affatto indifferenti. Il Lavalle dimostrò che certi cristalli appositamente mutilati, potevano essere completati da sostanze isomorfe, nelle cui soluzioni venissero immersi.

Il sale comune cristallizza, per una sua proprietà inerente, in forma cubica nell'acqua pura, ma se quest'ultima contiene alcuni acidi speciali, gli angoli dei cubi sono troncati. Il carbonato di rame se cristallizza in una soluzione con dell'acido solforico forma un prisma esagonale, se si aggiunge dell'ammoniaca compaiono diverse forme di ottaedri romboidali; e se mescolasi alla soluzione acido nitrico il prisma diventa rettangolare (Dana). Come vedesi nel cristallo v'è la tendenza a conservare il proprio stato originario; e quella pure a conservare le modificazioni che gli vengono dalle forze esteriori. Nel cristallo dobbiamo quindi vedere l'apparizione di un nuovo fenomeno, in cui un'equivalente d'energia vale più equivalenti della forza inferiore. L'energia meccanica, l'energia fisica, l'energia chimica si combinano, s'integrano nel cristallo, onde appare una nuova forma di energia, energia cristallogenica, la quale comparte nuovi poteri e nuove proprietà al corpo. Di tanto è superiore l'acqua come combinazione chimica ai singoli suoi costituenti, di quanto il cristallo supera la semplice combinazione chimica.

Le attività molecolari cristallogeniche, al dire di un illustre scienziato, rappresentano le massime energie della fisica del globo, e le cause prime dei fenomeni massimi del mondo inorganico. Il cristallo con la sua forma costante e definita è la più semplice individualità del grande edificio cosmico; in

esso dominano le sole forze meccaniche, fisiche e chimiche. Le molecole obbediscono solamente alle forze attrattive e repulsive; e sarebbe un grave errore quello di supporre in fondo a questo evento cosmico, facoltà intellettive o volitive. Il cristallo per noi è una forma di evoluzione della materia cosmica; ehe si presenta come un fenomeno superiore al semplice fenomeno chimico, fisico e meccanico, perchè li comprende tutti, e tutti li riassume in una maggiore e nuova complicazione.

Il cristallo deriva le sue proprietà e i suoi poteri da una diversa ridistribuzione della materia e del moto; da una concentrazione di energia potenziale in minore spazio.

Il cristallo è un poliedro; la sua massa è omogenea e il suo accrescimento si opera per deposizione di nuovi strati di molecole fisiche alla sua superficie esterna; cioè per sovrapposizione. Questo accrescimento non è però assoluto, poichè vi sono pure esempi di cristalli che fanno pensare ad un accrescimento per intessuscezione o interposizione.

Dice il Bombicci « lo stesso principio che ci permette di ravvisare piante e animali nella sostanza organica solo quando le parti organiche consistono in sistemi di tessuti e di organi capaci di *funzionare fisiologicamente*, quindi con forme speciali, speciali strutture e speciali attitudini fisiche per ogni fase della loro esistenza, non possiamo, considerando la materia inorganica, riconoscervi la specie mineralogica, il minerale propriamente detto, se non quando ci si presenta siffattamente costituita da sistemi regolari di molecole, e di particelle chimicamente definite, da funzionare fisicamente con speciali attitudini. Ma ogni qualvolta tali condizioni si realizzano, la specie mineralogica è. Egli poi aggiunge: dagli amorfismi dei gas, dei vapori, delle assolute liquidità la materia mondiale concretandosi si dispone a due ordini di funzioni: assorbita da apparecchi viventi, che procedono da ignote origini, da atti iniziali imperscrutabili, si organizza: libera di obbedire alle polarità orientatrici, *cristallizza*.

Nel cristallo però non ancora si manifesta il fenomeno

cenestetico, il quale designa un grado più elevato di complicazioni cosmiche. Tale fenomeno appartiene ad altri eventi cosmici più elevati nell'ordine delle individualità naturali.

Finchè si pose una separazione sostanziale tra il mondo inorganico e quello organico il cristallo fu relegato fuori dell'ordine evolutivo, e mai si pensò allora che da quelle forme inferiori, da quegli infimi stati della materia potessero rimpollare le forme superiori, gli aggregati complessi.

È ormai risaputo che in natura tutto implica un processo di svolgimento e di evoluzione, e che il differenziato, l'eterogeneo, il complesso, il distinto presuppongono l'indifferenziato, l'omogeneo, il semplice, l'indistinto.

## XX.

### **Tra la materia inorganica e quella organica non esiste una reale e sostanziale differenza**

Nei primordi della chimica si dava il nome di sostanze organiche esclusivamente alle sostanze che si potevano estrarre dagli esseri viventi, animali o vegetali. Più tardi questa denominazione venne estesa a tutti i corpi che provenivano da trasformazioni sofferte dalle sostanze organiche, propriamente dette. Così lo zucchero fu ritenuto una sostanza organica, poichè lo si estraeva da certi vegetali; e siccome lo zucchero, sotto l'influenza di certi microorganismi, o fermenti, (saccaromici) dà l'alcool, così l'alcool fu ritenuto anch'esso come un prodotto organico. Ma in questo caso perchè non ritenere come un corpo organico anche l'anidride carbonica, la quale è pure essa un prodotto di quella fermentazione zuccherina?

L'alcool pure per opera di altri fermenti (micoderma acetici) può a sua volta convertirsi in aldeide ed acido acetico; e l'aldeide e l'acido acetico furono considerati come sostanze organiche.

Allora si aveva la convinzione che le sostanze organiche non si potessero assolutamente formare che per l'intervento

di certe forze, dette *forze vitali*, e che per tale fabbricazione fosse perciò indispensabile e necessaria la macchina fisiologica del vegetale.

Però il progresso della scienza chimica, e quello più specialmente della *sintesi*, venne ben presto a distruggere questo falso concetto, poichè si ottennero artificialmente per sintesi diretta, partendo da elementi minerali, prodotti organici, come l'urea, alcuni idrocarburi, alcuni composti ammoniacali, gli alcool, le aldeidi, gli acidi ed altri corpi della serie grassa.

Secondo i moderni risultati della scienza per corpo organico non devesi intendere altro che un prodotto in cui *il carbonio* è l'elemento fondamentale.

Tutte le sostanze organiche sono costituite di particelle solide e acquose. Queste particelle solide sono dal Nægeli chiamate *Micelli*. I quali non consistono che di aggruppamenti molecolari o di *tagma*, secondo si esprime il Pfeffer. Questo autore è d'opinione che i micelli della materia organica sieno costituiti dei tagma o complessi di tagma; e che nei micelli, il numero grandissimo di molecole deve rendere possibili i cambiamenti definiti di composizione e le svariatissime disposizioni molecolari.

Il punto di partenza, dice Berthelot, della formazione delle materie organiche è lo stesso di quello delle materie minerali. Non v'è più dunque ragione, in sentenza di questi elevati ingegni, di parlare della vita come di una forza indipendente, non v'è più ragione di sciupare della materia grigia cerebrale per trovare delle distinzioni là ove non esistono: i due mondi, inorganico ed organico, costituiscono oggi per la scienza, un mondo solo.

I composti organici sono, qualunque sia la loro origine, corpi che appartengono alla serie del carbonio; e non si distinguono per nessun carattere dalle diverse sostanze chimiche. Essi godono di tutte le proprietà delle combinazioni definite; solidi, cristallizzano; liquidi, presentano un punto di

ebollizione costante; essi insomma non si distinguono in nessuna maniera dai composti minerali.

Si ritiene infatti ormai per certo che le particelle di cui risultano costituite le pareti degli elementi anatomici vegetali sieno di forma geometrica. Tali particelle avrebbero la forma di prismi allungati nel senso della spessorezza della parete, e circondati ciascuno da uno straterello di acqua (acqua di costituzione). Questa opinione poi, della struttura microcristallina della parete cellulare ha avuto una riconferma nei recenti studi di Schimper sull'amido. Laonde deriva, come afferma Comes, che la forma geometrica delle particelle costitutive dei corpi naturali non è esclusiva del regno minerale, essendo essa benanche comune ai corpi organizzati.

Il Trècul, a proposito di ciò, asserisce che alcuni corpicciuoli organizzati e viventi, in uno dei periodi del loro sviluppo, possono assumere forme geometriche regolari a somiglianza dei corpi inorganici, o degli organici non organizzati.

Questa conclusione l'ha tratta dall'osservazione della farina dello *Sparganium ramosum* e dello *Sparganium natans*. In questa farina egli vide dei granuli più grossi, romboedrici con angoli acuti, spigoli taglienti, e belle lamine esagonali, regolarissime, talvolta alquanto allungate, ma pertanto con perfetto parallelismo delle loro facce a due a due. Gli uni e le altre talvolta rendevano palese una cavità centrale, e stavano spesso uniti insieme conforme alle leggi della cristallografia. Esaminando attentamente le lamine esagonali vide che le loro facce non erano omologhe, ma inclinate alternamente verso una faccia o l'altra della lamina, e per tale inclinazione formavano angoli eguali a quelli dei romboedri, per modo che avrebbero per forma primitiva il romboedro. Ciò è verificato dall'osservazione che talvolta alcuni romboedri nascono da lamine esaedriche.

Quei cristalli nel progredire della vegetazione perdono le loro forme regolari. Nei frutti più giovani i cristalli organici, non ancora ben determinati, erano rinchiusi in una membrana

o vescicola, ellittica pei romboedri, circolare per le lamine esaedriche.

Come si vede coi progressi delle scienze fisiche, chimiche e fisiologiche la distanza tra i due mondi, inorganico ed organico, diminuisce e va a poco a poco dileguandosi. Onde il fenomeno vitale non deve essere considerato come l'effetto di una *forza speciale*, o di una *forza sui generis*, ma dobbiamo concepirlo come una speciale combinazione degli elementi chimici, come una speciale integrazione della materia e del moto.

Il n'ya, dice C. Bernard, qu'une mécanique, qu'une physique, qu'une chimique, qui comprennent dans leurs lois tous les phénomènes qui s'accomplissent autour de nous, soit dans les machines vivantes, soit dans les machines brutes. Sous les rapports physique, mécanique la vie n'est que une modalité des phénomènes généraux de la nature; elle n'engendre rien, elle emprunte ses forces au monde extérieur et ne fait qu'en varier les manifestations de mille et mille manières.

## XXI.

### **Il protoplasma è uno stato particolare della materia cosmica**

Il protoplasma è una sostanza appartenente al gruppo chimico degli albuminoidi. Esso è un composto chimico molto complesso, risultante dalla intima unione di composti organici quaternarii e ternarii, di acqua e di sostanze minerali. Questo corpo di costituzione così complessa si presenta sotto forma di una sostanza molle, pastosa, trasparente, omogenea o granulosa, rifrangente la luce; è capace di aumentare di massa e di volume assorbendo nuovo materiale dall'ambiente, in cui trovasi: è eccitabile all'azione del calore, della luce e dell'elettricità, e perciò capace di cambiare di forma e di posizione.

Esso è la vera e sola materia vivente dei vegetali e de-

gli animali, e costituisce la base materiale della vita. I molteplici e svariati fenomeni manifestati dal protoplasma sono dovuti alla elevata complessità della sua costituzione; dalla quale dipende la sua grande instabilità e la debole resistenza agli agenti esteriori. Ond'è che sotto l'influenza eccessiva di tali agenti, turbandosi l'equilibrio molecolare del corpo protoplasmatico, la sua attività si sospende, oppure cessa del tutto, e l'edificio molecolare rovina scindendosi in corpi di più semplice costituzione. (Comes)

Le recenti analisi (1880-1) fatte da Reinkel e da Rodevald sui plasmodi di *Aethalium Septicum* hanno dimostrato, come si legge in Comes, che essi risultano costituiti della intima mescolanza di molte e svariate sostanze (circa 28) tra le quali la più abbondante è la *plastina* (analoga alla fibrina) contenutavi nel rapporto dal 27 a 40 per 100, associata a poca quantità di altri albimonoïdi (miosima, peptoni, pepsina ecc.).

Secondo le più probabili induzioni scientifiche, il fenomeno biologico, che sorge col protoplasma, è da ritenersi come una complicazione dei fatti meccanici, fisici, chimici e cristallogenici; ed in tale complicazione devesi riconoscere il nuovo evento, cioè il fatto della vita. Però attribuire, come alcuni fanno, agli elementi primitivi della materia cosmica, dice l'Angiulli, le proprietà biologiche, sensitive e volitive è un ripetere in forma più o meno attenuata gli errori della vecchia metafisica; si crede in tal modo che la dottrina dell'evoluzione sia più agevole e più sicura, mentre non si fa che corromperla e annullarla.

Certamente, quando si considera la materia primitiva « come un'entità morta, dispersa in una moltitudine di atomi, collegati soltanto da movimenti estrinseci » riesce impossibile cavare da essa la genesi di fatti con proprietà differenti. Ma il considerare la materia primitiva in tal guisa è un grave errore, perchè la materia è fornita di attività costitutive, ed è una unità attiva di elementi operosi, dalle cui molteplici com-

binazioni sorgono nel processo dell'evoluzione fenomeni con proprietà a mano a mano più alte e complesse.

È inutile che ci facciamo illusioni: se vogliamo rimanere fedeli ai progressi della scienza bisogna che riconosciamo, nolenti o volenti, che oggi la tendenza di ogni ramo scientifico è quella di far passare per via di svolgimento gli esseri d'ordine inferiore ad un ordine superiore.

Nessun fatto esiste per sè, dice l'Angiulli, ma ogni fatto esiste per un altro. I fatti più elevati sono il prodotto di speciali combinazioni di molteplici elementi; ma in nessun fenomeno cosmico, qualunque sia il grado di sua elevatezza, entrano elementi assolutamente estranei, e che non si trovino nei fenomeni precedenti e più elementari.

Il concetto vero della scienza moderna è quello dell'evoluzione e del progresso. Però la generale credenza che ogni essere vivente nasca da una cellula (*omne vivum e vivo*) costituisce apparentemente una grande difficoltà per sostenere la graduale evoluzione della materia cosmica. In ogni modo il detto dell'Harvey « *Omnis cellula e cellula* » è una formula un po' astratta; e a questa subentra, come più razionale, la teoria dei foglietti blastodermici, alle cui trasformazioni si riducono tutti i fenomeni embriogenici; iniziandosi con essi lo studio della genesi comparativa degli organismi.

Si domanda, per qual fatto la materia inorganica si è organizzata? Per chi non vuol sapere di evoluzione e desidera di restare tra cielo e terra in una beata posizione il fatto è facilmente spiegato coll'ammettere antecedentemente l'esistenza di una cellula; che da tali individui, più o meno preformisti, lungi d'essere considerata un prodotto di svolgimento si ritiene come un atto di creazione.

Ma per chi desidera avere i piedi in terra, e non vuole limitare le sue investigazioni a cause, forse insussistenti o per lo meno antiscientifiche, l'osservazione deve essere spinta più in là per sperimentare, se è nella possibilità almeno che la materia inorganica, per un complesso di circostanze, non facilmente prevedibili, possa assumere una forma organizzata;

se sia cioè organizzabile ; o in altri termini, se è possibile la generazione spontanea. La quale non è certo un nuovo problema per le generazioni presenti, poichè una gran parte dell' antiche generazioni ne hanno sempre ritenuta probabile la soluzione. Aristotile ed i suoi seguaci furono sempre favorevoli all' *abiogenesi* o *archebiosi* ; il fondatore dell' opposto sistema fu il Redi.

Oggi l' ipotesi della *generatio equivoca* trova validi appoggi in molti scienziati, i quali con grande alacrità attendono alla risoluzione di questo importantissimo problema. Pertanto conforta il sapere che Leopoldo Maggi e Giovanni Cantoni in una loro relazione al Lombardo Istituto Reale delle scienze parlano di nuove esperienze da essi stabilite sopra 148 palloncini, scaldati a temperature, comprese tra 100° e 120°, riempiti di varie soluzioni organiche (sugo di carne, decotto di zucca, tuorli d' uovo, ecc.). Riferendo su queste esperienze fecero conoscere come su quel numero ebbero 116 casi favorevoli alla *eterogenia*, nei quali, nonostante la elevata temperatura, si ottennero produzioni organiche; e 32 contrari, nei quali cioè queste produzioni mancarono.

Comunque sia che il fenomeno della vita abbia avuto origine in un dato momento della storia geologica, da una particolare combinazione di fatti chimici, rimane una necessità della scienza. E il non sapere indicare con precisione i modi di tale combinazione, e riprodurre totalmente per mezzo dei nostri esperimenti le condizioni naturali, onde essa ebbe nascimento, se ciò prova la nostra insufficienza, non n' esclude per altro la possibilità.

Ma d'altra parte quale altra probabile ragione si può accampare per spiegare un simile fenomeno? Se per vincere la insufficienza del nostro sapere facciamo ricorso all' azione di una causa trascendente, o ad altre ipotesi, più o meno aeree, come quella di Guglielmo Thomson, il quale vorrebbe che i primi germi della vita fossero stati portati sul nostro pianeta dalle stelle filanti e dagli uranoliti, considerati come rovine di mondi distrutti, i problemi non si risolvono dav-

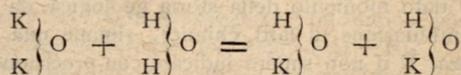
vero ; e nel caso dell' ipotesi del Thomson, rimarrebbe pur sempre la questione di ricercare in qual modo la vita ebbe origine in quei mondi, ormai distrutti. Dunque le difficoltà non sono eliminate, anzi sono accresciute e complicate.

Resta quindi come indagine scientifica, più logica e probabile, che il fenomeno biologico sia dipendente dalla complessità aggregativa delle molecole inorganiche, le quali e per la disposizione speciale e per la natura delle medesime sono capaci di atti e di poteri superiori.

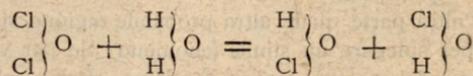
Se nello stato presente delle nostre cognizioni regge intiero il principio significato nella nota formula « Omne vivum e vivo » ciò dipende dacchè oggi non possiamo ammettere come dimostrata rigorosamente la formazione « de uovo » cioè per eterogenia, neppure de' più elementari organismi.

E che da un diverso aggruppamento di molecole e dall'aggiunzione e sostituzione di nuovi atomi ad altri, in un edificio molecolare, scaturiscano corpi nuovi, con nuove proprietà lo dimostrano tutti i fenomeni della chimica.

Infatti poniamo insieme gli elementi dell'acqua e dell'ossido di potassio e otterremo due molecole d'idrato potassico o acqua potassata.



Se invece versiamo nell'acqua dell'anidride ipoclorosa, essa si scioglie all'istante e si trasforma in acido ipocloroso o acqua clorurata.



L'idrato potassico e l'acido ipocloroso per la loro costituzione atomica si avvicinano all'acqua. Ma quale differenza nelle loro proprietà, se si paragonano tra di loro e coll'acqua siessa. E ciò per la diversità di alcuni elementi. Dunque per tale semplice diversità si possono imprimere proprietà diffe-

renti a corpi che hanno una costituzione atomica consimile e appartengono allo stesso tipo.

Non è quindi nè strano, nè affatto arbitrario porre il fenomeno biologico come un fatto risultante da uno speciale aggruppamento di molecole inorganiche, tra le quali emergono in prima linea le molecole del carbonio e quelle dell'acqua e dell'aria. Così la forza che è puramente meccanica nei movimenti degli atomi elementari, si eleva ad affinità, o forza fisico-chimica, nelle associazioni di molecole fisiche, (energia cristallogena) come nel cristallo; e ad energia biologica nella materia vivente, cioè nel protoplasma.

La manifestazione organica, ha detto il Vignoli, è, secondo natura, una fase necessaria ad un dato momento nell'evoluzione dei pianeti. Senza dubbio, del fenomeno ed evento biologico ci resta oscuro il primordiale punto di partenza, ossia l'origine della vita; ma ci è forse più chiara nel fenomeno fisico l'origine di ciò che chiamiamo « elettricità » e nel chimico, di ciò che chiamiamo « affinità? » Ed integrando le rappresentazioni che noi abbiamo di tutte queste « forze » naturali, ci è forse più nota e manifesta l'essenza e l'origine del moto « universale? ».

Il problema delle origini, così dice anche il Morselli, non è scientifico, ma metascientifico, poichè si confonde colla ricerca delle cause prime, e noi dobbiamo contentarci di osservare, di verificare il reale *com'è*, senza illuderci di scoprire *perchè è*; la coscienza umana ha i suoi limiti che niun sogno di fantasia, o speranza di sentimento potranno mai oltrepassare.

## XXII.

### **Tra il cristallo ed il protoplasma non v'è interruzione di continuità.**

Fino a quest'ultimi tempi si era d'opinione che la materia inorganica, individualizzata nel cristallo, non avesse niente a vedere colle materia vivente; in cui si faceva appa-

rire un'altra forza, subitanea, e differente da quella che presiede ai fenomeni della materia non vivente. Coi progressi della scienza però, e coi metodi più sicuri della osservazione e dell'esperienza, oggi si considerano le cose da un punto di luce ben diverso da quello con cui le consideravano i nostri filosofi aprioristici e dommatici.

Le proprietà della materia vivente non possono essere che una concentrazione ed un'elevazione delle proprietà gradatamente dispiegantisi negli aggregati della materia cosmica. E che davvero in ogni combinazione vi sia svolgimento di energia ce lo provano ad evidenza i fenomeni dello termochimica.

Se bruciamo 1 grammo d'idrogeno, secondo Favre e Silbermann, la quantità di calore che si svolge è eguale a 33,462 calorie; se bruciamo un grammo di carbonio, il calore di combustione è eguale a 8,080 calorie.

Ora donde deriva questa energia termica? Essa non si verificherebbe, se non preesistesse negli elementi; dunque questa energia è un fatto esclusivamente dipendente dalla combinazione degli elementi, idrogeno e carbonio, con ossigeno. E non solo nella combinazione delle energie fisiche si ha svolgimento e disponibilità di forze; ma sibbene in ogni altra combinazione qualsiasi, sia d'energia biologica, sia di energia psichica. Nella combinazione di più energie biologiche, come in quella di più energie psichiche, si ha sempre una risultante di energia superiore, capace di elevare la materia cosmica a più alti poteri.

Per noi il cristallo, la pianta e l'animale, sono tre grandi diramazioni, che si spiccano dal gran mare della materia cosmica; però mentre queste due ultime ramificazioni sarebbero diramazioni, diramate, ed aeree; il cristallo rappresenterebbe una diramazione omogenea e sotterranea. In altri termini, l'energia cristallogenica si eleverebbe ad energia biologica nella pianta; e questa ad energia psichica nell'animale. Laonde, mentre il cristallo sarebbe una forma d'arresto rispetto all'energia biologica; così la pianta sarebbe una forma

d'arresto, rispetto all'energia psichica; la quale perciò rappresenterebbe più equivalenti della forza inferiore. Tra il cristallo quindi e il protoplasma vi possono essere differenze di grado e di forma, ma non di natura. L'energia cosmica, nel cristallo, è virtù cristallogenica; nella pianta, virtù biologica; nell'animale, virtù psichica. Dalle maggiori complicazioni sorgono i fenomeni più complessi. E che le proprietà dei corpi organici sieno tanto più varie, e la loro tendenza a variare, a soffrire modificazioni, dipendano dal numero sempre più considerevole di molecole e quindi della maggiore complessità del composto chimico, è cosa che si apprende anche dalla chimica elementare.

Infatti ponendo a confronto una combinazione binaria, d'idrogeno e carbonio; con una terziaria, d'idrogeno, carbonio e ossigeno, ed una quaternaria, d'idrogeno, carbonio, ossigeno, azoto; avremo l'idea di edifici sempre più complessi e più ricchi di proprietà, e per converso più instabili, e perciò più facili a rovinare. Dalla combinazione binaria si giunge per gradi e per successivi aggruppamenti, e aggiunzioni di nuove molecole, passando per una varietà indefinita di corpi con differenti proprietà, e per un numero grandissimo di forme isomeriche, che i composti possono assumere, alle forme più complesse e instabili, quali sono le materie albuminoidi. Ma da sè sole le sostanze albuminoidi non bastano a produrre il fenomeno biologico, è necessaria ancora una formazione più complessa che ora la scienza non sa determinare, contuttochè la ritenga prodotta da un processo eguale a quello, donde derivano tutte le altre formazioni cosmiche.

Si è obbietato: che la materia vivente non ha niente a vedere colla materia non vivente, e a prova di ciò si portano i fenomeni della nutrizione, della riproduzione, della sensibilità e della mobilità. Tale obbiezione, apparentemente invulnerabile, cade di per sè, se guardiamo le cose da un punto di luce non aprioristico.

Il fenomeno della nutrizione, e quello dell'accrescimento per intessuscezione, proprio della materia vivente, è stato di-

mostrato da studi sperimentali consistere in una speciale manifestazione di quei fatti fisici e chimici, che si riscontrano anche, sebbene con minore intensità, nella materia non vivente.

Anche nei corpi inorganici, oltre all'accrescimento per juxtapposizione, che è il più generale, può aversene anche per interposizione, e prodursi una combinazione chimica, così intima da formare un nuovo corpo; e che ciò sia vero si riscontra anche nella *geminazione* cristallografica.

La geminazione non consiste che nell'aggregato di due cristalli in posizione definita. Nella geminazione dobbiamo notare *l'asse di geminazione*, cioè la retta ideale intorno alla quale girando uno dei due cristalli gemini, per un certo numero di gradi, si conduce ad essere parallelo all'altro. Il piano a cui è sempre perpendicolare l'asse si chiama *piano di geminazione*.

Nella geminazione si può avere *l'emitropia* e la *trasposizione*, secondochè per stabilire il parallelismo dei due gemini si debba compiere un giro di 180°, o di 60°.

In ogni modo in alcuni casi vedonsi i due cristalli gemini ridotti ciascuno alla metà, e come aderenti fra loro per un piano comune di geminazione; in tal caso si hanno i geminati per sovrapposizione; in altri casi i due gemini si compenetrano reciprocamente, come se rimanessero intieri, ed i geminati diconsi di penetrazione. Nelle macle si ha pure l'apparente compenetrazione di due e più cristalli, simmetricamente ed analogamente disposti intorno ad un asse comune che suol essere un asse cristallografico.

Anche secondo le idee di Graham la differenza tra la juxtapposizione e la intessuscezione non è una differenza assoluta, ma una graduazione nella differenza, graduazione che si risolve in un fatto chimico.

La riproduzione pure non offre difficoltà, nè costituisce un carattere sostanzialmente differente tra la materia vivente e quella non vivente. Se scendiamo nei bassifondi della organicità, troviamo che questo fenomeno si compie con modi

si elementari da distinguerlo appena dai processi riproduttori della materia non vivente.

Se consideriamo la riproduzione delle monere, dei microzimi, degli ameboidei, si vede che essa non consiste che in una semplice separazione di molecole materiali.

La riproduzione per gemme, per germi e per sessi, son fenomeni, che appartengono ad una serie di organismi molto più elevati nella scala delle organicità.

Ora tanto il fenomeno della moltiplicazione, quanto quello della nutrizione e dell'accrescimento non sono fenomeni spontanei, propri solamente della materia vivente, come si voleva far credere, ma sono determinati dalle influenze esterne. Se facciamo infatti in due pezzi un cristallo qualsiasi, il solfato di ferro p. es., vedremo queste due parti farsi centro di due formazioni, e ricostruire e prendere le dimensioni del cristallo primitivo, come accade al grumo protoplasmatico della monera e del microzimo.

Si è pure obbietato, che il movimento spontaneo è una proprietà esclusiva della materia vivente. Ma il movimento è inerente a tutti i corpi, a tutti gli esseri, a tutti gli elementi, e in nessuno di essi esiste moto veramente spontaneo poichè in tutti gli esseri, in tutti gli elementi è determinato da condizioni esteriori ( luce, calore, elettricità ) e da movimenti molecolari di altri corpi in mezzo a cui si compiono.

Ogni movimento risponde al grado più o meno elevato della materia esistente; quanto più essa si fa complessa tanto più il movimento assume forme più elevate e più appariscenti. Un essere apparisce vivente in quanto reagisce e si accomoda alle influenze esteriori. Ma questa proprietà si riscontra in tutti gli elementi materiali, i quali tutti reagiscono all'azione degli altri elementi; secondo le ben note leggi del Newton e del Galileo.

Però nella materia vivente questa legge della reazione, cioè la proprietà di reagire con prontezza alle azioni esteriori, è molto più notevole, dipendendo essa non tanto dalla sua

composizione chimica, quanto dalla sua speciale costituzione molecolare.

Si deve ritenere insomma come probabile che la nutrizione, la riproduzione, la sensibilità, la motilità non sono proprietà speciali della materia vivente, ma fenomeni che hanno stretti rapporti di reciprocità e di dipendenza nell'unità complessa ed inscindibile della vita.

Bonnier dice che mentre nei minerali la sferula vivente è ricoperta di pareti relativamente grosse, nei vegetali le pareti sono molli e sottili, negli animali sottilissime, e benchè dentro sè stessa palpiti, non arriva a moti sensibili, cui perviene il vegetale a stento e soltanto nell'epoca degli amori. (Dalla Rassegna critica).

### XXIII.

#### Una pagina di storia geologica

Il Lyell ha ormai posto l'evento geogonico che lo stato originario del nostro pianeta sia stato prima gassoso, poi liquido, indi solido, almeno nella crosta. Il raffreddamento sarebbe avvenuto lentamente, e per primo si sarebbe solidificata la parte superficiale del globo, siccome avviene in un metallo fuso, raffreddato, indi solidificato. Ad una temperatura così elevata la vita non era ancora possibile. E che tale debba essere stata la terra alle sue prime origini ce lo testimonia in gran parte il calore centrale, o il *mare delle materie fuse*, come, più giustamente, opinano alcuni geologi.

Gli stati della materia in una prima epoca non erano ancora differenziati; solamente dopo un lungo raffreddamento apparisce lo stato liquido di alcune sostanze, e più tardi lo stato solido. Nella prima epoca della terra i tre stati della materia si trovano insieme ad accrescere la diversità dei fenomeni.

I primi terreni, che si formarono, furono costituiti da rocce cristalline; da combinazioni cioè di alluminio, silicio,

ossigeno, e di un gran numero di metalli, facilmente ossidabili. Tali rocce formarono quindi il basamento di tutta la serie dei terreni di origine sedimentaria.

Questa prima scorza del nostro globo, questo primitivo terreno è costituito di rocce granitiche, di gneiss; micaschisti ecc., nelle quali rocce domina il quarzo, il feldspato e la mica. Su questo basamento fondamentale, anteriore alla vita, si sono poi depositi i terreni contemporanei alla vita; cioè i terreni di sedimento.

Questa età, detta anche delle rocce enigmatiche, dell'eozon (1) si è chiamata età *primordiale*, *azoica*, *archeozoica*. Essa è caratterizzata dalla presenza degli esseri acranici e delle alghe.

PERIODI

Età primordiale	{	Laurenziano
		Cambriano
		Siluriano

Un poco più oltre ancora e la separazione delle parti terrestri, dell'atmosfera, della crosta, più o meno solida, e « la complicazione delle efficienze naturali prepareranno il teatro agli esseri superiori ». Le forme degli organismi che s'incontrano nella progressione geologica sono le più semplici. La prima forma certa di un essere organizzato è stata trovata nel terreno cambriano in Inghilterra e in Svezia. Tali organismi consistono in impronte di piante marine e di animali pure marini (alghe, anellidi, molluschi, spugne, polipi, echinodermi).

Nel terreno siluriano si rinvengono più specialmente organismi fossilizzati, appartenenti ai gruppi delle *bilobiti*, *giroliti*, *vessiliferi* ecc.; i quali, al dire del De Saporta, sareb-

---

(1) Eozoon. Organismo contemporaneo all'aurora del mondo. Appartiene alla classe dei Rizopodi, all'ordine dei Talamifori?...

bero organismi che offrono il carattere di vegetali, gli antenati delle alghe.

Dall'età primordiale, dall'età cioè delle *Trilobiti*, del *Pterigotus bilobus*, dell'*Euryptecus remipes*, del *Pentacrinus caput medusae* ecc., per graduale passaggio si va all'età *primitiva o paleozoica propriamente detta*, nella quale dominano i pesci e le felci.

PERIODI

Età primitiva { Devoniano  
Carbonifero  
Permiano

L'età paleozoica segna un progresso notevolissimo di fronte a quella archeozoica, in cui la vita è rappresentata da *Protisti*, *Infusori*, *Diatomee*, *Alghe*, *Bilobiti*, *Chondriti*, *Zoofiti Polipi*, *Echinodermi*, *Trilobiti* ecc. cioè animalii tutti invertebrati. Nell'età paleozoica invece appaiono nelle acque i primi vertebrati, cioè i Pesci (*Scaphaspis Llyodii*, *Pteraspis rostratus*). Accanto ai Pesci troviamo pure Insetti (*Platephmera*, *xenoneura antiquarum*). Le piante sono rappresentate da Felci, Licopodii, Sigillarie, Equisetacee ecc.

Dall'età primitiva si passa all'età *secondaria o mesozoica*, in cui fanno la loro comparsa i Rettili e gli alberi a foglie persistenti

PERIODI

Età secondaria { Triassico  
Giurassico  
Cretaceo

Dall'età secondaria, dall'età cioè dei Labirintodonti (*Archegosauero*, *mastodonsauero*), dei Beledon, dei Notosauero, *Ichtyosaurus*, *Plesiosaurus*, *Pterodactylis* ecc. si fa passaggio all'età *terziaria*, o cainozoica, la quale è caratterizzata dalla presenza dei Mammiferi e degli alberi a stagione.

PERIODI

Età terziaria { Eocenico  
Miocenico  
Pliocenico

E da questa età, età cioè degli Anaplotterium, Dinoceros, Paleoteri, Galeopitechi, Mastodonti, Scimmie mesopiteche, Megatherium, Ipparion ecc. si fa passaggio all'età *quaternaria antropozoica*, la quale è caratterizzata dalla presenza degli uomini, e da quella delle piante coltivate e degli animali domestici.

PERIODI

Età quaternaria { Glaciale  
Post-glaciale  
Della civiltà

Fra l'evoluzione del regno vegetale e quella del regno animale v'è un evidente parallelismo. Dalle crittogame più elementari (Protofiti) alle più elevate Fanerogame; e dai Protisti ai più elevati animali, il progresso, direbbe il De Saprota, è semplicemente un cammino, che ha luogo in una direzione determinata, secondo il senso della parola latina *progredi*, , avanzarsi. Ora questa graduazione espressa nei prodotti successivi della terra, dice l'Angiulli, rispecchia la graduazione disegnata separatamente dai corpi celesti. La storia della terra è un capitolo ed un compendio della storia cosmica.

XXIV.

**I primi rappresentanti morfologici della organicità vegetale.**

Col protoplasma s'inizia lo svolgimento del mondo vegetale e del mondo animale. Il protoplasma può da sè solo

costituire il corpo di un vegetale (Plasmodiomiceti) ed allora prende il nome di *Plasmodio*.

Le piante inferiori (alghe, funghi) possono talvolta persistere alquanto tempo sotto forma di massoline di protoplasma nudo, dette *zoospore*, le quali sono osservabili nelle *Peronosporee* e *Conferve*.

Il protoplasma negli *Anterozoi* si presenta sotto forma di corpuscoli filiformi; ma tanto in questi, quanto nelle zoospore, e nei plasmodi pure, il protoplasma non si trova ancora rivestito di una membrana, e perciò si chiama *plasma nudo*.

Il protoplasma, sia che abbia una parete, sia che non l'abbia, può sempre costituire una cellula, la quale si dirà perciò vestita o nuda. La parete cellulare è una membrana omogenea, almeno in apparenza, continua e formata di una sostanza chimicamente diversa da quella del protoplasma: essa appartiene al gruppo delle sostanze idrocarbonate (cellulosa).

Nella massa protoplasmatica, specialmente in stato di giovinezza, s'incontra generalmente un corpicciuolo che ha un contorno di solito circolare, chiamato nucleo; in cui si contengono pure altri corpicciuoli, detti nucleoli.

La cellula nella sua più semplice espressione è rappresentata da un Anterozoide e da un Plasmodiomiceto, nei quali il grado d' inferiorità è determinato appunto dalla loro incapacità a rivestirsi di membrana.

La cellula potenzialmente assume forme più complesse nella zoospora; la quale ben tosto segrega dalla sua massa i materiali per costruirsi una parete.

Nei batteri e nei fermenti il protoplasma è pure rivestito di una membrana parietale, ma essa è in modo notevole e silissima. Se dalle cellule della organicità vegetale inferiore si passa a quelle della organicità superiore, si trova che quest'ultime sono sempre provviste di una parete, di protoplasma, di nucleo e nucleoli, e di altre sostanze diverse; ciò non pertanto esse corrispondono a stadi successivi di complicazione e di differenziazione del corpo cellulare semplice. Talchè la

graduale differenziazione che si osserva negli organismi delle piante si riscontra sotto altra forma anche nell'elemento costitutivo di questi organismi, cioè nella cellula, sia che essa rappresenti esclusivamente una massa protoplasmatica nuda (Plasmodiomyceti) o fornita di una parete (Saccaromices, Pleurococcus).

Quando si passa da un corpo unicellulare o monocellulare ad uno multicellulare o policellulare si ha tosto una costituzione organica meno semplice. Ordinariamente un organismo policellulare si origina e si forma per processo di proliferazione e segmentazione di una cellula primordiale; talvolta, sebbene di rado, si forma per consociazione di più cellule, libere dapprima ed indipendenti tra di loro, come ha luogo nei *Pediastrum*.

Tanto una cellula, quanto un gruppo di cellule indifferenziate costituiscono un corpo omogeneo, detto *Tallo*.

Ora nei talli multicellulari si ha evoluzione nella forma, quando da un tallo filiforme si passa ad uno laminare, ad uno ramificato, e successivamente ad un'altro costituito di parti a composizione diversa (Sargassum).

Tutte le piante talloidi sono talmente collegate tra di loro che dalla forma più semplice si va per gradi alla forma più complicata; e da questa successivamente e gradualmente alla cormofita, o pianta a corpo differenziato (muschi, felci, fanerogame).

Infatti, se osserviamo le *Muscinee* troviamo che alcune hanno per sistema vegetativo un tallo, altre un tallo fornito di appendici non dissimili dalle comuni foglie, ed altre infine presentano sullo stesso organismo la forma differenziata in asse ed appendici, congiunta a produzioni talloidi. Laonde vedesi che le *Muscinee*, o piante tallo-cormofite, sono come tipi intermediari tra le piante talloidi e quelle cormoidi.

Il grado dunque di elevatezza organica è stabilito dalla successiva e sempre maggiore complicazione del sistema vegetativo; e per una differenziazione sempre più profonda degli

organi si passa dai muschi alle felci (Protallogame), alle Gimnosperme, e alle Angiosperme.

Tra il corpo più o meno complicato di una *Angiospermea* (Quercia, ranuncolo ecc.) o di una *Gimnospermea* (Pino, abeto ecc.) e quello protoplasmatico di un *Plasmodiomiceto* vi ha un'immensa serie di forme intermedie che a guisa di tanti anelli collegano il corpo complicatissimo delle prime col semplicissimo del secondo. Ond'è che tutti gli organismi hanno per punto di lor partenza una cellula, o meglio, una massa protoplasmatica nuda; la qual forma, mentre è permanente in alcuni individui, in altri è transitoria; e per successive e graduali differenziazioni si passa dalla più infima alla più elevata forma della organicità.

La cellula dunque deve essere considerata come una vera individualità organica, capace di elaborare materiali presi al di fuori, e assimilarli per nutrirsi, per crescere e moltiplicarsi. La cellula è l'unità fondamentale dei corpi viventi, ossia l'elemento anatomico, morfologico, fisiologico, ond'essi risultano costituiti; è insomma la forma primordiale, quando definita, quando transitoria, di qualsiasi organismo. Essa è pure il laboratorio, ove si fissano e si elaborano le modificazioni organiche; che per suo mezzo sono poi trasmesse, per ereditarietà, ad altri organismi.

**Quello che avviene nel seme nell'atto della germogliazione.** — Abbiamo veduto come la pianta per crescere tragga energia dal sole, ma il seme germoglia e cresce all'ombra, cioè fuori dell'azione della luce solare. Donde trae il suo contingente di forza, poichè gli manca il raggio del sole? Il seme, come l'uovo animale, nell'atto della germogliazione, trae la sua forza da quella potenzialmente rinchiusa in esso, sotto forma di materia organica, accumulata per esso dalla pianta madre. Questa materia organica ossidandosi, bruciandosi dà l'energia per la successiva formazione dei tessuti. Ma prima che avvenga la germogliazione si richiedono alcune condizioni intrinseche, ed estrinseche, rispetto al seme; cioè le prime proprie del seme, le altre dell'ambiente.

Quanto alle prime diremo, che il seme deve essere ben conformato, completamente maturo, che non abbia perduto la sua maturità interna ecc.; e quanto alle condizioni estrinseche, che è necessaria la presenza di una certa quantità di acqua, di ossigeno e di calore.

Soddisfatte queste condizioni il seme germoglia. Incomincia ad assorbire l'acqua che trova a sua disposizione, e si rigonfia, e tale rigonfiamento, aumentato poi da sviluppo gassoso, può essere tanto energico da vincere grandi resistenze. Secondo Hofmeister la pressione indotta da piselli rigonfiati sarebbe di 3 atmosfere. Böhn la farebbe arrivare fino a 18-atmosfera.

Fu Stephen Hales che fece la prima esperienza per dimostrare la grande pressione, che i semi esercitano, rigonfiandosi.

In ogni modo la mandorla preme sul tegumento e la radichetta, cercando d'allungarsi, determina la maggiore tensione al micropilo, ove si effettua la rottura.

Dall'apertura, così formata, la radichetta si allunga al di fuori incurvandosi in basso, obbedendo al suo geotropismo positivo, e continua quindi a crescere nella direzione della verticale. Successivamente s'allunga l'asse ipocotileo per accrescimento, e si pone in continuazione della radichetta, sollevando il seme; dopo di che i cotiledoni si separano, slargando la rottura del tegumento, donde escono. Più tardi ancora la piumetta si sviluppa con il fusticino epicotileo.

Durante il periodo del germogliamento l'embrione assorbe ossigeno ed emette anidride carbonica e vapore acquoso, perdendo di peso. Questa è una funzione (respirazione) di somma importanza per la preparazione dei materiali, i quali debbono servire di nutrimento all'embrione.

I materiali di riserva contenuti nell'embrione subiscono profonde trasformazioni, che debbono considerarsi, come veri fenomeni di digestione; cioè sdoppiamenti con idratazione, determinati da speciali fermenti. Così, se la riserva è amilacea, il succo cellulare diviene acido, mentre parte delle so-

stanze albuminoidi passa allo stato di diastasia, la quale in presenza dell'acido attacca i grani d'amido e li converte in destrina e maltosio. Se la riserva è costituita di materie zuccherine (zucchero di canna, sinantrosio) si produce dell'invertina, che sdoppia questi zuccheri in glucosio e levulosio; se si tratta di glucosidi, come l'amigdalina (Prunee) o l'acido mironico (Sinapis) si forma dell'emulsina, che sdoppia la prima in glucosio, essenza di mandorle amare ed acido cianidrico; o della mirosina, che scinde il secondo in glucosio, ed essenza di senapa. Se la riserva è costituita di corpi grassi si forma della saponasia, che li sdoppia in acidi grassi e glicerina. Gli albuminoidi di riserva vengono sdoppiati dalle pepsine, e trasformati in peptoni.

Insomma l'alimento accumulato sotto varia forma di materia organica, viene decomposto in parte per fornire la forza necessaria, mediante la quale si organizza la parte rimanente. Si vede da ciò che il seme per germogliare deve diminuire di peso; esso non può svolgersi che « a prezzo di consumarsi in parte, non può animarsi che in seguito a morte ».

Questa condizione del seme continua fino a che non si sono formate le foglie e la radice; allora la pianta incomincia a trarre la forza dal sole e a prendere il suo alimento dal mondo inorganico.

Balfour-Stewart rassomiglia il fenomeno della germogliazione all'acqua sollevata dal sole, e raccolta in serbatoi; donde riversandosi può eseguire un lavoro.

La materia infatti inalzata dal sole al regno organico di una generazione, rappresenta un contingente di forza, atta a compiere un lavoro, quello cioè che implica la germogliazione della generazione susseguente. E come parte dell'acqua dice l'autore citato, che passa per un ariete idraulico precipita e si disperde, allo scopo di generare la forza necessaria per sollevare l'altra parte ad un livello superiore; così parte della materia organica accumulata nel seme precipita, e si disperde per creare la forza necessaria ad organizzare il resto.

Un atto simile avviene pure nelle gemme degli alberi a foglie caduche.

**Fenomeni della reazione esterna.**— La pianta, tanto dal lato anatomico, quanto dal lato fisiologico, è un organismo vivente; ed è fornita di movimenti determinati da un'attività interna; oltre a quelli dipendenti dalle rivoluzioni e leggi planetarie.

La pianta cresce e si svolge; e a tal uopo pone in azione l' interna funzione organica di trasformazione; assimila per azione periferica le sostanze contenute nell' ambiente; se le immedesima, respira ed effettua vari moti, coordinati per diverso senso, e specialmente per quello importantissimo della riproduzione di sè medesima.

Nell'epoca della fecondazione si manifesta nella pianta una grande vivacità di calore; poichè, come si esprime i Dumas, la pianta che assorbiva il calore solare, che decomponeva l' anidride carbonica dell' aria, cangia all' improvviso di costume. Essa brucia del carbonio e dell' idrogeno, diviene apparecchio di combustione, si fa animale, in una parola; e come tale sprigiona calore.

Nella spata di alcune aroidee il termometro segna perfino 20° C, al di sopra della temperatura ambiente.

Le piante, similmente agli animali, sarebbero pure dotate di una specie di contrattilità vascolare per la circolazione dei loro liquidi organici nei vari tessuti delle medesime.

E degno di essere notato il fatto che alcune piante arrampicanti sdegnano di attaccarsi intorno ad alcune altre, come ja cuscuta, piccola parassita, che non si avvolge intorno che a piante assolutamente viventi.

Da tutti è conosciuto il curioso fenomeno del sonno delle piante, sia pel ripiegamento delle foglie, sia per la chiusura delle corolle ed altri modi. Tutti sanno e conoscono quanto variati sieno i movimenti degli stami e dei pistilli all' epoca della fecondazione.

Le foglie di alcune piante eseguono movimenti spontanei

assai notevoli, e lo studio di essi è stato oggetto di osservazioni e d'importanti esperienze.

Dutrochet avendo collocato una giovane pianta di Pisello in una camera illuminata da un sol lato, vide che talvolta la foglia s'inclinava verso la luce, e talvolta volgeva il picciuolo verso il cielo e l'inclinava verso la parte più oscura della stanza. Lo stesso autore ha osservato il movimento rivolutivo dei cirri della Brionia e del Cetriolo coltivato.

Chi non conosce i fenomeni di movimento presentati dalla Lupinella sensitiva (*Desmodium gyrans?*) Essa appartiene alla famiglia delle leguminose e fu scoperta al Bengala, nei dintorni di Dacca, dalla signora Monsen. Le foglie della Lupinella si compongono di tre foglioline una mediana e due laterali. Quest'ultime compiono movimenti opposti, cioè se una si abbassa, l'altra s'innalza, e viceversa; mentre la foglia mediana ora si volge a destra, ora a sinistra.

È stato osservato che quanto più fa caldo, e quanto più umido è l'ambiente, tanto più vivi sono i movimenti.

Curiosi sono pure i movimenti della Piglimosche o *Dionea muscipala*. Essa è originaria dell'america settentrionale; ed è fornita di foglie che sono vere trappole per le mosche ed altri insetti ancora.

Tali foglie sono costituite di due parti, l'una allungata, che può essere considerata come un picciuolo, l'altra, assai larga quasi circolare; e queste due parti stanno fra di loro unite, come se fossero due valve tenute insieme da una nervatura, che funziona da maschietto. La parte slargata è munita di ciglia rigide e allungate. Sulla faccia superiore di dette valve trovansi alcune glandole, dalle quali trasuda un umore viscoso che attrae gl'insetti. Quando una mosca va a posarsi su di una di queste foglie, esse per mezzo delle loro valve, che si drizzano sul loro maschietto, imprigionano l'insetto, stringendolo in modo, colle ciglia incrociate, da farlo morire; dopo di che le valve si riaprono e lasciano cadere il cadavere.

La drosera dalle foglie rotonde, detta anche Rugiada del

sole (*Drosera rotundifolia*) è una pianta erbacea dei nostri climi; la quale ha la facoltà, come la *Dionea*, di accalappiare gl'insetti, che si posano sulle sue irrimediabilissime foglie.

Si è sperimentato che se si mette nel centro di una foglia di *Drosera* un pezzetto di carne tutti i tentacoli gli si piegano e il lembo si chiude per impedire che cada; ed ha luogo una vera digestione. Se in luogo di carne si pone un pezzettino di sughero si ha pure il movimento solito del ripiegamento dei tentacoli, ma però, come se fossero avvertiti dell'inganno, subito tornano a distendersi.

Il Darwin studiò molto a lungo questi fenomeni di movimento, e le modificazioni a cui andavano soggetti gl'insetti catturati. Pare che dalle glandole sparse alla superficie della foglia si segreghi, al momento della catturazione dell'insetto, un acido che da Frankland fu riconosciuto per acido propionico, o almeno per un acido della serie acetica. Però da un lavoro presentato all'accademia delle scienze di Parigi nel giugno del 1879, pare resulti che il succo di una pianta esotica, il *Carica Papaya* avrebbe la proprietà di sciogliere interamente la fibrina. Indagini di questo genere si fecero pure sopra una piccola pianta detta *Aldrovanda vesiculata*, la quale ha presso a poco le foglie uguali a quella della *Dionea* e della *Drosera*.

Il Darwin pare sia dell'opinione che le piante partecipino in qualche modo alla funzione digestiva, propria degli animali; e che vi sia una vera digestione fogliacea. Le piante carnivore dunque si procurerebbero l'azoto, di cui abbisognano in modo affatto diverso dall'ordinario. In queste piante gli organi a clorofilla, inservienti all'assimilazione del carbonio sono abbastanza sviluppati; il sistema radicale però, che è incaricato dell'assorbimento dell'azoto in forma di sale ammoniacale, è poco sviluppato, onde quanto abbisogna di azoto e di sali la pianta li trae dagli insetti, che cattura nei suoi organi speciali.

Pare dunque che gl'insetti vengano digeriti dalle foglie in grazia di un umore segregato da glandole speciali, conte-

nenti pepsina e alcuni acidi grassi (acido acetico, propionico, butirrico) onde la digestione si opera in modo simile a quello che si compie nello stomaco degli animali.

Ritornando a dire dei movimenti spontanei, chi non conosce la sensitiva o Pudica mimosa, e la strana sensibilità delle sue foglie? Basta un urto leggero, leggero, perchè le sue foglioline si pieghino nel loro sostegno, i piccioli secondari sul picciolo maestro, e questo sul ramo. Si è osservato che la sensitiva quanto più è vigorosa, tanto più è impressionabile; quanto più la temperatura è elevata, tanto più pronti sono i suoi movimenti. Il fatto seguente è molto curioso. Desfontaine portando seco in vettura una pianta di sensitiva vide chiudersi le foglioline ed abbassarsi tutte le sue foglie appena la vettura si muoveva. Ma a poco a poco, quasi che la pianta si abituasse a questo movimento, rialzava nuovamente le foglioline.

Si è pure osservato che il protoplasma non clorofillato tende a evitare i raggi luminosi; e che quello provvisto di clorofilla cerca la luce moderata.

Così I Plasmodi dei Mixomiceti, i quali vivono sui legni in disfacimento e sugli avanzi delle tannerie; ramificano e si muovono restando nell'oscurità; se poi sono colpiti dalla luce, anche diffusa, contraggono i loro rami, spostandosi per evitare la luce. Le zoospore cercano invece la luce moderata; perchè esse sono formate da protoplasma clorofillato; però se la luce assume un grado d'intensità troppo forte, esse se ne allontanano cercando di riceverne il meno possibile.

Tali fenomeni danno molto a pensare, e per spiegarli non si può tanto per fretta far ricorso ad azioni puramente meccaniche, fisiche e chimiche; in questi movimenti dobbiamo invece scorgere il rudimento di un'attività psichica, la quale prende poi suo massimo sviluppo nell'organicità animale.

Fenomeni ancora più notevoli di movimento ce l'offrono gli organi fiorali al tempo della fecondazione. In molti fiori ermafroditi gli stami all'epoca della fecondazione, portano le loro antere più in alto dello stamma, e lasciano quindi cadere sopra di esso la polvere fecondante. In altri fiori gli stami

tengono le loro antere più in basso dello stamma, in tal caso il fiore è abitualmente inclinato, come nelle Fuchsie, o si piega appositamente in basso perchè la deposizione del polline avvenga regolarmente.

Nelle ortiche i filamenti degli stami stanno ricurvi su sè stessi, fino a che il fiore non si è slargato; ma appena che tale espansione è avvenuta i filamenti si svolgono, si rad-drizzano e proiettano il polline a certa distanza. Le ortiche sono piante dioiche, cioè alcune portano fiori maschili (stami), altre, fiori femminili (pistilli). Nella Ruta al tempo della fecondazione lo stame si piega sullo stamma, vi depone il polline e poi si rialza per riprendere la sua posizione primitiva.

Movimenti consimili si riscontrano pure nel fior della passione, nel Crespino ecc. Però fra tutti i movimenti coordinati per l'atto della fecondazione e che più di tutti gli altri meritano di essere conosciuti sono quelli che ci offre la vallisneria spirale o alga di chiana (*vallisneria spiralis*).

La vallisneria è una pianta dioica, e vive nelle acque del mezzodi della Francia e dell'Italia. L'individuo femminile porta un peduncolo fiorifero molto lungo e contorto sopra sè stesso a guisa di spirale. Il fiore maschile è portato invece da un peduncolo assai corto; ed è costituito da una quantità di stami racchiusi in una spatula trasparente. Appena giunto il momento della fecondazione i giri della spira del fiore femminile si svolgono fino a che il fiore stesso non raggiunga il livello dell'acqua. Contemporaneamente si apre pure la spatula e i fiori maschili liberatisi dal peduncolo vengono a forma di perle bianche a galleggiare a fior d'acqua. Dopo di che si avvicinano al fiore femminile e lo fecondano. Avvenuta la fecondazione il peduncolo del fiore femminile si richiude, avvicina i giri della sua spira e riconduce il suo ovario in fondo all'acqua per maturare i suoi ovuli.

Non meno curiosa è la fecondazione della Otricolaria, o erba vescica. Di solito essa vive nell'acqua, e per stare sommersa, la natura l'ha fornita di alcune vescichette, dette idro-

statiche, le quali sono ripiene di muco. Ora quando giunge il momento della fecondazione, queste vescichette si vuotano, si riempiono di aria e la pianta, resa in tal modo più leggera, può portare i suoi fiori all'aria, ove si fecondano.

Avvenuta la fecondazione le vescichette si riempiono di bel nuovo di muco e traggono così la pianta a maturare i suoi ovoli in seno all'acqua.

Movimenti consimili si riscontrano pure nel Grande Loto del Nilo, nei Nenufar, le quali piante ritirano al fondo delle acque le loro corolle, accuratamente chiuse, nè si rialzano, nè si riaprono che all'apparire del nuovo sole.

Si è pure sperimentato che alcune sostanze tossiche o deprimenti esercitano la loro efficacia nelle piante, come negli animali. L'acido prussico, la noce vomica, l'acqua distillata di lauro ceraso, la canfora, i narcotici deprimono ed intorpidiscono le attività della vita sì nelle piante, che negli animali. Di più. Nelle piante, come negli animali, esistono esempi e molteplici fatti di modificazioni ereditarie; e ciò si può vedere in molti trattati d'insigni botanici, specialmente in quello delle variazioni degli animali e delle piante allo stato domestico di C. Darwin. Nelle piante, come negli animali, sono pure comuni i fenomeni del dimorfismo e del polimorfismo.

Tutti questi fatti affratellano organicamente, fisiologicamente i due regni vegetale e animale; e quasi l'identificano in una fisionomia e in un'operosità generale.

Il Darwin ci avverte che mentre per far piegare uno dei tentacoli verso il centro di una foglia insettivora, basta far cadere nella glandula del tentacolo un pezzetto di capello umano lungo due decimi di millimetro, che corrisponde al peso di un diecimilionesimo di grammo, è curioso poi che essi tentacoli non sieno sensibili affatto a poche brusche percosse che ricevono da corpi duri. Si è sperimentato che toccando con un ago per due o tre volte un tentacolo, esso rimane immobile e solamente manifesta un eccitamento dopo il quarto o quinto colpo. La *Drosera* avverte le piccole pressioni per tempi brevissimi; non i moti bruschi e successivamente dati.

Gardiner studiando (1882) la struttura degli organi di movimento nelle piante, ha constatato l'esistenza di una comunicazione protoplasmatica tra le cellule del pulvino (cuscinetto di articolazione) dell'erba sensitiva. Hillhouse più di recente (1889) a riconferma delle osservazioni di Gardiner, ha constatato pur lui tale comunicazione tra le cellule della corteccia delle basi foliari, e del midollo nelle gemme foliari in molti alberi, fra i quali l'agrifoglio (*Ilex Aquifolium*), il Castagno Indiano (*Aesculus Ippocastanum*), il lauroceraso (*Prunus laurocerasus*), gli Aceri ecc. Il protoplasma, oltre ai fili del reticolo della parete, ne manda altri, i quali congiungono fra loro i protoplasmi delle cellule contigue. I fili forando alcune delle punteggiature della parete della cellula le traversano, e passano così da una cellula all'altra contigua. Onde la contrazione dei protoplasmi spiegherebbe anche quella degli organi di movimento nelle piante (Dalla Botanica del Comes).

Alcuni ritengono che tutti i movimenti eseguiti dalla pianta sieno l'effetto di azioni meccaniche e fisico-chimiche; altri invece vogliono attribuirli ad un vero senso e ad una esplicita intelligenza.

A noi pare che tanto gli uni, quanto gli altri, sieno in piena esagerazione. Esagerano i primi, perchè i fenomeni vitali non possono essere fenomeni affatto meccanici, fisico-chimici, per la ragione che essendo la pianta una concentrazione e una combinazione di energie meccaniche, fisiche e chimiche, non può dar luogo che a fenomeni molto più complessi di un semplice fatto meccanico, fisico-chimico. Laonde la pianta, considerata come un nuovo aggruppamento di molecole e una concentrazione di movimenti, presenta fenomeni che rivelano un nuovo evento, fornito di poteri superiori ad un semplice cristallo.

Esagerano gli altri, i quali vogliono attribuire alle piante un senso e un'esplicita intelligenza, perchè il senso e l'intelligenza sono fenomeni, che s'iniziano rudimentalmente nel vegetale, ma si svolgono e si esplicano nel protoplasma animale. Il grande principio e l'assoluta condizione d'ogni feno-

meno e di ogni ordine di fenomeni essendo la loro continuità nello spazio e la loro evoluzione effettiva nel tempo, ci persuadono e ci costringono alla logica necessità di considerare le cose come le abbiamo esposte e supposte noi.

Se osserviamo come si esplica il fenomeno biologico nel nudo plasma di un anterozoide, e nel plasson di una monera ci persuadiamo che tra questi due individui organici v'è molto meno intervallo che tra il fenomeno biologico di una monera e quello di un insetto. Onde dalla semplice ispezione degli atti stessi comparativi di una funzione si deve dedurre la medesimezza sostanziale della virtù che li compie, e noi dobbiamo affermare che nella pianta realmente si compiono fatti che simulano e manifestano esteriormente una facoltà psichica, come negli animali.

E che sia così ce lo prova anche la seguente esperienza, fatta dal signor C. Bernard nella scuola del Giardino delle piante di Parigi. Sotto tre campane diverse mise uu uccello, un topo, una sensitiva insieme ad una spugna inzuppata di cloroformio. Dei tre individui il primo ad essere colpito da anestesia fu l'uccello, poi il topo, e finalmente la pianta. Afferma il Thyndall che le sensazioni dell'animale figurano nel mondo vegetale per una specie di coscienza meno distinta.

Ma l'essenza della facoltà psichica, dice il Vignoli, consiste nel senso di sè e delle cose, e necessariamente nella volontà e nella intelligenza, cioè nella *spontaneità implicitamente cosciente dei propri atti coordinati ad un fine*.

Ora nella pianta, almeno esteriormente, è palese il senso, nella suscettività di ricevere intrinsecamente impressioni dal di fuori, e stimoli dal di dentro; è palese la volontà nel determinare i propri organi, spontaneamente, alle ricerca di elementi utili e a sfuggire i danni e a riprodursi; è palese l'intelligenza nel coordinare questi moti vari e molteplici al conseguimento di un fine organico necessario ( Vignoli ).

Nella pianta quindi si manifestano evidentemente fenomeni che la collegano e in parte la immedesimano per elementi anatomici e fisiologici agli animali; e fenomeni di spon-

taneità vitale che la collegano e l'assimilano alle funzioni psichiche dei medesimi, comechè nei due ordini di fenomeni, se ne distingua per modi ed abitudini molto diverse.

Nella pianta si agita dunque l'elemento costitutivo dell'energia psichica, quantunque quest'ultima sia « *implicita, incoscia e fatalmente esercitantesi nelle sue operazioni* ».

Del resto per qual cagione primordiale ed intrinseca questa energia biologica nasca, qual sia l'origine cosmica della facoltà psichica, a noi non è dato, per ora almeno, di precisare; in ogni modo ci basta l'affermare che nelle piante s'iniziano con forme rudimentali i fenomeni psichici, i quali, a grado a grado, per modi svariati e molteplici s'innalzano e si elevano a forme meravigliose negli animali superiori.

Dire quindi, come fanno alcuni scienziati e filosofi, che il regno vegetale non ha niente che vedere col regno animale e che tra l'uno e l'altro corre un abisso, mi pare un parlare senza fondamento logico, poichè l'abisso è un assurdo, una creazione della mente e non un fatto esistente nell'ordine naturale delle cose.

La pianta è parte del grande organismo biologico; e questa tesi fu dimostrata mezzo secolo fa dall'Huxley.

È egli lecito pensare altrimenti, dice il Siciliani, oggi, dopo gli studi accurati del Bronn, dopo le osservazioni del Darwin, dopo le esperienze del Bernard, dopo le ricerche del De-Saporta e del Marion?

Perchè dunque, aggiunge il medesimo autore, tagliar fuori dal mondo dell'animalità quello delle piante, e farlo indipendente, proprio come il Dio di Mosè, che crea la pianta nel terzo giorno e l'animale nel quinto, e fa anch'egli indipendenti l'uno dall'altro?

Riepilogando si osserva che i primi rappresentanti morfologici del vegetale sono i Plasmodiomyceti i Funghi, le Alge e i Licheni; i quali sono raggruppati nella categoria delle piante tallofite cellulari; cioè in quella categoria di piante dal corpo omogeneo, senza distinzione di asse e di appendici.

Dalle tallofite cellulari si fa passaggio alle tallofite vasco-

lari, alle crittogame ( muschi , felci ) e successivamente , per un'infinità di forme intermedie, alle Fanerogame cormofite.

## XXV.

### Dal nudo protoplasma all'annosa quercia

L'organicità vegetale ha suo principio, come vedemmo, da una massa sferica protoplasmatica ( saccaromices, anterozoi ), dapprima nuda e poi rivestita di una parete o membrana , che è un prodotto di elaborazione del protoplasma stesso. La cellula così costituita è quindi per certe individualità organiche una forma persistente e definita , per altre una forma transitoria o di passaggio. Infatti la cellula moltiplicandosi o per fissiparità o per endogenia o per segmentazione dà luogo ad un aggregato di cellule, le quali restando unite costituiscono un individuo organico superiore alla semplice cellula; un aggruppamento di elementi viventi, una colonia di cellule, anatomicamente e fisiologicamente costituenti un'unità organica integrale.

Siamo alle crittogame tallofite cellulari. In queste individualità domina l'omogeneo e l'indifferenziato, rispetto alla serie numerosa delle forme organiche superiori; non alcuna differenziazione morfologica, non alcuna specificazione di tessuti; e il lavoro biologico è ancora un fatto inesplicato. Il sistema vegetativo è un tallo; di cui l'accrescimento è *anfigeno*, cioè periferico.

Il differenziamento, e perciò la maggiore elevatezza organica, è determinato dalla formazione dei tre tessuti iniziali Dermatogene, Periblema, Pleroma, derivanti dalla proliferazione di un gruppo di cellule, costituenti il *meristema primitivo*. Avvenuto il differenziamento, dall'omogeneo si fa passaggio all'eterogeneo, dal semplice al complesso, dal tallo al corno per una varietà immensa di forme intermedie. E con la differenziazione ed eterogeneità organico-anatomica, si genera pure la differenziazione ed eterogeneità funzionale. Onde

nei vegetali superiori ha luogo la contemporaneità delle funzioni, per modo che, mentre alcuni organi elaborano, altri adoperano il materiale elaborato, mentre alcuni provvedono alla nutrizione, altri presiedono alla riproduzione.

Negli individui superiori il lavoro funzionale è repartito nello spazio (del corpo); e negli inferiori nel tempo; poichè in questi ultimi la contemporaneità funzionale manca, essendo disbrigate le diverse funzioni dallo stesso semplicissimo corpo, una dopo l'altra.

La specificazione è dunque un carattere di elevatezza organica dell'individuo vegetale. I primi tessuti, che già si possono distinguere nel meristema del punto vegetativo sono, secondo Hanstein, il dermatogene, il periblema ed il pleroma.

Il dermatogene costituisce lo strato superficiale, formato di un sol piano di cellule; il periblema, sottostante al dermatogene, si compone di uno o più strati di cellule; ed il pleroma, i di cui elementi tendono ad allungarsi in direzione longitudinale, e forma la parte più interna. Queste tre specie di tessuti meristemati producono poi i tessuti permanenti primitivi del fusto. Così dal dermatogene proviene l'epidermide; dal periblema, la scorza primitiva ed il floema (parte liberiana del fusto); e dal pleroma, il xilema dei fasci fibrovascolari. In altri termini i vari tessuti permanenti, derivati dal meristema primitivo, in un individuo vegetale superiore sono i seguenti: *parenchima*, *collenchima*, *sclerenchima*, *prosenchima*, *solenchima*, *merenchima*. Però tutti questi tessuti si possono raggruppare sotto tre sistemi, i quali sono: il tegumentare, il fascicolare ed il fondamentale.

Il primo costituisce la parte superiore degli organi, e trovasi in contatto dell'aria, della terra e dell'acqua in cui l'organo è immerso. Il secondo, comprende quei tessuti, costituiti di elementi più o meno allungati, come filamenti e cordicelle. In ogni fascio fibrovascolare si riscontrano due parti distinte cioè il floema ed il xilema. La prima, detta anche porzione liberiana del fascio-vascolare, è caratterizzata dalla presenza di vasi cribrosi e di cellule parenchimatice. La se-

conda si distingue per la presenza di vasi legnosi, i quali, talvolta sono costituiti dalle tracheidi.

Il procambium trasformando i propri elementi in tessuti, dà origine al protofloema e al protoxilema; da cui provengono in seguito il floema ed il xilema, dei quali il primo cresce centripetamente, il secondo centrifugamente; e tra mezzo ad essi esiste una lamina di cambium (zona generatrice) che ne limita l'estensione.

Il sistema fondamentale riempie gli spazi esistenti tra l'epidermide ed i fasci fibro-vascolari, tanto nel fusto, quanto nelle foglie. La parte principale di questo sistema è formata da parenchima, ma non mancano esempi, in cui si riscontrano pure cellule sclerenchimatiche, collenchimatiche e fibre.

Di tessuti sono costituiti gli apparecchi, cioè quelle parti del corpo della pianta, che compiono funzioni speciali e differenti. Nelle piante superiori si possono distinguere differenti apparecchi, cioè l'apparecchio tegumentare, il meccanico, l'assorbente, il conduttore, il pneumatico, il riservatore, il secretore.

L'apparecchio tegumentare ha per ufficio di proteggere le parti interne del corpo vegetale dall'influenza degli agenti esteriori, e di moderare pure alcune funzioni degli apparecchi interni. È costituito dall'epidermide e dal periderma.

L'apparecchio meccanico dà solidità e resistenza agli organi; è costituito dei tessuti a cellule sclerenchimatiche, prosenchimatiche, collenchimatiche.

L'apparecchio assorbente ha per ufficio di assorbire il nutrimento liquido dal terreno (epiblema con i peli radicali).

L'apparecchio conduttore serve per il trasporto dell'acqua con i materiali in essa disciolti. È costituito dai vasi graticciati, i quali trasportano i materiali elaborati; e dai vasi legnosi e dalle tracheidi, che sono il veicolo dei materiali grezzi, assorbiti dal suolo.

L'apparecchio pneumatico comprende tutti quei tessuti che sono forniti di meati intercellulari e di lacune (tegumentare, fondamentale, fibro-vascolare).

L'apparecchio assimilatore è principalmente costituito dalla parte periferica del tessuto fondamentale, da quella cioè, fornita di cloroplastidi.

L'apparecchio riservatore è quello, in cui si accumulano i materiali di riserva.

L'apparecchio secretore è quello incaricato della produzione di speciali secrezioni; spesso è costituito dal tessuto fondamentale e talora pure dal fibro-vascolare.

Questa specificazione di tessuti è propria delle piante superiori, in cui le foglie, il fusto e le radici formano il sistema vegetativo delle medesime.

Tutte le fanerogame sono piante cormoidi, e nel regno vegetale rappresentano l'eterogeneo, il differenziato, il complesso. Ma non cessando di essere esse un aggregato di unità organiche, intese a disimpegnare con armonia di mezzi, le funzioni fisiologiche e biologiche dell'unità coloniale, dobbiamo riconoscere nella quercia, come in ogni altra angiosperma, ginosperma, antosperma, un'individualità polimerica, una colonia d'individui morfologici e biologici, stretti in rapporti intimi tra di loro pel lavoro funzionale della vita. Però, sia che il vegetale appartenga alla categoria dei Plasmodiomyceti, dei Bacteri, dei Saccaromiceti; o a quella dei Funghi, delle Alghe e delle Felci; oppure alla categoria delle Palme, dei Ranuncoli e delle Quercie, tutti questi individui hanno origine da una cellula, o più propriamente, dal protoplasma, in cui hanno sede tutti gli essenziali fenomeni della funzionalità organica.

Il protoplasma, in qualsiasi organismo, deve assorbire le radiazioni termiche e luminose, sottrarre all'ambiente i materiali per la elaborazione dei principi immediati; deve infine eliminare dalla sua massa i prodotti della disintegrazione o disassimilazione organica.

L'assimilazione dell'anidride carbonica dall'atmosfera è il fatto fondamentale dell'elaborazione dei principi immediati; ed essa è dovuta esclusivamente alla materia verde (clo-

rofila) delle piante. Tale materia calorante è un'emanazione del protoplasma stesso.

Le piante a clorofilla compiono la sintesi organica delle materie inorganiche; e quelle prive di clorofilla (funghi, cuscute, orobanche) non avendo tale proprietà, debbono nutrirsi direttamente di sostanze semi-organiche.

Dobbiamo dunque ritenere che nel *mondo* delle piante non v'è interruzione nello svolgimento della organicità e che dalla forma più infima alla sua elevata vi sono un'immensità di forme intermedie, che a guisa di anelli, le collegano le une alle altre, in forma di catena continua.

Questa è legge fondamentale nell'economia generale della natura; dal semplice al complesso, dall'indifferenziato al differenziato, dall'omogeneo all'eterogeneo.

### XXXI.

#### **Il vegetale è un'individualità cosmico-biologica**

La pianta è un corpo vivente, un organismo costituito di parti differenziate per determinate funzioni e perciò dissimili fra di loro, a seconda degli atti che debbono compiere. Però può anche essere un organismo semplicissimo, rappresentato da una massa protoplasmatica nuda o rivestita. È facile comprendere come ogni corpo vivente deve compiere funzioni, le quali saranno più o meno complesse, a seconda del posto che esso occupa nell'ordine dell'evoluzione biologica.

Movendo dal nudo protoplasma fino alla più perfetta forma di vegetale, i fenomeni funzionali si riducono in tutti a tre grandi categorie, cioè a fenomeni di nutrizione a fenomeni di riproduzione e a fenomeni della reazione esterna, o di relazione.

Nel primo gruppo di fenomeni s'implica la conservazione dell'individuo; nel secondo gruppo quella della specie; nel terzo la relazione che hanno i vegetali col mondo esteriore.

Il fenomeno della conservazione è un fenomeno di statica

fisiologica; quello della riproduzione e della reazione sono fenomeni di dinamica fisiologica; in altri termini, il primo gruppo di fenomeni rappresenta la fisiologia della tensione; gli altri due gruppi, rappresentano la fisiologia della forza viva; in cui si comprendono strettamente i fenomeni biologici.

**Fenomeni della nutrizione.** — In tutti i corpi viventi, dai più infimi ai più elevati, la nutrizione consiste essenzialmente in uno scambio materiale operato tra l'individuo organico e il mezzo ambiente (aria, acqua, suolo). Vi sarà accrescimento di massa e di volume, oppure stazionarietà, o deperimento organico, secondochè la quantità di materia tolta dal mondo esterno sarà maggiore, eguale, o minore di quella che deve essere sostituita nel corpo organico. In altri termini si ha *aumento od accrescimento*, allorchè il processo dell'integrazione organica supera quello della disintegrazione; *stazionarietà*, o semplice conservazione, allorchè l'integrazione (assimilazione) è pari alla disintegrazione (dissassimilazione); *deperimento*, allorchè l'integrazione è minore della disintegrazione. Avviene infine la morte, tanto in un organo, quanto in un organismo, allorchè l'edificio molecolare rovina e le molecole si degradano, scindendosi in altre di composizione più semplice e simili a quelle originarie.

Quale è il nutrimento delle piante e donde esse lo traggono. — Per bene intendere quali sono le sostanze di cui le piante si giovano per la loro nutrizione, dobbiamo vedere prima qual è il materiale organico, che forma la composizione della pianta.

Il protoplasma contiene, oltre all'acqua e alle sostanze minerali, e albuminoidi, materie zuccherine e grasse; la parete contiene la cellulosa e i suoi derivati, l'acqua e le sostanze minerali. Il contenuto delle diverse cellule presenta i prodotti diversi dell'attività delle cellule stesse, tra i quali sono da notarsi l'aleurona, gli alcaloidi, gli albuminoidi, che sono sostanze azotate, l'amido, l'inulina, la lichenina, le materie zuccherine, i glucosidi, le manne, le sostanze grasse, gli acidi organici e gli olii essenziali.

Tutte queste sostanze che costituiscono l'intero organismo, si possono classificare in tre categorie, cioè in materie azotate, idrocarbonate e carburi d'idrogeno. Queste sostanze vengono elaborate dalla pianta stessa, mediante gli elementi dell'acqua, dell'anidride carbonica, dell'azoto nitrico e ammoniacale, e delle materie minerali.

In ultima analisi i materiali, di cui risultano costituite le piante sono i seguenti: carbonio, idrogeno, ossigeno, azoto, zolfo, fosforo, cloro, silicio, potassio, sodio, calcio, magnesio, ferro. Altri si trovano più raramente a far parte del vegetale come i seguenti: manganese, arsenico, allumina, rame, piombo, litio, stronzio, nichelio. Tra tutti questi elementi nutritivi quelli che prevalgono per quantità sono il carbonio, l'idrogeno, l'ossigeno, e l'azoto. Infatti il carbonio non manca mai nell'organismo vegetale, e forma circa la metà del peso di un organo disseccato a 110.<sup>o</sup> L'idrogeno pure non manca mai, però atteso la tenuità del suo peso atomico, non forma che pochi centesimi della materia disseccata a 110.<sup>o</sup> L'ossigeno prevale, dopo il carbonio, e si trova sempre in proporzione minore di quello che occorre per bruciare il carbonio e l'idrogeno. L'azoto si trova nella proporzione da 1 a 3 centesimi. Gli altri elementi figurano in proporzioni assai minori.

Gli elementi la pianta li assorbe, parte dall'aria, e parte dal terreno. Però i principii tolti dal terreno debbono trovarsi in uno stato di solubilità; e allorquando manca questa condizione di solubilità, i principii minerali vengono resi diffusibili per l'azione dissolvente, che spiega su di essi l'anidride carbonica contenuta nel terreno, e per le azioni chimiche, che si esercitano tra i diversi componenti del terreno, oppure sono disciolti direttamente dal succo acido, contenuto nelle cellule superficiali e nei peli della membrana assorbente o *pilifera* delle radici. Però i protoplasmii nudi (Plasmidi dei Mixomiceti) possono pure avviluppare particelle solide organiche per nutrirsene, rilasciando poi il residuo non utilizzato. In ogni modo le sostanze disciolte nel terreno possono per l'intermezzo dell'acqua penetrare nelle cellule della membrana as-

sorbente delle radici e da esse emigrare in tutti i sensi e in tutte le parti dell'organismo, ove sono organi da nutrire, per virtù di alcune forze, come l'imbibizione, la diffusione la diosmosi ecc.

**Formazione della materia organica nelle piante.**— È questo il fenomeno più importante nella storia della vita di una pianta; anzi è il punto di partenza di ogni vita, sia vegetale, sia animale. Le condizioni necessarie perchè si produca questa mirabile trasformazione della materia inorganica in materia organica, sembrano essere per certo la presenza della luce, quella della clorofilla (materia colorante in verde gli organi della pianta) e quella del protoplasma vivente o bioplasma.

Come abbiamo già notato, la costituzione chimica della compage della pianta risulta di tre specie o categorie di materia; alla prima appartengono le sostanze azotate (quaternarie, albuminoidi, proteiche? dinamogeniche) cioè i gruppi delle albumine, delle fibrine, ecc., alla seconda, le sostanze non azotate (ternarie, idrocarbonate, termogeniche) cioè i gruppi degli amidi, degli zuccheri ecc., alla terza categoria, gl'idrocarburi e gli oli essenziali.

**Sintesi delle materie idrocarbonate.**— Ecco come si ritiene più probabile la formazione delle sostanze amiloidi o ternarie.

L'anidride carbonica ( $C O_2$ ) penetra nelle cellule elaboranti delle parti verdi della pianta, e può, insieme all'aria, introdursi negli organi clorofillati per mezzo degli stomi e circolare negli interstizi cellulari e diffondersi a traverso le pareti delle cellule. Onde la scomposizione dell'anidride carbonica ha luogo nelle cellule clorofillate, e cromofillate.

Gli elementi della decomposizione dell'anidride carbonica atmosferica, con quelli risultanti dalla decomposizione della acqua danno origine alla formazione delle sostanze ternarie. Le sostanze prodottesi si depositano poi negli *autoplastidi* delle cellule, sotto forma di amido, quando prendono la forma immobile o di riserva.

Secondo il Mayer 6 molecole di anidride carbonica, unen-

dosi a 5 molecole di acqua darebbero luogo alla formazione di una molecola di amido.



Nei passati anni si riteneva che l'amido fosse il primo prodotto dell'assimilazione del carbonio; le moderne ricerche l'hanno posto in dubbio.

Secondo Reinke (1881) il primo prodotto della sintesi organica sarebbe l'aldeide formica, secondo la formola seguente



cioè una molecola di anidride carbonica e una di acqua darebbero origine ad una molecola di aldeide formica e a due atomi di ossigeno.

Da ultimo, secondo il risultato delle ricerche del Mayer (1885-86) e di Schimper (1885) gl'idrati di carbonio che si possono formare ed accumulare nelle foglie allo stato transitorio sarebbero anzitutto i seguenti glucosio, mannite, zucchero di canna e amido. Dipenderebbe interamente dalle condizioni fisiche e chimiche della cellula a clorofilla la formazione dell'uno o dell'altro corpo, mediante l'acido carbonico.

Ma che avviene di quelle piante che mancano di clorofilla, come i funghi, le cuscute e le orobanche? Non potendo ricavare la loro forza dal sole, nè fabbricare perciò materia organica, mediante l'inorganica debbono alimentarsi di materia organica, non però allo stato di amido, di destrina, o di protoplasma, ma in una condizione di sfacimento. E pare infatti che i funghi possano assimilare l'azoto del nitrato potassico e delle combinazioni ammoniacali, purchè si rendano loro accessibili carbonio, idrogeno e ossigeno, assimilati sottoforma di un acido organico o di un idrato di carbonio.

Il Cohn ha dimostrato che i fermenti hanno la facoltà di produrre una quantità indefinita di sostanze albuminoidi, purchè nella soluzione, oltre le sostanze minerali necessarie, esistano

un sale ammoniacale, alcune sostanze organiche e acido acetico.

**Sintesi delle materie albuminoidi.** — Rispetto alla formazione delle ammidi due ipotesi si possono fare, o che essi si formino per la combinazione dell'azoto dei composti assorbiti dall'esterno, con le sostanze organiche ternarie, già formate nell'organismo vegetale; o che si formino per riduzione di albuminoidi preesistenti.

Secondo Schultze (1883) pare che esse versino in una vicenda continua di formazione e di trasformazione.

I principi sostanziali, in ogni modo, con i quali sono elaborate queste sostanze sono: l'anidride carbonica, l'acqua, l'ammoniaca e l'azoto nitrico.

Il principale centro di formazione dell'albumina è la foglia verde, donde il materiale prodotto si diffonde in tutto l'organismo; la radice ed il fusto sarebbero centri di formazione secondaria.

**Influenza dei diversi raggi luminosi sull'azione assimilatrice.** — Si è accennato che la clorofilla (1) è indispensabile nelle cellule elaboranti, cioè in quelle che debbono compiere la sintesi organica e produrre i principi immediati, necessari alla nutrizione e all'accrescimento degli organi della pianta. Queste sostanze sono formate a spese dei materiali che la pianta assorbe dall'ambiente, e in particolar modo dall'aria, dall'acqua e dai composti contenenti azoto. Ora tale energia assimilatrice è maggiore sotto l'influenza di quel raggio dello spettro solare che viene maggiormente assorbito e trattenuto dal pigmento delle cellule elaboranti. In altre parole i raggi dello spettro, i quali sono maggiormente assorbiti dal pigmento di una data cellula sono i più favorevoli alla produzione dei principi immediati elaborantisi in quella cellula.

---

(1) Si trova nelle cellule in forma di granuli, colorita da un pigmento verde; il quale è un composto chimico costituito di carbonio, idrogeno, ossigeno, azoto, fosforo e ferro. Da alcuni si ritiene che il ferro sia solamente necessario per la sua presenza.

L'energia raggiante viene così ad essere trasformata in calore ed in azione chimica, e in energia fisiologica. Secondo i recenti studi di Engelmann il massimo assoluto dell'azione assimilatrice per le cellule verdi è dato dal raggio rosso (raggio di minima rifrangibilità); e il minimo dal raggio verde. Un secondo massimo di elaborazione per le cellule verdi corrisponde nell'azzurro (di grande rifrangibilità) perchè quivi la clorofilla presenta un'altra striscia di assorbimento.

Secondo l'opinione di Gautier il pigmento clorofillico è destinato ad assorbire ed estinguere principalmente il raggio rosso e l'aranciato dello spettro solare; e così l'energia luminosa trasformata in calore ed in azione chimica è utilizzata dal protoplasma dei granuli clorofillici per produrre le riduzioni proprie degli organi verdi delle piante.

**L'energia trasformata dalle piante.** — Si è detto che le condizioni essenziali per la formazione della materia organica sono la presenza di bioplasma, quella della luce e della clorofilla.

Il raggio luminoso che cade sulle foglie verdi, viventi, determina un lavoro di decomposizione; l'anidride carbonica e l'acqua vengono decomposte per dar luogo alla formazione delle sostanze idrocarbonate; oltre a queste si decompone pure l'ammoniaca e l'azoto nitrico per dare origine alle materie ammidiche.

In tutti questi fenomeni l'energia raggiante si trasforma in energia chimica (affinità) nascente, la quale a sua volta si trasforma in energia fisiologica.

La quantità di energia raggiante che cade nella foglia è proporzionale alla materia organica formatasi; e quindi alla energia fisiologica risultante.

Per spiegare anche meglio il fenomeno delle trasformazioni il Balfour-Stewart fa vedere, come il calore del sole che cade sopra una superficie d'acqua determina la formazione del vapor acqueo, che andrà poi a formare le nubi; così la energia raggiante cadendo sopra le foglie verdi, determina

l'elevazione della materia inorganica al grado di materia organica.

Nel primo caso si ha la trasformazione dell'energia termica in lavoro meccanico; nel secondo la trasformazione dell'energia raggiante in energia chimica e successivamente in energia fisiologica.

**Le piante verdi crescono anche di notte.**— Mancando di notte la presenza della luce, com'è che le piante possono crescere? È una domanda molto naturale a farsi da ognuno questa. Di più, perchè di notte esse esalano con maggiore intensità, che non fanno di giorno, l'anidride carbonica?

Ordinariamente si suppone che di notte cessi la decomposizione dell'anidride carbonica e l'esalazione di ossigeno per la mancanza appunto della luce solare; e che una certa quantità di anidride carbonica venga esalata per legge fisica dal succhio ascendente. Però con ciò non si spiega come la pianta possa crescere. In ogni modo è facile intendere che l'accrescimento deve dipendere, certo, dalla decomposizione e combustione della materia organica; poichè mancando la luce solare la pianta non può attingere altrove la forza necessaria per la fabbricazione dei tessuti. A tale proposito due sono le ipotesi che si possono fare. In primo luogo sembra che moltissime piante, e specialmente quelle che crescono in terre ricche di humus, prendano una parte del loro alimento in forma semi-organica, ossia di humus solubile. La combustione di una parte di esso nelle diverse parti della pianta, per azione dell'ossigeno, pure assorbito dalle radici, formando anidride carbonica, crea, fuor di dubbio, una quantità di forza, così di notte, come di giorno, indipendentemente dalla luce solare.

La forza così prodotta, mediante la combustione di una parte della materia organica, può essere adoprata per inalzare il resto allo stato di amido, di destrina ecc. oppure a fabbricare tessuti.

Durante il giorno l'anidride carbonica in tal modo accu-

mulata nella notte, sarebbe decomposta dal raggio solare; donde una nuova aggiunta di una certa quantità di forza.

L'altra ipotesi consiste in ciò che di giorno la pianta accumulerebbe una quantità di materia organica maggiore di quella che impiega nella costruzione dei tessuti, e che una certa quantità si consumerebbe di nuovo, formando anidride carbonica e acqua, allo scopo di continuare anche di notte il processo di costruzione.

Insomma di giorno la pianta accumulerebbe tanta forza solare bastevole a continuare il lavoro anche di notte. In tal caso la forza con cui si forma la materia organica dipenderebbe dal sole; quella invece con cui si costruiscono i tessuti deriverebbe dalla combustione della materia organica previamente formata.

**Fenomeni della riproduzione.** — Lo scopo delle funzioni di riproduzione è quello della conservazione della specie. Le differenti forme di riproduzione si possono classificare in due gruppi, in *asessuale* e *sessuale*.

La prima consiste sempre in un processo di divisione della pianta. Così da un individuo unicellulare, per divisione della cellula primitiva in due e più cellule, provengono nuove cellule che riproducono la pianta.

Nei vegetali composti di più cellule è una cellula od un gruppo di cellule individualizzate che si separano per riprodurre la nuova pianta.

Nelle tallofite inferiori la riproduzione asessuale si effettua o per divisione della pianta in parti eguali, o per gemmazione o per germinazione. Le cellule destinate alla riproduzione si chiamano *spore*.

In varie tallofite (Oedogonium, Vaucheria ecc.) queste spore hanno la proprietà di muoversi per mezzo di ciglia vibratili e chiamate perciò *zoospore*. Nei Funghi (Agaricidæ) le spore che si formano per gemmazione all'apice di cellule dette *basidi*, si dicono *stilospore*. Nelle sferidee le spore si formano in numero di 8 in certe cellule bislunghe, chiamate *aschi*, e perciò le spore si dicono *ascospore*. Nelle Puccinee

le spore si dicono *teleutospore* e negli *Oidium*, *conidi*. Nei Licheni gli organi di riproduzione asessuale sono rappresentati dai *soredii*; cioè da quei corpuscoli, costituiti da alcuni gonidii avviluppati da ifi, che si producono sulla superficie del tallo.

La forma più rudimentale di riproduzione sessuale nelle Crittogame tallofite è la coniugazione fra due masse protoplasmatiche, in seguito alla quale si produce una nuova pianta (Mucoracee). In tal caso le cellule che si coniugano si dicono *gameti*, ed il loro prodotto *zigote*.

Ecco come avviene questo fenomeno, nei funghi. Due rametti micelici, se si trovano l'uno di fronte all'altro, crescono fino a mettersi a contatto, e connettersi per la loro estremità. Dopo di chè per un riassorbimento del setto interposto tra le due cellule dei due rametti micelici avviene la fusione delle due masse protoplasmatiche (Phycomices, Mucoracee).

Nelle Pandorinacee, Idrodictie ecc. la coniugazione può pure aver luogo fra le zoospore. Nei Funghi e nelle Alghe riscontrasi sovente una riproduzione sessuale, con organi sessuali differenziati; cioè organi maschili (Anteridii) e organi femminili (Oogoni). L'oogonio non è che una cellula differenziata, il cui protoplasma contraendosi si trasforma in una o più cellule (uova, oosfere). Gli Anteridii sono pure cellule, ma più piccole. Nel loro interno si generano e si organizzano dei corpicciuoli claviformi, o bastoncelliformi, detti *anterozoi*, forniti di ciglia vibratili. Allorchè giunge il momento della fecondazione, o sono le *oosfere*, che escono dall'oogonio per unirsi con gli anterozoi, i quali le fecondano (*Fucus*), oppure sono gli anterozoi, che escono dagli anteridi, per emigrare, col mezzo delle loro ciglia vibratili, e nuotando nelle gocce d'acqua, che si trovano alla superficie della fronda, verso l'oogonio, ove perforandone la parete, possono in tal modo giungere nell'interno per fecondare le oosfere (*Volvox*).

In taluni altri Funghi invece di anteridi, come organi

maschili, vi sono i *pollinodi*; detti così per la loro somiglianza al tubo pollinico delle Fanerogame.

Nelle Crittogame cormofite gli organi della riproduzione sessuale consistono in archegoni ed anteridi.

I primi (organi femminili) sono corpi o forma di fiaschetto, con una specie di collo, e una parte rigonfia, costituita da una parete di uno strato o due di cellule, le quali poi si continuano con altre cellule disposte in serie, le quali formano la parte esterna del collo. Nella parte rigonfia del fiaschetto v'è una cellula più grossa delle altre, chiamata oosfera.

Gli anteridi (organi maschili) sono corpi pluricellulari, che contengono gli anterozoi; i quali, giunto il tempo della fecondazione, escono dagli anteridi, nuotano nelle gocce di acqua, che si trovano alla superficie della fronda, e per mezzo delle loro ciglia vibratili, emigrano verso il collo dell'archegonio, ove penetrano per recarsi nella parte ventrale a fecondare l'oosfera. Non sempre però le generazioni, che provengono l'una dall'altra, si rassomigliano; spesso si ha l'alternanza di generazioni differenti, tanto nelle piante, quanto negli animali.

Le generazioni alternanti furono scoperte da Chamisso (1819) nelle Salpe (Tunicati); e successivamente studiate da Steenstrup nel Regno animale; e riconosciute poi nel Regno vegetale dall' Hofmeister.

Abbiamo esempi di generazione alternante (metagenesi) nelle Alghe, nei Funghi e nelle Crittogame vascolari (Protallogame) nelle quali si ha la regolare alternanza di due generazioni, una asessuata, che produce le spore, e l'altra sessuata (protallo) che porta archegoni ed anteridi.

Nelle Fanerogame cormofite le parti che funzionano da organi di riproduzione sono l'*oosfera* e il *granello pollinico*. L'oosfera si forma in un organo, chiamato ovulo, e da altri gemmule; entro il quale si effettua la fecondazione, producendosi così l'embrione. Il granello pollinico si organizza entro certi organi speciali, chiamati *antère*, le quali sono portate da

gli stami. Gli ovoli o gemmule, stanno rinchiusi nell'ovario o gemmulario; il quale insieme allo stilo e allo stimma, costituisce il pistillo. L'insieme dei pistilli costituisce il *gineceo*; l'insieme degli stami, l'*androceo*.

Dall'ovario fecondato e maturato deriva il frutto; dagli ovoli, o gemmule, fecondati e maturati derivano i semi.

È opportuno notare, come dice Comes, che la massa risultante dalla fusione di due protoplasmi non è eguale alla somma di esse, ma minore, la qual cosa induce a credere che tra le due masse ha luogo una compenetrazione tanto intima da rassomigliarsi ad una vera combinazione non chimica, ma biologica dei loro materiali, donde poi la ereditarietà dei caratteri. L'energia funzionale delle due masse si concentra in una sola, nella massa germe, la cui potenzialità è la risultante delle energie delle due masse che si sono compenstrate. Cosicché il corpo cellulare generato, essendo più complesso di ciascuno dei due, che l'hanno prodotto, è capace di manifestare nuove proprietà e nuove attitudini, che indarno si cercherebbero nelle masse protoplasmatiche originarie. Infatti la massa germe dell'oosfera acquista la proprietà di cingersi subito di una parete protettrice, indipendente da quella della cellula madre. La nuova cellula poi, essendo vestita, diviene atta a proliferare per dar luogo ad un altro individuo simile a quello che l'ha prodotto. E siccome nella massa germe vengono a combinarsi le energie delle due masse protoplasmatiche sessuali che si fondono, ne segue che nel nuovo individuo risultante saranno con molta probabilità prevalenti i caratteri di quello tra i due genitori, la cui energia era maggiore nell'atto fecondativo.

## XXVII.

### **Col protoplasma s'inizia pure l'organicità animale**

Nel protoplasma hannò lor sede i fenomeni vegetali e animali. Il protoplasma è quindi il substrato materiale della

vita, poichè è il corpo veramente vivente, tanto della cellula vegetale, quanto di quella animale. Anatomicamente, morfologicamente e fisiologicamente il protoplasma animale è perfettamente eguale a quello vegetale; in entrambi consiste di una sostanza molle, pastosa, omogenea o granulosa, rifrangente la luce, capace di contrazione allorchè è impressionato dagli agenti esteriori.

La cellula animale diversifica solamente da quella vegetale nella costituzione chimica della parete che riveste il protoplasma, poichè tutti gli altri attributi morfologici sono eguali nell'una e nell'altra.

Nella cellula vegetale la parete è di natura cellulosica, cioè è un composto di carbonio, idrogeno e ossigeno in determinate proporzioni; nella cellula animale invece la parete appartiene al gruppo delle materie azotate; è costituita cioè di carbonio, idrogeno, ossigeno e azoto in determinate proporzioni.

La parete cellulosica negli esseri viventi unicellulari, già sviluppati, si presenta come un corpo rigido, cioè inetto a subire dei mutamenti nella forma; il che non avviene nei corrispondenti individui animali, nei quali la parete di natura protoplasmatica, si modella costantemente al protoplasma nella grande mutabilità di forma che questo presenta. Tal fatto in apparenza semplicissimo ha per noi un alto valore biologico, poichè, in gran parte, la serie dei fenomeni, che caratterizzano il protoplasma animale, dipende dalla proprietà della parete protoplasmatica. Infatti è cosa ben diversa, per il protoplasma, essere rivestito di una parete che si piega, che si adatta, che si modifica all'unisono con esso, che facilmente reagisce agli stimoli esteriori; di un'altra che non risponde che lentamente, e con grande difficoltà alle impressioni del mondo esteriore. Nel primo caso il protoplasma avrà tutte le attitudini per accumulare nuove abitudini, utili e nuove modificazioni, nella trama organica; onde tutta la possibilità e il potere di nuove manifestazioni biologiche, sempre più complesse. Nel secondo caso i fenomeni biologici ap-

pena iniziati non progrediranno gran fatto per la incapacità della parete cellulosica, per la sua rigidità, a reagire ai moti esteriori, corrispondentemente al moto protoplasmatico, onde l'impossibilità di accumulare nella tela organica le favorevoli disposizioni che fanno progredire ed avanzare l'organicità nello svolgimento della vita.

Così io mi spiego come negli anterozoi e nelle zoospore i movimenti sono molto più decisi e notevoli che nelle altre individualità vegetali differenziate. Nei primi il protoplasma manca della parete cellulosica, la quale comparisce in seguito nei successivi individui organici, come nuovo attributo morfologico.

Da alcuni volevasi trovare un carattere differenziale, tra i vegetali e gli animali, nella presenza della clorofilla nei primi; ma mentre questo non è un fatto costante per tutti i vegetali, essendovene di quelli che non ne hanno affatto (Funghi, Cuscute, Orobanche); vi sono d'altra parte animali che la contengono, come l'*Euglena viridis*, l'idra verde, e una varietà dello stentor *Polymorphus*. Però, secondo il Brandt, il colore o pigmento verde di questi organismi inferiori sarebbe da ascriversi a delle alghe monocellulari e verdi in essi incorporate.

Anche la cellulosa non è un prodotto esclusivo del vegetale, trovandosene pure in alcuni animali, come negli Insetti, Tunicati.

Si è pure voluto trovare una differenza tra il protoplasma vegetale e quello animale nell'atto che il primo può elaborare da sé il materiale nutritivo a spese di sostanze minerali, laddove il protoplasma animale si nutre di materiale organico, cioè già elaborato in altri corpi viventi. Questo non è un fatto generale, poichè, come abbiamo veduto, vi sono pure piante sprovviste di clorofilla, che si nutrono di materiali organici; e tutte le piante carnivore ne sono una prova evidente.

Laonde dobbiamo ritenere che tra il protoplasma vegetale e quello animale differenze sostanziali non ve ne sono, sia dal lato anatomico, sia dal lato morfologico e fisiologico.

Infatti adoperando forti ingrandimenti si trova che tanto il protoplasma vegetale quanto quello animale consta di una massa fondamentale (plastina) in apparenza omogenea, in realtà dotata di una particolare struttura. Essa presenta delle strie intrecciate sì da formare uno strettissimo reticolo fibrillare. Entro le strette maglie del reticolo scorre la sostanza plastica granulosa. Ora mentre il reticolo è la sede della iritabilità e della contrattilità del protoplasma, la sostanza granulosa è la sede del lavoro chimico, che elabora e trasforma i prodotti cellulari.

I fenomeni della nutrizione e della riproduzione sono in entrambi i protoplasmi perfettamente eguali. Tanto nell'uno, quanto nell'altro protoplasma, la nutrizione consiste in uno scambio materiale di elementi tra l'interno del medesimo e il mondo esteriore. In ambedue l'accrescimento si fa per intessuscezione, o interposizione di nuove molecole a quelle preesistenti.

Il fenomeno però che si svolge con notevoli proporzioni nel plasma animale, prima in forme vaghe e confuse, e poi con modi e complicazioni sempre più elevate, è il fenomeno dell'*estocinesi*; cioè il fenomeno del movimento e della sensibilità. Tale fenomeno però dobbiamo considerarlo come un prodotto, una derivazione di quello, che con forme rudimentali si agita nell'elemento costitutivo del vegetale. La differenza tra pianta e animale è una differenza di grado, piuttostochè di natura; tanto è vero che in molti casi non sappiamo neppur noi, se abbiamo a che fare con vegetali o con animali. Infatti il gruppo immenso di esseri viventi, che costituiscono il Regno dei Protisti, sono individui che non sappiamo se sono più animali che vegetali.

## XXVIII.

### I primi rappresentanti morfologici dell'organicità animale

Nell'organicità vegetale vedemmo che i primi rappresentanti morfologici sono individui, nei quali non sono per anco

apparso le differenziazioni morfologiche; e li vedemmo costituiti o di una cellula o di un unico tessuto cellulare; il quale, compie indistintamente le funzioni della vita, tali sono le Crittogame tallofite.

Ora anche nell'animalità esistono gruppi di esseri viventi, i quali per molti rispetti possono essere considerati pari alle Crittogame tallofite, e che si potrebbero chiamare per tale rassomiglianza individui Tallozoi. Essi sono organismi senz'organi differenziati, cioè esseri viventi costituiti di una massa protoplasmatica amorfa, senza membrana e senza distinzione di nucleo. Le monere di Haeckel sarebbero appunto comprese nella categoria dei Tallozoi.

Questi infimi esseri, che hanno la loro abitazione nel fondo delle acque del mare, sono particelle o grumi di materia organica, che manifestano le attività essenziali della vita al pari di tutti gli altri organismi. Ma queste funzioni non sono repartite tra organi distinti; la divisione del lavoro fisiologico è ancora lontana dal fare la sua comparsa.

Ogni particella della materia in simili individui manifesta le attività funzionali in egual misura.

Dice Edoardo Perrier: Se l'inviluppo della cellula è di natura albuminoide l'organismo che l'ha prodotto si accosta al regno animale; se per contrario è della natura della cellulosa l'organismo tende ad avvicinarsi al regno vegetale.

Non è quindi a meravigliarsi, se ai primi albori della organicità troviamo esseri viventi, che decisamente non sappiamo, se sieno piante oppure animali.

Alla categoria di questi esseri dubbi appartengono gl'infusorii flagelliferi; i quali contribuiscono talvolta a colorire in rosso o la neve o la pioggia; fenomeno che nel passato agitava e atterriva il popolo superstizioso e ignorante. S'incontrano pure simili organicità nelle sostanze amilacee e nel pane; e fu appunto, perchè talvolta apparvero delle macchiette rosse nelle ostie, che si pensò di attribuire questo fenomeno alla collera divina.

A questa categoria di organismi microscopici appartiene

anche la *Magosphaera planula*, scoperta da Haeckel nel mare del Nord. Essa è fornita di ciglia vibratili col sussidio delle quali nuota e trasporta il suo corpo da un luogo all'altro. A questo gruppo di esseri appartengono la *Noctiluca miliaria*, e il *Peridinium*; ai quali è dovuta in gran parte la fosforescenza del mare.

Ancora un po' più in là e troveremo le spugne (Poriferi) le quali stanno attaccate al suolo marino, ove si nutrono, come tutti gli altri animali. Esse rappresentano una società d'infusori flagelliformi e ameboidei (polizoici), i quali perdono la loro individualità, e fondonsi in una massa unica e comune, con più osculi, con più cavità interne comunicanti fra loro.

Dal protoplasma dunque si originano le monere, dalle quali si passa agli ameboidei; da questi ai Planeadi, e successivamente alle Gastridi. Tutte queste individualità organiche che per ragioni morfologiche si potrebbero paragonare alle Tallofite vegetali, costituiscono il Tipo dei *Protozoi*.

Le spugne però oggi sono collocate nel sottoregno dei Metazoi nel Tipo dei Poriferi.

In simili animali non v'è ancora traccia di sessualità distinta. Moltiplicazione per scissione o per formazione di germi flagellati o ameboidi, di rado (*Protomixa*) preceduta da incapsulamento. Al contatto di un ago contraggono i loro filamenti, o pseudopodi; sono sensibili alla mutazione dell'acqua marina in cui sono tenuti; ma non tutti egualmente risentono le impressioni esteriori. Essi sono costituiti di un sarcode omogeneo, senza membrana d'invoglio (almeno durante la vita attiva) senza bocca, spesso con vacuole contrattili, per lo più uno scheletro calcareo o siliceo. Il plasma dei sarcodici presenta ordinariamente uno strato superficiale (exoplasma), più o meno differenziato da una massa interna (endoplasma).

I protozoi sono animali unicellulari ora con un sol nucleo; altra volta con più nuclei e pseudopodi, variamente disposti e nascenti dallo strato exoplasmico, contenenti qualche granulo di pigmento oleoso. Appariscono in certo modo sen-

sibili alla luce; e il movimento loro è strisciante e rotolante. Si nutrono d'infusori, che tengono racchiusi nei loro pseudopodi. Queste organicità dunque costituiscono l'omogeneo, l'indifferenziato, il semplice di tutto il Regno animale. Siccome potrebbesi pensare da alcuno, dopo quello che s'è detto, che dal cristallo rampolasse per una linea retta il vegetale, e da questo l'animale, così stimo opportuno di fare intendere che le cose non sono così concepite da noi, poichè per noi il cristallo, il vegetale, l'animale sono tre mondi distinti, tre individualità cosmiche sempre più differenziate, tre diramazioni con le radici immerse nel gran mare della materia cosmica.

## XXIX.

### Cenni biotassici

Il Cuvier, caposcuola della dottrina biologica, ortodossa, coordinando in unità di disegno i suoi tre noti principii 1.º correlazione delle forme; 2.º subordinazione dei caratteri; 3.º condizioni di esistenza, classificò gli animali in quattro grandi branche che sono: 1.º vartebtrati; 2.º molluschi; 3.º raggjati; 4.º zoofiti.

Il Baer fissò i massimi tipi d'evoluzione in quattro grandi gruppi 1.º tipo periferico; 2.º tipo longitudinale; 3.º massiccio; 4.º a doppia simmetria.

Il Burmeister divise gli animali in tipi, irregolari, regolari e simmetrici.

Il Milne Edward riprodusse i tipi cardinali del Cuvier e li chiamò coi nomi di « osteozoi, entomozoi, malacozoi, zoofiti ».

Il Lamarck spartì gli animali in « apatici, sensibili, intelligenti ». Egli fa svolgere l'animalità da due forme iniziali e aborigene; l'infusorio, da cui rampolla divergendo il polipo e il raggjato; e il verme, da cui l'insetto, l'aracnide, il crostaceo per un verso, e per un altro l'anellide, il cirripede, il mollusco, il vertebrato inferiore.

L' Huxley divise gl' invertebrati in metazoi invertebrati ( gastreadi , polistomati , archestomati , deuterostomati ) e in protozoi ( monere , endoplastici ). E i vertebrati in Ittiopsidi ( pesci , anfibi ); in Sauropsidi ( rettili , uccelli ); e in Teriopsidi o mammiferi ( Ornitodelfi , didelfi , monodelfi ).

L' Haeckel costruisce l' albero genetico della vita, il quale, al dire del Siciliani, « assomiglia alla quercia annosa de La Fontaine che partendo dal minimo ed elevandosi al massimo, si può dire che radicandosi in terra muova dal regno della morte e metta capo nei cieli ».

Il concetto tassonomico dell' Haeckel è fondato principalmente sulla differenziazione interiore e sulla genesi dell' embrione. I plastidi danno luogo all' organo, al corno, e al Cenobio ( Giard ), o ai diversi ordini di aggregati morfologici ( Spencer, Ray-Lankester ).

Il Maquin-Tandon, movendo dal fatto dello zoonitismo divide gli animali in tre sottoregni 1.º in zoonitati ( articolati, echinodermi ); 2.º in aggregati ( briozoi, polipi, spugne ); 3.º in animali isolati ( infusori, tunicati, molluschi, vertebrati ).

Il Milne Edward divise pur esso gli animali in tre sorta d' individui 1.º individualità degli zooniti; 2.º individualità dei tessuti; 3.º individualità degli organi.

Il Perrier ridusse tutte le diverse categorie delle individualità a quattro ordini d' aggregati morfologici « aggregati plastidi, aggregati meridi, aggregati zoidi, aggregati demi. Lo Spencer ordinò e classificò gli animali secondo un concetto simboleggiato graficamente in forma lineare divergente, svariata. Egli raffigura l' evoluzione degli organismi come fossero altrettante linee, altrettanti raggi uscenti da un sol punto, il comun focolaio della vita: l' omogeneo e l' indistinto, onde rampolla l' eterogeneo e il distinto.

Per l' Oken, ispirato all' idealismo oggettivo, l' animalità segna due massimi gradi: 1.º animali intestino e animali carne; 2.º animali corpo e animali testa.

Per l' Oken i primi tre cicli in cui si divide il primo grado sarebbero rappresentati dagli animali digestione ( in-

fusori, polipi, acalefi); dagli animali circolazione (acefali, gasteropodi, cefalopodi); dagli animali respirazione (vermi, crostacei, insetti). Gli altri due cicli, in cui si divide il secondo grado presentano i sistemi della vita animale (dei sensi elementari, e dei sensi perfezionati).

Altre costruzioni ideali sono state fatte dal Fitzinger, da Mac-Ley, dal Carus ecc., ma sono tutte costruzioni fatte ab-extra e non ab-intra, come afferma il Siciliani.

### XXX.

#### Dal Plasson al Pitecoide

Il Regno delle piante, come quello dell'animalità, s'inizia da un grumo di sostanza mucosa, amorfa, senza alcuna divisione apparente; da una materia sarcodica, dal Plasson. Esso è costituito di tante particelle (molecole del plasson) che da l'Haeckel sono state denominate *plastiduli*, nei quali l'analisi non sa scoprire altro che una speciale combinazione del carbonio con ossigeno, idrogeno e azoto.

Le unità primitive della materia vivente sono dunque unità chimiche; il che dimostra come una semplice sostanza chimica possa manifestare tutti i fenomeni della vita. Le Monere, il Bathybius, il Protobathybius, rampollano le attività essenziali della vita dalle molecole del plasson.

Una certa differenziazione si ha in quelle monere, le quali protendono una specie di pseudopodi coi quali colgono oggetti nutritivi. Da queste monere si fa passaggio ad altri protisti (Heliozoa di Haeckel), i quali hanno appena abbozzati due strati cellulari ben distinti (*Actinosphaerium*) cioè un *endoplasma* e un *esoplasma*.

Una differenziazione più spiccata fra i due strati cellulari la riscontriamo nella *Gastrea*, in cui si delineano due strati di cellule, uno esterno (epiblasto, ectoderma) e l'altro interno (ipoblasto, entoderma). La cavità della *Gastrea*, corrispondente alla cavità della *Gastrula*, è l'intestino primitivo.

Secondo l'Haeckel quest' ultima sarebbe il punto di partenza dei *Metazoi*; e tutte le differenziazioni dei tessuti proverrebbero per evoluzione da questi due strati primitivi.

Nella *Gastrula* il gruppo delle cellule esterne (ectoderma) assume le funzioni nutritive; e il gruppo delle cellule interne (entoderma) quelle di relazione. Colla *Gastrula* s' iniziano i *Metazoi* invertebrati; e i Poriferi, gl' Infusori, i Rizopodi sarebbero, secondo il Gegenbauer, le tre diramazioni del gruppo dei Protozoi.

In tutti gli esseri delle tre diramazioni, le funzioni della vita sono ridotte alla minima espressione; e contuttochè manchino di un apparato digerente e di organi per la riproduzione crescono, si nutrono, si propagano e si muovono. Il loro corpo è costituito di una sostanza omogenea estensibile e contrattile; e in essa, come se fossero tanti stomaci distinti, si trovano dei vacui, nei quali penetrano le particelle alimentari. Mancano di un vero integumento, e quando esso apparisce in alcuni, ha la forma di una membrana esilissima, omogenea, senza struttura, insomma una membrana parietale delle cellule elementari dei tessuti.

Il carattere che presentano questi esseri viventi è il movimento contrattile del loro semplicissimo tegumento. Alcuni protozoi sono forniti di ciglia vibratili (infusori); altri ne mancano affatto (rizopodi).

La comparsa dei pseudopodi si può già considerare come un primissimo carattere di elevatezza organica. Ve ne sono con una bocca distinta (infusori stomatodi); e privi affatto di bocca (infusori astomi). Laonde gli stomatodi (stentori, Vorticelle, Paramecie, Tricodi) sono meno imperfetti degli astomi (Opaline, Peridini, Euglene, Volvoci, Monadi ecc.), dei rizopodi monosomati (Amibe, Arcelle), dei rizopodi foraminiferi e dei rizopodi aggregati, politalamici (Geoponii, Vertebraline ecc.).

La riproduzione in tutti questi esseri viventi si fa per divisione di parti e per germi (scissiparità e germiparità). Nella produzione dei germi, o corpuscoli riproduttori, il corpo del-

l'animale, nel cui interno si generano, viene a morte, convertendosi in un morto inviluppo della sua discendenza.

Questi esseri sono tutti acquatici, ed in questo mezzo in cui vivono, essi si procurano il loro nutrimento, consistente in organismi più o meno sfatti e in vegetali microscopici. Tali esseri rendono talvolta torbida e colorata l'acqua del mare; e una pozzanghera o uno stagno, nei mesi estivi, ne può contenere miriadi di milioni.

A proposito di questi microscopici viventi, così si esprime il De-Filippi: « E quale non è l'importanza di questi animaletti nella economia generale della natura! La legge severa ed impreteribile colla quale si mantiene il regno degli animali e che porta il grande ad assorbire il piccolo, il potente a divorare il debole, ricade tutta sulle generazioni di questi microscopici animaletti. Dove il mare formicola d'infusori, abbonda pure di crostacei accorsi per divorarli, di pesci che mangiano i crostacei, di uccelli che mangiano i pesci. Se la mano dell'Onnipotente ritirasse dalla faccia della terra tutti i mammiferi, tutti gli uccelli, tutti i rettili, non sarebbero punto alterate le condizioni di esistenza delle serie inferiori di animali; ma se ritirasse invece i soli infusori dal grembo delle acque, tutti gli animali delle serie superiori dovrebbero necessariamente perire ».

Di questi esempi che dimostrano luminosamente la perfetta armonia tra tutte le esistenze cosmiche sono oltremodo ricchi i volumi del Darwin.

Una buona raccolta di trifoglio dipende dalla presenza dei gatti. A prima giunta non s'intende, come i gatti abbiano a che fare colla cultura del trifoglio. E di tutto è così, allorchè la mente sorvola solo alla superficie delle cose; ma se per poco penetra più addentro al fenomeno, con una minuta analisi, scopre tosto i legami, e le intime solidarietà tra tutti gli esseri naturali.

Infatti ognuno sa, che la fecondazione del trifoglio si fa con maggiore perfezione, allorchè abbondano i pecchioni, visitatori dei fiori. Ora è da sapere, che i pecchioni costitui-

scono un ghiotto boccone per i topi campagnoli, i quali alla lor volta sono un gradito pasto dei gatti. I quali divorando i topi permettono per conseguenza ai pecchioni di potere ronzare in gran numero intorno alle corolle melliflue dei fiori di trifoglio; e a questo di potere con maggiore regolarità compiere la sua riproduzione.

Secondo il Gegenbauer, delle tre ramificazioni, che si spiccano dal comun tronco dei protozoi, alcune sono stazionarie, infeconde, sterili per qualunque fuga di secoli, tal è il rizopode; altre feconde e progressive, come il porifero e l'infusorio; da cui emanano tipi sempre più ricchi e feraci.

Dai poriferi scaturiscono i Celenterati, i quali comprendono le Meduse, le Idre d'acqua dolce, i Polipi ecc. Nei celenterati compaiono, in grado più o meno avanzato, le differenziazioni morfologiche, e insieme a queste si svolgono le differenziazioni fisiologiche. Gli animali appartenenti a questo gruppo non hanno un tubo digestivo distinto; e per esso funziona la cavità generale del loro corpo. Il quale è fornito di appendici molli, con le quali può afferrare, uccidere e portare la preda nella cavità digestiva. La circolazione in questi animali è totalmente lacunare; non vi sono canali, nè organi distinti per mettere in moto il sangue; solamente alcune vescichette, che pulsando, ne determinano il movimento. Come non vi sono organi appositi per la circolazione, così non ve ne ha per la respirazione; la quale si compie dalle pareti della cavità interna.

La riproduzione si fa in vari modi, ora per scissione (polipi), ora per gemme (idre) ed ora per sessi. Però la generazione per sessi avviene soltanto in certe epoche dell'anno. Alcune specie sono ermafrodite (idre); altre unisessuali. Comunemente questi individui si riuniscono e costituiscono una colonia animale, (idrosoma). In tali individui, della classe degli Actinozoi, la massa comune che li tiene uniti, prende il nome di cenosarco, e stabilisce per mezzo di canali, comunicazione tra di essi, di guisa che le sostanze alibili ingerite da uno possono essere impiegate dagli altri. Allorchè poi avvengono

nel cenosarco delle calcificazioni si ha il cenenchima; altri invece vivono una vita libera e indipendente (idre).

Le aggregazioni di animali, o colonie, costituiscono un polipaio, in cui gl'individui sono fra di loro in un rapporto simile a quello dei fiori in un albero.

Nella pluralità dei casi ogni polipaio è composto d'individui maschi e d'individui femmine; talora le aggregazioni sono tutte d'individui d'un sesso medesimo (veretilli); tal'altra il polipaio porta individui sterili all'estremità dei rami, e organi riproduttori, affatto distinti, alle ascelle.

Il sistema nervoso in questi animali è molto oscuro ed incerto; essendo limitato a dei gangli e nervi ramificati; anzi nella maggior parte di essi, come nei protozoi, non v'è traccia di sistema nervoso. I celenterati raccolgono le impressioni del tatto con tutta la superficie del corpo, con i loro tentacoli e filamenti. In questi animali non v'è traccia di organi olfattori; quantunque non si possa negare in loro impressioni e sensazioni olfattive. Non vi sono organi gustativi, e tali esseri devono sentire i sapori per mezzo delle pareti della bocca e dell'esofago. Al margine dell'ombrello di alcune meduse alcuni naturalisti affermano esistere organi particolari, (corpi marginali) cioè i primi rudimenti della vista (macchie oculari) e dell'udito (otoliti).

Le meduse offrono forse il più bell'esempio di generazione alternante. Esse hanno la forma di ombrello, di campana o di fungo e sono fornite di filamenti od altre appendici, pendenti dal margine e dal centro.

La medusa depone le uova, dalle quali nascono degli animalletti piccolissimi e ovali, che furono presi per infusori; e sono invece larve di Acalefi, che dallo stato di gastrula e di planula passano a quello di Schyphistoma; il quale diventa poi polipo, che fissatosi a qualche corpo, assume una forma di calice (strobilo) col margine dentellato.

Il polipo per gemmazione dà origine ad altri animali, anch'essi imbutiformi, che rimangono aggregati, o si staccano per formare altrettanti individui isolati e indipendenti.

Finalmente ogni animale imbutiforme genera per gemme e per scissione altri individui, i quali come tanti imbuti, rimangono gli uni dentro agli altri. Dopo di che essi si staccano e formano tante meduse o fungiformi, o campaniformi, od ombrelliformi, capaci di produrre uova e di fecondarle.

Quali argomenti più preziosi, dice il Perrier, si potrebbero raccogliere in favore della mutabilità delle forme specifiche? I polipi idrari ci mostrano come un organismo semplice può rivestire le forme più svariate, ridiscendere la scala dell'organizzazione o risalirla; essi ci permettono financo ai giorni nostri di seguire passo a passo questa meravigliosa metamorfosi.

Secondo il concetto biotassico del Gegenbauer, fondato sulle leggi morfologiche ed embriologiche, dall'infusorio, mediante i platodi, si fa passaggio al gruppo dei vermi, sorgente e vivaio fecondissimo di altri quattro grandi tipi invertebrati, che sono i seguenti: 1.º Gli asteridi, i quali conducono agli Echinodermi, rappresentanti una forma organica stazionaria; 2.º Gli anellidi, da cui i Crostacei, e quindi gli Artropodi; che sono un tipo stazionario; 3.º I Molluschi, pur essi costituenti una forma sterile, definita; 4.º I Tunicati, da cui per una serie di forme intermedie, si fa passaggio al tipo dei vertebrati.

I vermi dal Maquin-Tandon sono classificati nel gruppo degli animali *zoonitati*; e dal Nilne-Edward in quello delle « *individualità degli zooniti* ».

Nei vermi *entozoi* non si rinviene nè catena gangliare nè organi esterni per il movimento. Sono animali per lo più interni di altri animali (almeno in un'epoca della vita). Il corpo è ora cilindrico (nematelminti), ora compresso (platelminti), ora vescicolare; sfornito di ciglia vibratili, ma fornito ordinariamente di ventose adesive.

Sono privi di sistema nervoso, o è poco sviluppato; non vi sono tracce nè di occhi, nè di organi uditivi. L'apparato intestinale varia molto; ora è libero in una cavità viscerale, *vermi cavitari* (ascaridi); ora è saldato col parenchima del

corpo. *vermi parenchimosi* (distomi); ora mancante (tenie, botriocefali). Non vi sono organi speciali per la nutrizione; la quale pare si faccia per assorbimento da tutta la superficie del corpo.

Il sistema vascolare, o manca, o è solo rappresentato da pochi vasi longitudinali, non pulsanti. Non vi sono organi per la respirazione; e in qualche animale si vedono piccoli ammassi di ciglia vibratili, entro vasi del parenchima.

La riproduzione si effettua per uova e per gemme. La prima è più comune. I sessi sono separati, nei vermi cavitari, o nematodi (ascaridi); e i vermi parenchimosi, o platodi, ad eccezione degli Echinorinchi, sono tutti unisessuali (distomi, tenie). In questo gruppo d'animali troviamo individui (tenia, distomi) che offrono importantissimi esempi di Metagenesi.

La tenia è un verme *nastriforme* che si trova nell'intestino dell'uomo. Si può considerare come la riunione di molti individui, dei quali il primo si chiama *scolice* (con ventose ed uncini), gli altri si dicono *proglottidi* (possiedono organi per la riproduzione); insieme formano lo *strobilo*.

Le proglottidi contengono uova, le quali introdotesi nell'interno del maiale danno origine a *cisticerchi*, i quali nell'intestino umano danno origine agli *Scolici*, da cui per gemmiparità derivano le proglottidi, fornite di ovari. Sicchè nel verme solitario abbiamo quattro stadii distinti: larva, che nasce dall'uovo; cisticerco, che si forma per trasformazione della larva; scolice, derivante dal cisticerco; proglottide, prodotta per gemmiparità dallo scolice.

La generazione alternante si trova pure in molte altre specie di tenie e di altri vermi nastriiformi, che vivono allo stato perfetto (con ovari) nell'uomo, nei gatti e in altri carnivori; e allo stato di cisticerco nei buoi, nei topi, e in altri erbivori ed onnivori.

I distomi sono vermi parenchimosi, colla forma di figlioline e con due ventose. In generale dall'uovo dei distomi esce una larva, la quale nel corpo di una chiocciola si tra-

sforma in una specie di vescica, detta ora *redia* (con tubo digerente), ora *sporocisti* (senza tubo digerente). La redia o lo sporocisti produce nel suo interno per germiparità altri individui, chiamati *cercarie*; le quali penetrando nell'interno o di un'altra chiocciola o di un insetto, perdono la loro coda e *s'incistidano*.

In tali condizioni divorate da un altro animale le cercarie incistidite si trasformano in distoma, cogli organi della riproduzione.

Nei vermi, come vedesi, la differenziazione morfologica e funzionale progredisce e spicca sempre più; ed infatti in essi per la prima volta s'incomincia a manifestare un rudimento di testa. Per la qualcosa, i vermi sono da considerarsi come associazioni e aggruppamenti sempre più complessi e composti. Il verme è formato di anelli eguali (zooniti, somiti), dei quali quello anteriore è incaricato di assorbire per primo il nutrimento che deve attraversare tutto il verme. Questo progresso nella conformazione organica del verme, pone l'animale zoonita in condizioni di esercitare con più sollecitudine i suoi mezzi di percezione. Onde le modificazioni anatomiche, fisiologiche, e possiamo pure aggiungere quelle psichiche, una volta avvenute, sorgono, si svolgono e crescono anche per spontaneo e conscio esercizio dell'animale; e stabilitesi quindi nella specie, si riproducono per incoscio lavoro organico nello sviluppo embriogenico.

Per i più oggi i vermi rappresenterebbero tante colonie animali; una juxtaposizione d'organismi elementari.

Gli Echinodermi sono una diramazione sterile dei vermi. Vi appartengono gli echinidi e gli asteridi (artrodermi), le oloturie, i sipuncoli ecc. (Elmintodermi). Gli echinodermi (*echinos*, riccio; *derma*, pelle) hanno la forma del corpo assai varia, come varia è la consistenza del tegumento. La bocca e l'apertura anale, ordinariamente distinte, trovansi ora ravvicinate sull'istesso lato del corpo, ora allontanate ed opposte. L'intestino forma varie inflessioni nell'ampia cavità viscerale. Esiste un sistema di vasi diramati principalmente da un grande

anello, che circonda l'esofago; in molti esiste anche un cuore allungato, canaliforme. Il sistema respiratorio ha per organi, vasi acquiferi; e nei Ricci e negli Spatanghi esistono organi paragonabili alle branchie.

Il sistema nervoso è distinto. La locomozione si effettua o per contrazione dello strato muscoloso cutaneo, o per pedicelli.

La riproduzione si fa per sessi o per gemme. I sessi sono separati, e la fecondazione è esterna. Nelle Asterie e nei Ricci di mare gli occhi consistono di macchie pigmentarie rosse, poste nella faccia inferiore dei raggi, immediatamente al disotto dei tentacoli terminali.

Le Stelle di mare per alcuni scienziati sarebbero originariamente dei polipi lineari, dei vermi saldati insieme, mediante la testa al centro della stella; sicché i bracci della stella sarebbero varie associazioni di organismi. Tale opinione però sembra smentita dalla forma delle larve.

Dai vermi si diramano pure gli Anellidi, i quali costituiscono una diramazione più feconda degli echinodermi, poiché dagli anellidi rampollano i Crostacei e gli Artropodi, i quali però ci offrono un tipo di stazionarietà.

Negli Artropodi sono compresi gl'Insetti, i Miriapopi, gli Aracnidi e i Crostacei. In tali esseri la differenziazione organico-morfologica si va sempre più accentuandosi. Lo zootismo si riscontra in tutti gli animali; e il sistema nervoso prende un maggiore sviluppo. Infatti troviamo che esso consta di due gangli riuniti in una massa sola (cervello) posta di traverso sopra l'esofago, e dalla quale partono due commissure che abbracciato questo canale si riuniscono al di sotto di esse in un altro ganglio, poscia congiunte ancora, e come confuse, costituiscono un cordone nervoso che discende lungo la linea mediana della parte ventrale, fino all'estremità posteriore del corpo. Da altri gangli posti in serie lungo questo cordone irradiano i nervi agli organi principali del corpo (De Filippi).

Il corpo negli Artropodi si può considerare distinto in

tre parti o segmenti: corpo, torace, addome. Il primo porta gli organi dei sensi, già comparsi, e della masticazione; il secondo gli arti per la locomozione; il terzo racchiude la quasi totalità degli organi digerenti e generatori. Il tegumento è di aspetto corneo, spesse volte duro, lapideo. Il tubo digestivo negli insetti, che corrisponde all'esofago, allo stomaco e all'intestino dei vertebrati, presenta allargamenti, restringimenti, curve, pieghe ecc. ed è accompagnato da tubi o canali lunghi e sottili, che si chiamano vasi del Malpighi. La respirazione si fa per trachee negli insetti, nei miriapodi e in una parte degli aracnidi; per polmoni nei ragni e negli scorpioni; per branchie nei crostacei. Il sangue è formato di un liquido omogeneo privo di globuli; non esiste un apposito sistema di vasi per il chilo. Gli organi della generazione sono sempre doppi e simmetrici.

Negli insetti gli organi dei sensi (udito e vista) vanno a localizzarsi nella parte anteriore del corpo e fanno le funzioni di vere sentinelle avvisatrici.

Dai vermi si staccano pure i Molluschi, i quali rappresentano una diramazione sterile, infeconda. I Cefalopodi, i Gasteropodi e gli Pteropodi sono i molluschi propriamente detti; i Brachiopodi e i Conchiferi sarebbero, secondo il Perrier, Gasteropodi degradati; nei quali la testa non avendo da compiere più alcuna funzione si sarebbe atrofizzata. Nei molluschi, tanto il sistema nervoso, quanto quello muscolare sono ancora rudimentali. Il sistema nervoso si riduce a pochi gangli, circondanti l'esofago; e il sistema vascolare non ha organi di sostegno. In tali animali si svolgono gli organi dei sensi. Il tatto ha già acquistato una certa delicatezza; il gusto è distinto dall'odorato. L'udito è limitato ad un apparecchio, contenente otoliti. L'occhio si svolge considerevolmente e possiede una retina, un cristallo, un'iride, una coroide e un umor vitreo.

Gli occhi sono portati dalla base dei tentacoli; spesso all'estremità dei medesimi. Hanno un cuore e un apparecchio circolatorio, sono sessuati e ovipari; alcuni ermafroditi (ga"

steropodi); altri a sessi separati e differenziati (cefalopodi, polpi, seppie).

Dai vermi si staccano finalmente i Tunicati, come diramazione la più feconda e progressiva; donde pare derivino i primi vertebrati. Secondo il Kovvaleski sarebbero le ascidie gli organismi intermedi tra gl'invertebrati e i vertebrati.

Il primo rappresentante dei vertebrati pare sia il venerabile *Amphyoqus*, come lo chiama Haeckel; il quale è un organismo senza cranio e senza cervello (acraniota).

L'anatomia di questo essere, che non è, nè una lumaca, nè un pesce, mostra in lui l'antenato più probabile dei vertebrati.

La forma di questo primo invertebrato è quella di una lancetta stretta ed appuntata alle due estremità. Non ha traccia di membra. Un tubo cilindrico forma l'asse del corpo, e in esso risiede il sistema nervoso. In questo animale la colonna vertebrale s'inizia con una corda dorsale.

Riepilogando si vede che la Gastrea sdoppiandosi fa luogo, mediante il protasco e il protelmi, non solo alle quattro classi d'animali chiamate anche oggi zoofiti, ma anche al tipo dei vermi, donde per mezzo degli Acelomi e dei Celomati (1) vengon fuori l'echinoderma, il gefiriano, l'artropode, il rotatore, l'anellide, il briozoo, il mollusco, il tunicato, il leptocordo e il craniota.

Dall'*Amphyoqus* si passa alla categoria dei Pesci ciclostomi, a cui appartiene la lampreda, dal corpo allungato, uniforme, sprovvisto di membra. Nessun indizio di scheletro osseo; ma si verifica però un principio di branchie e di cervello.

I pesci, gli anfibi, i rettili e gli uccelli sono gruppi d'animali sempre più elevati nell'ordine morfologico e funzionale. In quasi tutti il sistema nervoso è completo; costituito di un asse cerebro-spinale, del gran simpatico e dei fili ner-

---

(1) Nei *Celomati* la cavità del corpo (Celoma) è distinta dalla cavità gastrica.

vosi. Fra i muscoli e i nervi v' ha un legame meraviglioso ; oltre ai nervi sensori (afferenti, centripeti), che portano le eccitazioni dall'esterno, trovansi paralleli ad essi i motori (*effe-renti, centrifughi*) che riportano le eccitazioni ai muscoli, i quali perciò si contraggono sotto l'influenza dei primi. Gli organi dei sensi prendono un notevole sviluppo. Le funzioni di nutrizione e di riproduzione sono pur esse disimpegnate da organi distinti ; in essi la divisione del lavoro fisiologico assume un grado di elevatezza molto notevole.

Le tartarughe, le lucertole, i coccodrilli, le rane, i serpenti, le bisce d'acqua, gli uccelli sono ovipari. I mammiferi sono vivipari.

Fra gli ovipari e i vivipari, ossia tra gli uccelli e i mammiferi si trova come termine intermedio, l'ornitorinco, il quale per alcuni caratteri è un mammifero e per altri un uccello. Ha infatti un becco, una cloaca, e fa uova come gli uccelli. L'Ornitorinco perciò può considerarsi come il più antico antenato dei mammiferi.

L'Aeckel poi rintracciando l'origine dell'uomo, servendosi dell'analisi comparativa ontogenetica, asserisce che le forme e i gradi, onde per lente e successive metamorfosi, e attraverso lunghi secoli, *sboccia questo fiore privilegiato, che è l'uomo, nel giardino della vita, sono ventidue.*

Nel periodo pliocene l'animale uomo ha forma pitecoide ; nel periodo miocene è un antropoide ; nell'eocene un catarino con la coda ; e avanti non era altro che una scimmia, o proscimmia.

Laonde dal Plasson al Pitecoide vi si giunge per un *phy-lum* sempre continuo, il quale segna appunto la catena genealogica dell'uomo.

La diramazione eminentemente feconda e progressiva dei vertebrati s'inizia con la formazione d'un sistema nervoso completo, e uno scheletro osseo interno. Però lo scheletro non è che una manifestazione, una emanazione dell'altro carattere molto più importante del sistema nervoso.

La legge della centralizzazione delle masse gangliari ce-

rebrali segna una crescente elevatezza organica dai pesci ai mammiferi. Nei pesci l'encefalo è liscio e non occupa tutta la cavità del cranio. Il midollo spinale è molto più voluminoso dell'encefalo; e i nervi somigliano, più o meno, a quelli dell'uomo.

Negli anfibi e rettili il volume generale del midollo spinale supera quello del cervello e del cervelletto insieme; il cervello è liscio e i nervi sono simili a quelli degli uccelli. In questi gli emisferi cerebrali sono lisci e non coprono più il cervelletto; ai lati e al disotto si vedono sporgere i lobi ottici; le eminenze bigemelle si vedono ancora emergere distintamente.

Nei mammiferi gli emisferi cerebrali assumono un volume enorme colle loro complicate circonvoluzioni, nascondono intieramente i lobi ottici, e coprono eziandio gran parte del cervelletto.

Nei mammiferi compare pure il corpo calloso, il quale manca nei marsupiali e nei monotremi. I nervi sono in generale distinti, come nell'uomo, ma variano di numero quelli spinali col variare del numero delle vertebre.

Collo svolgimento progressivo del sistema nervoso, s'inizia e si esplica il sistema muscolare. Laonde il senso e il movimento sono sempre commisurati al grado di svolgimento del sistema neuro-muscolare.

Nei vertebrati gli organi digerenti sono contenuti in una cavità apposita (cavità addominale), involuppati e tenuti in posto da una membrana finissima, che è il Peritoneo. Il chilo, prodotto della digestione, circola in un sistema di vasi, detti chiliferi.

Il sistema circolatorio è perfettamente chiuso in tutti i vertebrati; però semplice e completo nei pesci; doppio, chiuso, incompleto nei rettili e anfibi; doppio, completo e chiuso negli uccelli e nei mammiferi.

La respirazione ora si fa per branchie (anfibi, nel primo stadio della vita, e pesci), ora per polmoni (anfibi, allo stato adulto, rettili, uccelli, mammiferi).

La riproduzione si fa per sessi separati e distinti, tran-

ne in alcuni pesci del genere *Serranus*, i quali sono ermafroditi.

In questo avanzamento progressivo della organicità le differenziazioni anatomiche, morfologiche, fisiologiche e psichiche vanno sempre più accentuandosi per modi, per atti e per forme diversissime; e in tutte queste modificazioni incessanti, in questa indefinita possibilità di perfezionamento organico e funzionale dobbiamo riconoscere l'origine delle varietà degli individui, e delle specie. Ma alla fisiologica legge della varietà e del progresso s'intreccia e s'immedesima pur quella della facoltà psichica in tutti gli animali.

### XXXI.

#### **L'animale è un'individualità cosmica-psico-biologica**

L'organismo animale è incapace di fabbricare materia organica, ed ha perciò bisogno di un mezzo fisiologico che la fabbrichi, traendo dal mondo minerale la materia prima.

La pianta in questo caso è una vera macchina fisiologica, destinata ad apparecchiare la sostanza organica agli animali. La pianta converte le energie di movimento in energie potenziali; gli animali trasformano l'energia potenziale in energia cinetica, la quale può manifestarsi sotto la forma di calorico di lavoro meccanico, di elettricità, di pensiero. Tali forze sono pur quelle che si trovano ovunque, e si trasformano incessantemente l'una nell'altra.

Il Mayer provò che ciascun organismo è paragonabile ad una macchina, dove il lavoro prodotto, ossia l'energia resa attuale, è proporzionata al consumo interno, cioè all'energia potenziale accumulata nei tessuti. Le forze vive del corpo animale si attuano mercè di un processo di ossidazione dipendente da uno scambio materiale, cui risponde lo scambio nei modi dell'energia; l'attività dell'organismo si può esprimere in calorie ed in chilogrammetri; ma ciò che è speso

da una parte è necessario sia introdotto dall'altra sotto forma di alimento assimilabile, cioè di *forza di tenzione*.

L'organismo è un edificio molecolare complesso, un aggregato cioè di punti fisici o centri d'energia, un polimero cellulare.

Equiparando sempre più il fenomeno vitale agli altri, la Biologia, dice l'Armstrong, finirà coll'assumere il nome di « Energetica animale e vegetale. »

Nell'animale i fenomeni della nutrizione e della riproduzione sono affatto simili a quelli delle piante, poiche tanto negli uni, quanto nelle altre il materiale nutritivo vien preso dal mezzo ambiente, al quale gli animali ritornano i prodotti della ossidazione, i quali consistono in anidride carbonica, vapore acquoso ed urea.

Il regno animale attinge tutta la sua energia dal regno vegetale. Si è calcolato che 32 persone producono annualmente con la respirazione tanta anidride carbonica quanta ne ha di bisogno un ettaro di avena o di foresta; e nel pari tempo che lo stesso numero di persone utilizza per la respirazione in un anno tanto ossigeno, quanto ne viene messo in libertà da un ettaro di foresta o di avena durante il loro periodo vegetativo. Insomma l'organismo del vegetale è una meravigliosa macchina fissa che accumula, condensando materia combustibile per metterla poi a disposizione degli animali, in cui essa bruciando, determina il movimento.

Gli organi logorati dall'azione comburente dell'ossigeno, perchè possano conservare la loro integrità organica e fisiologica hanno bisogno di ricostituirsi e di reintegrarsi con un materiale riparatore che vien loro fornito dallo stesso ambiente. L'ossigeno assorbito, condensandosi negli organi sviluppa calore, il quale negli animali della categoria dei mammiferi e uccelli assume un'elevazione costante presso a poco di 37° a 40°.- Nei rettili, anfibi e pesci, detti impropriamente a sangue freddo, il grado di calore è molto meno elevato dei mammiferi ed uccelli, sorpassando di pochi gradi quello del mezzo ambiente, ove essi vivono.

Gli animali, in maggior grado delle piante, vanno soggetti a un incessante deperimento dei loro diversi tessuti, e questo deperimento è proporzionale all'attività delle funzioni vitali.

Ora questo incessante deperimento richiede un'incessante riparazione, epperò il corpo degli animali fu paragonato ad un edificio sulle diverse parti del quale agiscono due forze contrarie, l'una intenta a demolire, e l'altra a riparare.

Un animale fisiologicamente si può considerare come, una macchina nella quale si bruciano le sostanze amiloidi e albuminoidi; e nello stesso modo che in una macchina a vapore, ove il legno e il carbone sono abbruciati per produrre energia cinetica, nella macchina animale le sostanze amiloidi e albuminoidi in parte si decompongono per produrre l'attività animale, e in parte servono a fare le debite riparazioni ai tessuti.

La pianta dunque ricava la propria forza dal sole, quindi ciò che la pianta guadagna è perduto dal sole. Gli animali la ricevono dalle piante, quindi ciò che guadagna il regno animale è perduto dal vegetale. Nell'universo, quindi, preso come un tutto l'evoluzione deve farsi a spese di qualche altra cosa.

In quanto alla riproduzione anch'essa si compie negli stessi modi delle piante. Negli animali infatti, come nelle più infime piante, esiste una riproduzione asessuale, la quale si fa o per fissiparità (infusori); o per gemme (vermi, raggianti, protozoi); o per germi (infusori). Questi modi di riproduzione corrispondono perfettamente alla riproduzione per spore agamiche delle piante crittogamiche. In tali modi di riproduzione non si richiede il concorso di due cellule riproduttrici di diversa natura, e per questo la riproduzione dicesi *monogenica*; per converso dicesi *digenica*, la riproduzione fatta per organi sessuali distinti. In questo ultimo caso delle due cellule differenziate, una rappresenta il sesso maschile e l'altra il sesso femminile.

Gli animali secondochè nascono da uova o da prole viva

si dicono ovipari o vivipari. Vi sono pure dei casi nei quali l'animale nasce da uova e da prole viva nello stesso tempo (vipera, mosca carnaria, turbellari); allora esso si dice ovo-viviparo.

La riproduzione sessuale si compie per mezzo di due apparecchi organici distinti che caratterizzano l'uno il sesso maschile, l'altro il sesso femminile. Il primo consiste essenzialmente di una glandula destinata a secernere un umore speciale (nematodi, spermatozoi), paragonabile nel suo ufficio alla fovilla dei fiori.

Il secondo è formato essenzialmente di una ghiandola (ovario), la quale è destinata a produrre delle cellule speciali (uova). L'ovario corrisponde al gemmulario (ovario) dei fiori; e le uova alle gemmule (ovoli). Nell'atto della fecondazione l'umore maschile venendo a contatto colle cellule uova, le feconda; e il risultato della fecondazione è un individuo, generalmente, simile al progenitore. Questi due apparecchi nella generalità esistono separatamente in individui diversi (dioicità delle piante); ma vi sono pure animali, in cui gli apparati della riproduzione digenica sono su di un medesimo individuo, *ermafroditismo* (monoicità della piante). Questo fenomeno si è soltanto constatato negli animali inferiori, come in alcuni vermi e molluschi (lumache, ostriche); e tra i vertebrati in pochissime specie di pesci.

Se i fenomeni della nutrizione e della riproduzione sostanzialmente non diversificano da quelli che si verificano nelle piante; non è così dei fenomeni della reazione, i quali, iniziati sotto forme rudimentali nel protoplasma vegetale, sorgono e si svolgono con maggiore intensità nel protoplasma animale; dipendentemente dalla proprietà fondamentale del protoplasma d'irritarsi e di contrarsi sotto l'impero delle azioni esterne.

Nel vegetale questa proprietà di reagire alle impressioni esterne la vedemmo diminuire grado a grado che dalle più infime si passava alle più elevate; e infatti nelle zoospore e negli anterozoi tale proprietà si mostra e si manifesta con modi più intensi e notevoli. In altro luogo facemmo notare

che questo fatto può forse trovare la sua spiegazione nella natura speciale della membrana parietale dei vegetali; la quale essendo un prodotto cellulosico, si mostra piuttosto rigida e perciò inetta a piegarsi ai movimenti del nudo protoplasma. Negli animali questa parete è di natura albuminoide; quindi talmente flessibile che può prendere ed assumere quella pieghevolezza richiesta dalle reazioni del protoplasma.

In ogni modo, tanto nel protoplasma vegetale, quanto nel protoplasma animale, la proprietà fondamentale, onde si iniziano e si svolgono i fenomeni della *Psiche*, è la stessa in entrambi, la proprietà cioè di reagire agli impulsi che vengono dal mondo esteriore; conformemente alle leggi meccaniche dell'*inerzia* e della indipendente coesistenza degli effetti delle forze.

L'irritabilità dunque del protoplasma costituisce la forma più elementare della sensibilità e del sentimento. Dipendono da questa impressionabilità del protoplasma alle azioni esteriori la differenziazione e la specificazione dei tessuti. Dalla composizione delle forze, operata nella trama organica, nasce una resultante sempre più elevata che inalza l'organismo ad un maggior grado di complicazioni. Per la differenzialità organica l'eterogeneo rampolla dall'omogeneo, il complesso dal semplice, il distinto dall'indistinto.

Che la irritabilità sia una prima forma di sensibilità lo ha dimostrato il Bernard colle sue esperienze degli anestetici ed eccitanti, applicati al protoplasma e ad ogni altra sorta di tessuti animali.

Ma per meglio persuadercene osserviamo i modi funzionali manifestati da un'idra o da un polipo negli atti più essenziali della vita.

Le idre hanno una forma allungata con la estremità appuntata e fornita di una specie di ventosa, che permette all'animale di stare saldo sui legni, sulle piante e altri corpi sommersi. Il corpo è provvisto di piccole braccia o tentacoli, i quali però consistono della stessa materia di tutto il resto del corpo; sono parti indifferenziate.

L'Idrosoma (riunione de' singoli polipi) è costituito d'un solo polipite, fisso o libero a volontà. L'idrosoma diventa coloniale allorquando l'idra, e i generi compresi nel gruppo degli Eleuteroblasti, si riproducono per gemme.

Il nutrimento che il polipo assorbe entra ed esce da una stessa apertura. Per cangiare di posto, l'animale, così scrive il Sergi, curva il suo corpo a guisa d'arco, applica la bocca contro l'oggetto sul quale s'appoggia, distacca il suo piede lo riavvicina verso la bocca, lo posa di bel nuovo un po' più lontano e così di seguito. Talvolta si sposta facendo dei capitomboli consecutivi. Le idre si muovono assai facilmente alle impressioni della luce, forse per cercare la loro preda.

Analizzando il fenomeno biologico dell'idra noi scorgiamo prima di tutto una reazione agli impulsi esteriori; che determina una coordinazione di movimenti, adatti al fine, cui l'animale si propone.

Che devesi da ciò inferire? che nell'idra devesi riconoscere un'attività psichica. E di qual natura essa è? Dipende da cause extra-organiche?

Nell'idra l'attività psichica si confonde intieramente con l'attività funzionale della nutrizione, della riproduzione e dell'accrescimento; onde volendo attribuire la prima funzione ad un qualche cosa di estraorganico, saremmo pure costretti a farlo anche per le altre specie di funzioni. Ma nessuno dubita che la nutrizione, la riproduzione e l'accrescimento non sieno fenomeni organici, e funzioni della vita; onde bisogna ritenere anche il fenomeno psichico come una funzione della vita; qualunque altra ipotesi toglierebbe valore e nesso alla grande legge dell'evoluzione cosmica.

L'energia psichica, all'alba della vita, si trova diffusa in tutte le molecole del protoplasma. Colla vita fisica si svolge contemporaneamente anche la vita psichica. La quale, mentre si svolge, si esplica, si attua e s'inalza a potenza maggiore, radicalmente il fenomeno psichico resta sempre il medesimo.

La vita psichica si evolve col differenziamento dei tessuti, come si evolve tutta l'attività funzionale. Nei protisti

d'ogni specie, rizopodi, radiolari, i quali sono solamente costituiti di un sarcode uniforme, e nei quali non esistono nè bocca, nè esofago, nè stomaco colle sue glandole e relativi tubi chilliferi, nè vene, nè arterie, il fenomeno del movimento e del senso (cenestesi) esiste tutto compreso nella vita fisiologica.

In questo primo albore della vita tutta la massa del corpo compie gli atti e le manifestazioni della vita; le quali appaiono sotto forma incosciente.

Il fenomeno della coscienza è un prodotto successivo dipendente e determinato dalla differenziazione dei tessuti e dall'apparizione degli elementi nervosi centrali e periferici.

Il fenomeno della coscienza diviene più chiaro e determinato allorchè gli elementi nervosi, grado a grado, si fanno più numerosi e più complessi; si uniscono in masse cerebrali, in gangli fra di loro connessi, costituendo una massa cerebrale e una massa spinale coi numerosi apparecchi esteriori e periferici.

La Psiche si svolge dunque fin dalla prima apparizione della vita animale sotto la forma di funzione protettiva, congiuntamente alla nutrizione e alla riproduzione. Le manifestazioni psichiche quindi che non sono un qualche cosa di diverso delle funzioni della vita, rientrano nel gruppo delle funzioni organiche; e se da taluni si credettero dipendere da una causa estraorganica, fu perchè tali fenomeni non si considerarono da essi al lume di uno studio analitico-comparativo, e si limitarono le osservazioni ad organismi più elevati nella scala degli esseri viventi.

## XXXII.

### **Di qual natura è l'attività psichica nel mondo dell'animalità elementare.**

Nel descrivere la vita del polipo vedemmo compiersi in questo elementare individuo fenomeni che denotano un vero

senso e una vera moralità. Ora ciò che accade nel polipo, avviene pure in tutti gli altri esseri viventi che, com'esso, sono sprovvisti di tessuti speciali e distinti, di sistema nervoso, e di sistema muscolare. Le Amebe che emettono i loro pseudopodi, che cambiano di forma continuamente pel modo di comportarsi nello estendere i loro prolungamenti e nel ritirarli, hanno, senza dubbio, una sensibilità di contatto, che manifestano con movimenti determinati.

Nell'atto della loro nutrizione esse chiudono entro due prolungamenti la preda per divorarla. Il contatto del corpo nutritivo deve, certamente, produrre un'eccitazione nell'Ameba, la quale perciò muove determinatamente i suoi pseudopodi per stringere la preda, che vien tosto divorata. Ad un'eccitazione succede tosto un movimento, movimento che risponde ai bisogni sentiti dell'animale. Tali fenomeni si verificano pure nella *Hyalosphenia papilio*, nella *Hyalosphenia tinctoria* e in tutti gli altri esseri viventi; nei quali i fenomeni di senso e di movimento sono evidenti e manifesti.

Ora domandiamo noi, che specie di senso è questo? che specie di movimenti sono questi? Debbonsi ritenere queste azioni, come volontarie, oppure debbonsi classificare per azioni riflesse?

È una questione molto ardua, questa, che pone in serio imbarazzo chi deve giudicare. Infatti se l'essenza della facoltà psichica consiste nel senso di sè e delle cose; cioè *nella spontaneità implicitamente cosciente dei proprii atti coordinati ad un fine*, dovremmo ritenere il polipo, l'ameba ecc. esseri sensibili, forniti di volontà e d'intelligenza. D'altra parte però, siccome siamo pur consapevoli del fatto che là solamente, ove comparisce un centro gangliare nervoso, si svolge il fenomeno estocinetico, come fatto cosciente, così siamo ridotti a dover negare ai metazoi invertebrati, nei quali non esiste un ganglio centrale nervoso, e nè tampoco apparati periferici che lo mettano in comunicazione col mondo esteriore, la coscienza delle loro azioni; la quale si manifesta solamente ove esiste un centro nervoso di coordinazione.

In tali gruppi d'animali il mezzo ambiente agisce eccitandone la massa protoplasmatica, la quale reagisce tosto con una scarica nervosa sensitiva, determinando movimonti utili all'economia del vivente. Dobbiamo quindi considerarle come azioni riflesse quelle del polipo e dell'ameba; le quali azioni, in ultima analisi, sono quelle stesse che presiedono alla conservazione e alla riproduzione dell'animale.

Ma in questi fenomeni di azioni e reazioni dirette, immediate, hanno lor radice quelli più complessi dell'organicità superiore. Infatti le azioni riflesse persistono pure in animali superiori, e nell'uomo stesso; prova evidentissima che le complicazioni del fenomeno psichico sono un derivato del semplicissimo fenomeno psichico dell'animalità inferiore.

Tutto ciò è conforme alla gran legge di *continuità di sviluppo*, onde le più infime costruzioni anatomiche, morfologiche e biologiche si fissano nella natura organica del vivente appalesandosi poi, insieme alle più elevate manifestazioni della vita.

Eppure qual distanza fra l'azione psichica di un polipo, e quella di un insetto; quantunque metazoi invertebrati ambedue. Sono sorprendenti le simulazioni degli insetti, dice il Mantegazza nel secolo Tartufo, esse sono svariatissime da spingere l'ipocrisia fino ad incarnarla nel proprio corpo e a farne una cosa sola con esso. Essi imitano la sabbia, la terra, le foglie, o si imitano fra di loro in modo da difendersi dai propri nemici, ingannandoli. Queste simulazioni singolari furono studiate in questi ultimi anni da molti naturalisti e specialmente dal Bates, dal Wallace e dal Darwin; e si abbracciano sotto il nome di *mimismo*.

**Come si estrinseca e si manifesta la legge psichica  
nel metazoo vertebrato**

Prima di fare asserzioni ed emettere giudizi sul valore degli atti compiuti da un metazoo vertebrato, analizzamone i fenomeni per interpretarne la vera essenza. Supponiamo una radunata di pulcini in un cortile. Se per poco noi tentiamo di aprire la finestra che risponde in quel sito, essi corrono via chi per una parte, chi per l'altra. Com'è che essi hanno percepito il rumore dell'aprirsi della finestra? Per mezzo dei loro organi uditivi. Il rumore ha impressionato l'organo dell'udito, e l'impressione passando a traverso dell'organo ha fatto vibrare la cassa timpanica, gli ossicini, gli otoliti, le fibrille del Corti e per mezzo del nervo acustico l'impressione si è comunicata al ganglio nervoso, ove si è trasformata prima in sensazione e poi in percezione; dopo di che è ritornata come forma di movimento a traverso di alcuni fili nervosi che eccitando il muscolo lo fanno contrarre, e conseguentemente fanno muovere le ossa, a cui sono applicati i muscoli stessi. Per tal modo i pulcini hanno potuto mettere in moto le gambe e le ali.

Ma il pulcino non sempre, né per ogni sorta di rumori che oda, fugge: l'azione del fuggire nel pulcino è determinata da una causa di pericolo, da uno spavento. E che sia così lo prova il fatto, che allontanatisi per poco i pulcini, e accortisi che chi aveva aperto la finestra non era un nemico, ma un loro benefattore che a piene mani versava del nutrimento nel cortile, festosi e giulivi se ne ritornano a beccare tranquillamente i chicchi di grano piovuti dall'alto a loro insaputa.

Che cosa indicano questi movimenti, queste azioni del pulcino? Esso prima è fuggito, poi è ritornato: dunque le impressioni trasmesse al cervello si sono convertite in perce-

izioni; donde il successivo movimento volontario del fuggire e del ritornare.

Similmente quando un gatto, facendo la caccia ai passeri in aperta campagna, rasenta i solchi ed approfitta del minimo cespo di erba per avanzare senza essere veduto, egli conosce ciò che fa in simili circostanze il cacciatore, che tutto curvo sdrucchiola da macchia a macchia. Anche i giovani cani, i giovani gatti che lottano brontolando e mordendosi, senza ferirsi sanno benissimo ch'essi scherzano e che non sono niente affatto in collera.

« Mi si permetta di citare, dice il Quatrefages, il ricordo de' miei assalti contro un alano di razza forte che aveva tutta la sua statura, ma era rimasto *giovannissimo di carattere*. Noi eravamo buonissimi amici e giuocavamo spesso insieme. Tosto che io assumeva a suo riguardo l'attitudine della difesa, esso si precipitava su di me con tutti i segni del furore, e colpiva in piena gola il braccio, di cui io mi facevo scudo. Egli avrebbe potuto intaccarlo profondamente dal primo colpo; ma egli mi ha serrato in maniera poco dolorosa. Io l'ho preso molte volte a piena mano per la mascella inferiore; giammai egli ha stretto i denti in modo da mordermi. E nullameno, l'istante dopo, questi stessi denti intaccarono il pezzo di legno che io tentava di strappargli. »

« Evidentemente questo animale sapeva ciò ch'egli faceva quando *simulava la passione*, precisamente *opposta* a quella ch'egli provava in realtà; quando, anche nel trasporto del giuoco egli restava abbastanza padrone de' suoi movimenti, per non mai ferirmi. In realtà esso *giuocava la commedia* e non si può giuocare la commedia senza averne coscienza. »

Ora paragonando le azioni psichiche del polipo, ossia del metazoo invertebrato, con quelle del gatto, del cane ecc. o del metazoo vertebrato, si vede che nel primo la reazione si scarica subito appena avvenuta l'eccitazione; nel secondo questa reazione passa per un mezzo di coordinazione prima di manifestarsi come movimento. Nel polipo quindi manca l'a-

zione media, cioè l'azione percettiva, la quale è solamente generata dal movimento vibratorio delle molecole nervose del cervello, il quale manca nel polipo e nei metazoi invertebrati in genere.

Nel pulcino, nel gatto, nel cane ecc. o nei metazoi vertebrati, il movimento è generato e determinato da un'azione percettiva, e perciò è un movimento volontario e cosciente. Laonde deve ritenersi che le azioni sono solamente volontarie e coscienti laddove v'è presenza di un centro gangliare di coordinazione. Pur tuttavia le manifestazioni psichiche del pulcino, quantunque assai diverse da quelle di un polipo, non cessano di essere uno svolgimento graduale di quest'ultime: debbono quindi essere considerate come una continuazione, una differenziazione, dovuta al grado maggiore di concentrazione degli elementi nervosi e ad un più elevato grado di costituzione organica generale.

La facoltà psichica nel pulcino è tanto più elevata di quella del polipo, quanto la costituzione anatomica, morfologica e fisiologica del primo sorpassa e supera quella del secondo.

#### XXXIV.

##### **Da che sono determinate le variazioni organiche**

La prima condizione fondamentale, onde gli organismi si modificano incessantemente nella loro speciale organica costituzione, è la proprietà che ha il protoplasma di rispondere o di reagire in modo vario alle impressioni del mezzo ambiente. Dal conflitto fra la materia vivente e le azioni esteriori nascono e si generano le differenziali modificazioni di ogni individualità cosmica.

« L'aria, la luce, il calore, la necessità di luogo, di tempo, di circostanze di ogni maniera, la selezione naturale, la lotta per la vita (struggle for life) l'ereditarietà, il conato psichico ed il premeditato lavoro dell'uomo sono le cause e i fattori

delle variazioni e dei perfezionamenti o regressi negli animali. » E le modificazioni organiche una volta avvenute si fissano nella specie e si trasmettono alle generazioni future per mezzo della ereditarietà.

L'aria ha molta influenza nel determinare alcune modificazioni nel corpo di un animale. Lamarck attribuisce a questo mezzo una grande importanza, e crede che per sua virtù sia derivata tutta l'organizzazione degli uccelli; cioè l'aderenza dei polmoni alla colonna vertebrale, la perforazione di questi polmoni, la penetrazione dell'aria in tutto il corpo dell'animale e lo sviluppo delle penne.

Rispetto alla luce: essa è condizione essenziale per lo sviluppo dell'individuo vegetale. Sotto l'influenza di questa energia la pianta forma la clorofilla e decompone l'anidride carbonica. La luce ha pure influenza sugli animali. Infatti si vede che gli animali esposti alla luce hanno colori più vivi di quelli nati e cresciuti in luoghi meno luminosi. Alcune conchiglie che vivono nel fango o nel mare a gran profondità, hanno colori appannati ed uniformi. La luce è condizione poi necessaria per la percezione visiva; e ciò lo provano quegli animali che vivono nell'oscurità; poichè essi hanno, tutti, gli occhi atrofizzati.

Il calore pure ha grande influenza nella vita degli esseri viventi. Le piante, gli animali non esisterebbero senza l'energia calorifica. Il raggio luminoso, che attraversa il protoplasma, origina la materia organica e perciò i tessuti della pianta. È l'energia solare potenzialmente condensata nelle piante che dà moto e vita agli animali; se ci mancasse il raggio solare la vita non sarebbe più possibile nella terra; mancherebbe l'energia capace d'inalzare la materia inorganica al grado di organicità; mancherebbe, in una parola, la forza viva, la condizione fondamentale di ogni esistenza.

Noi vediamo infatti che mentre la vita non è possibile verso i poli per l'abbassamento troppo sensibile di temperatura, nelle regioni equatoriali essa abbonda e si svolge con energia con-

siderevole, come lo attestano le felci giganti e i formidabili animali che vivono in quelle località.

L'ovo non schiuderebbe senza il calore; il calore svolge le funzioni, produce movimenti, presiede alla produzione e a tutte le trasformazioni che si compiono nell'organismo, dalla monade all'uomo. L'uso e il non uso è pure una condizione che modifica profondamente gli organi di un essere vivente.

Dice il Lamarck « il difetto d'esercizio (non uso) d'un organo divenuto costante in seguito alle abitudini che si son prese, impoverisce gradualmente quest'organo e finisce per farlo disparire e anche per annientarlo.

Riferisce il Darwin che una specie d'anitra dell'America meridionale (*Anas Crochiptera*) può battere soltanto la superficie dell'acqua colle sue ali; che sono in una condizione quasi identica a quelle dell'anitra domestica d'Aylesbrugg, ed è un fatto singolare che, secondo l'asserzione del Cunningham, gli uccelli giovani sanno volare, mentre gli adulti hanno perduta questa facoltà.

Gl'insetti di Madera che non sono coprofagi e che debbono ordinariamente, come i lepidotteri e i coleotteri che cercano il loro nutrimento ne' fiori, impiegare le loro ali per vivere, le hanno più sviluppate.

De Candolle pure aveva apprezzata l'influenza del mezzo ambiente sullo sviluppo degli organi, e sul loro aborto. Le spine degli alberi e degli arboscelli sono talvolta rami abortiti, talvolta foglie trasformate. La natura del terreno, l'aridità e la vicinanza di altri individui vegetali determinano la forma delle spine. Il prugno spinoso trasportato in un giardino e coltivato con tutte le cure dell'arte trasforma le sue spine dure e rigide in rami fogliosi. La rosa canina trasportata in un giardino, e coltivata accuratamente trasforma i suoi stami, e pistilli in foglie fiorali (petali).

In un animale tenuto costantemente all'oscurità non sono più gli occhi che lo dirigono, ma è il tatto, considerevolmente sviluppato. In esso gli occhi diminuiscono di volume, s'affon-

dano nell'orbita, si ricoprono di uno strato membranoso e-pidermico, e finiscono per atrofizzarsi completamente.

Ognun sa che normalmente le radici che si prolungano nel terreno per succhiarvi il nutrimento sono provviste della *pileorizza*, o membrana protettrice dell'apice della radice. Or bene se tali radici in luogo di succhiare il nutrimento dal terreno lo asportano dai tessuti viventi di altre piante la loro pileorizza scompare totalmente. Così avviene infatti negli austerj della cuscuta, delle Lorantacee, delle Orobancacee, delle Citinee e delle Rinantacee. E che il mezzo ambiente influisca sensibilmente a modificare gli organi e conseguentemente la loro funzione, lo dimostra pure il seguente fatto. La *Salvinia* e la *Wolfia* sono piante galleggianti sulle acque; i *Cerathophyllum* e l'*Uticolaria* vivono sommerse; orbene in queste piante, come in molte altre, Tricomanes, tra le felci; i *Psilotum*, tra le Licopodiacee, ecc. mancano totalmente le radici, siccome organi che non hanno in tali condizioni ragione di esistere; onde tali piante si dicono appunto *arizze*.

Due specie di Spalax (Talpa) che abitano la Russia meridionale, il *Crysochloa* del Capo (Talpa dorata) e lo *Ctenomys* dell'America del Sud (specie di aracnide) di cui la vita è sotterranea, come quella della Talpa, presentano entrambi la stessa organizzazione.

Si conoscono pure de' rettili ciechi come il Triflino di Cuvier (specie di lucertola) e il *Typhlops* (specie di serpente), i quali vivono sotto terra, come i nostri lombrici.

La Gran Sirena lacertina ha gli occhi ricoperti di una pelle semi-trasparente; il suo costume di vita è quello di vivere affondata nel fango. Nei protei del lago del Canada Carlo Vogt ha trovato sotto la pelle il globo oculare abortito della grossezza di una capocchia di spillo. Dunque nell'oscurità gli occhi si atrofizzano, alla luce si perfezionano, e si fanno migliori coll'esercizio (uso). Perciò. Le aquile, gli avvoltoi, i falchi vedono a distanze enormi.

Un fatto molto curioso è quello che avviene in una categoria di pesci detti *pleuronettidi* (passera di mare, pesce

rombo, rombo liscio ecc). In questi animali la simmetria non è orizzontale, come nelle razze, ma verticale. Ora essendo il corpo appiattito lateralmente questi pesci nuotano di fianco, si nascondono sulla sabbia, e coricati ora sul fianco sinistro, ora sul fianco destro, afferrano i pesciolini che passano sopra di essi. Gli occhi negli animali adulti sono collocati l'uno accanto all'altro, dal lato della testa che guarda in alto. Un fatto simile porse il destro ai Creazionisti di affermare con grande entusiasmo l'indipendenza delle specie. Però lo Steenstrup, zoologo danese, ben presto spezzò le armi in mano ai creazionisti riferendo che originariamente, cioè nella loro infanzia, i due occhi sono in tali pesci l'uno a destra e l'altro a sinistra della testa, come in tutti gli altri; e che col crescere dell'età l'occhio situato dal lato, che riposa sulla sabbia, essendo senza uso, si sposta ed attraversa le ossa del cranio per venire a sporgere vicino all'occhio, posto nel fianco dell'animale esposto alla luce. Tutto ciò prova l'azione che ha la luce sull'economia animale, e come dalla sua presenza in gran parte dipenda lo sviluppo di un organo.

L'organo si accomoda alla funzione; onde l'adattamento è una diretta conseguenza della plasticità di cui è fornito un organismo; e della capacità di esso a reagire con modi e forme determinate all'azione delle cause esteriori. Rammentiamoci delle leggi meccaniche, onde mentre la materia tende a conservare il suo stato originario, ubbidisce pure ai moti impressi dal mondo esteriore; e la modificazione che l'organismo subisce è sempre una resultante di tutti i moti e di tutte le forze che si compongono nel protoplasma o bioplasma.

Carlo Darwin, quel Darwin tanto poco conosciuto, e tanto bersagliato da un fariseismo pedissequo ed archimandrita, così si esprime rispetto alla grande armonia evolutiva che regna tra gli esseri tutti della natura.

« Non vi è alcuna fondata ragione perchè gli stessi principii che hanno agito tanto efficacemente allo stato domestico, non agiscano punto nello stato di natura. La conservazione delle razze e degli individui favoriti nella lotta perpetuamente

rinnovata a riguardo dei mezzi d' esistenza , è un agente ol-  
tremodo potente e sempre attivo di elezione naturale. La con-  
correnza vitale è una conseguenza necessaria della multipli-  
cazione in ragione geometrica , più o meno elevata , di tutti  
gli esseri organizzati. La rapidità di questa progressione è  
provata , non solamente dal calcolo , ma altresì dalla pronta  
moltiplicazione di certe specie d' animali e di piante durante  
una sequela di stagioni favorevoli , o allorchè esse sono na-  
turalizzate in paesi nuovi. Nascono più individui di quanti ne  
possano vivere ; un granello nella bilancia può determinare  
quale individuo vivrà e quale sarà per morire , quale varietà  
e quale specie s' accrescerà in numero , e quale dominerà e  
andrà finalmente estinta. Quando gl' individui di una stessa  
specie entrano, sotto ogni aspetto, in più stretta concorrenza  
gli uni cogli altri, la lotta è in generale altrettanto più acca-  
nita tra di loro. Essa è pressochè egualmente seria tra le va-  
rietà della medesima specie, e grave ancora tra le specie del  
medesimo genere; ma la lotta può esistere sovente tra esseri  
abbastanza lontani gli uni dagli altri nella scala della natura.  
Il più tenue vantaggio acquistato da un individuo, a qualun-  
que età o durante qualsiasi stagione , sopra quelli coi quali  
egli entra in concorrenza , o un migliore adattamento d' or-  
gani alle condizioni fisiche che ne circondano , per quanto  
lieve sia questo perfezionamento, farà pendere la bilancia.

« Fra gli animali nei quali i sensi sono distinti, una certa  
rivalità tra i maschi è frequente, e perfino permanente. Gl'in-  
dividui più vigorosi e quelli che hanno lottato più felicemente  
contro le condizioni locali, lasceranno generalmente una pro-  
genitura più numerosa. Ma il loro successo dipenderà spesso  
dalle armi speciali o dai mezzi di difesa ch' essi possiedono,  
e financo dalla loro bellezza, e il più leggero vantaggio pro-  
curerà ad essi la vittoria.

« Pur ammettendo che la testimonianza geologica sia  
estremamente incompleta, tutti i fatti ch' essa ci offre stanno  
in appoggio della teoria della discendenza modificata. Le specie  
nuove sono apparse sulla scena del mondo lentamente e per

intervalli successivi; ed il complesso dei cangiamenti effettuati in tempi eguali è assai differente nei differenti gruppi. L'estinzione delle specie e dei gruppi intieri di specie, che ha avuto un ufficio così importante, è una conseguenza pressochè inevitabile del principio d'elezione naturale; imperciocchè le forme antiche devono essere soppiantate da forme novelle più perfette. Nè le specie isolate, nè i gruppi di specie possono riapparire quando siasi una volta spezzata la catena delle generazioni regolari.

« La teoria della elezione naturale, colle sue conseguenze, le estinzioni di specie e la divergenza dei caratteri, è la sola che renda ragione dell'ordinamento così mirabile di tutti gli esseri organizzati, presenti e passati, in un gran sistema naturale, formato di gruppi subordinati ed altri gruppi, con gruppi estinti che cadono spesso tra gruppi attuali. Ciò dipende dal fatto che le affinità reali degli esseri organizzati sono dovute all'eredità o alla comunanza d'origine. Il sistema naturale è un albero genealogico, di cui è necessità scoprire le linee coll'aiuto dei caratteri più permanenti, per lieve sia la loro importanza vitale.

« Tutto il regno animale è senza dubbio derivato da quattro o cinque tipi primitivi, tutt'al più, e il regno vegetale da un numero eguale o minore.

« L'analogia condurrebbe un po' più lontano, e cioè alla credenza che tutti gli animali e tutte le piante discendano da un solo prototipo; tutti gli esseri viventi hanno gran parte d'attributi comuni; la loro composizione chimica, la loro struttura cellulare, la loro legge d'accrescimento e la facoltà loro di essere affetti da influenze nocive.

« Però in tutti, per quanto si può giudicare da quanto si sa ai nostri giorni, la vescicola germinativa è la stessa; in maniera che ogni individuo organizzato proviene da una stessa origine. Perfino se si considerano le due divisioni principali del mondo organico, vale a dire il regno animale e il regno vegetale, noi vediamo che certe forme inferiori sono così perfettamente intermedie dei caratteri loro, che alcuni natu-

ralisti hanno disputato in qual regno dovessero essere classificate; e come l'ha rilevato il professore Asa Gray « le spore ed altri corpi riproduttori di molte alghe meno elevate della serie, possono vantarsi d'aver dapprima i caratteri dell'animalità, e più tardi un'esistenza vegetale equivoca ». Così, pur partendo dal principio d'elezione naturate, con divergenza di caratteri, non sembra incredibile che gli animali e le piante si sieno foggiate da qualche forma inferiore intermediaria. Se noi ammettiamo questo punto di partenza, bisogna ammettere altresì che tutti gli esseri organizzati che hanno in ogni tempo vissuto, possono discendere da una forma primordiale unica. Ma questa conseguenza è principalmente fondata sull'analogia; e poco importa ch'essa sia o no accettata. La cosa è altrimenti per ogni classe, quali i vertebrati, gli articolati ecc. perchè noi abbiamo qui nelle leggi dell'omologia e dell'embriologia ecc. delle prove affatto speciali che tutti discendono da un progenitore unico.

« Eminentissimi autori sembrano pienamente soddisfatti dell'ipotesi che ogni specie sia stata creata indipendentemente. A parer mio, quanto noi conosciamo intorno alle leggi imposte alla materia dal *Creatore*, s'accorda meglio colla formazione e coll'estinzione degli esseri presenti e passati mediante cause secondarie, simili a quelle che determinano la nascita e la morte degli individui. Quando io esamino tutti gli esseri, non più come creazioni speciali, ma come la discendenza in linea retta di esseri che hanno vissuto lungo tempo innanzi che si depositassero i primi strati del sistema siluriano, essi mi sembrano d'un tratto nobilitati. Giudicando in prevenzione l'avvenire dal passato, noi possiamo predire con sicurezza che nessuna specie vivente trasmetterà la sua rassomiglianza inalterata alle epoche future, e che solo un piccolo numero fra di esse tramanderà una posterità qualunque fino ad un'epoca assai lontana; inquantochè il sistema dell'aggruppamento degli esseri organizzati ci mostra che il più gran numero delle specie di ogni genere non ha lasciato alcun discendente ma si è interamente estinto.

« Noi possiamo pertanto lanciare uno sguardo profetico nell'avvenire fino a predire quali sieno le specie più comuni e più diffuse, appartenenti ai gruppi più numerosi di ogni singola classe, che prevarranno in seguito e daranno vita a nuove specie dominanti. Siccome tutte le forme viventi attuali sono la posterità lineare di quelle che vissero a lungo prima dell'epoca siluriana, così noi possiamo andar certi che la successione regolare delle generazioni non è mai stata interrotta e che in conseguenza nessun cataclisma ha mai desolato il mondo intero. Noi possiamo parimenti concludere con tutta fiducia che ci è permesso di contare su di un avvenire d'una incalcolabile lunghezza di tempo. E poichè l'elezione naturale opera solamente pel bene d'ogni singolo individuo, ogni dono fisico o intellettuale tenderà a progredire verso la perfezione.

« Con quanto maggior interesse non contempliamo noi una lussureggiante riviera, coperta di piante numerose appartenenti a specie numerose, con uccelli che cantano fra gli arbusti, con insetti che loro volteggiano d'attorno, con anellidi o larve vermiformi che si arrampicano attraverso il suolo umidiccio, quando pensiamo nel tempo stesso che tutte queste forme, elaborate con tanta cura, pazienza ed abilità, e dipendenti le une dalle altre per una serie di rapporti così complicati, furono tutte prodotte da leggi che agiscono continuamente intorno a noi! Queste leggi, prese nel loro significato più largo, noi le enumereremo ora, e sono: la legge d'accrescimento e di riproduzione; la legge di eredità, pressochè implicita nella precedente; la legge di variabilità sotto l'azione diretta delle condizioni esteriori della vita, e dell'uso o della mancanza d'esercizio degli organi; e infine la legge di moltiplicazione delle specie in ragione geometrica, che ha per conseguenza la concorrenza vitale, e l'elezione naturale, da cui derivano le divergenze dei caratteri e l'estinzione delle forme specifiche.

Vi è grandiosità in siffatta maniera di comprendere la vita e le sue diverse forze, animando fin dall'origine alcune

forme od una forma unica sotto un soffio creatore. E frattanto che il nostro pianeta continuò a descrivere i suoi cicli perpetui secondo le leggi fisse della gravitazione, da una culla così modesta uscirono forme senza numero, sempre più belle, sempre più meravigliose, che vanno sviluppandosi in una evoluzione senza fine. »

Non credo si possano ritrarre con maggiore perfezione, e maestria, e con parole più scultorie di quelle del Gran naturalista inglese, le meraviglie che ci offre lo spettacolo di tutta una natura vivente, e abbiamo preferito di citarne le testuali parole, in luogo di farne un riassunto, per non diminuire l'efficacia del pensiero e della parola nel rilevare le leggi fondamentali della vita.

Come Darwin compie il Lamarck, così l'Haeckel compie il Darwin elevando a sistema il suo concetto fondamentale.

L'Haeckel, l'autore della *Psicologia cellulare*, della *teoria della Gastrea*, della *teoria della memoria organica*, della *teoria della eterogenesi*, nella sua storia naturale della Creazione così si esprime: « Ci si può figurare il mondo organico siccome una immensa prateria quasi disseccata. Sopra questo gran prato s'elevano due grandi alberi ricchi di tronchi e di rami. In gran parte sono anch'essi colpiti dalla morte: possono rappresentare il regno animale e il regno vegetale: i rami freschi e verdeggianti saranno gli animali e i vegetali de' gruppi scomparsi. Le aride zolle della prateria corrisponderanno ai gruppi de' protisti estinti, i quali saranno ancora probabilmente molto numerosi; mentre i residui d'erba ancor verdi saranno i fili tuttora viventi del regno de' Protisti.

Quanto al terreno, quanto al suolo, donde tutto è germinato, si può dire ch'esso raffiguri il protoplasma. »

A lato dei due grandi alberi della vita che sorgono e si elevano dal terreno, perchè non porre anche il tronco, omogeneo e liscio, rappresentante il cristallo; il quale per non avere avuta la necessaria energia non ha potuto squarciare il terreno ed elevarsi al disopra di esso? L'analogia scientifica porta a rappresentarci le cose così cioè che il cristallo, la

pianta e l'animale non sieno che tre diverse emanazioni della generale energia cosmica.

XXXV.

**L'uomo è sintesi ed espressione ultima della generale  
evoluzione cosmica**

Finalmente si è giunti al prodotto più meraviglioso, alla più perfetta tra le forme organiche. Contuttociò l'uomo pure si concatena e si coordina alla serie animale. Piuttostochè considerare l'uomo come fornito di facoltà nuove, si deve attribuire la sua maggiore elevatezza organica ad un più alto esercizio di quelle medesime facoltà che sono pure a comune cogli altri esseri viventi che lo precedono nella serie zoologica: deve considerarsi come « un resultamento organico vitale a cui pervenne l'antecedente esercizio della virtù animale nella sequela sterminata di secoli ».

Se consideriamo l'uomo sotto l'aspetto anatomico, esso ci si presenta, come tutti gli altri esseri viventi, costituito di cellule e di tessuti distinti, in cui l'analisi scopre gli stessi fondamentali elementi che si trovano nel nudo protoplasma. Sono sempre gli stessi corpi inorganici, dice il Wöhler (acqua, gas, sali, acidi, basi) ed organici (albuminati, albuminoidi, glucosidi, acidi grassi, e loro derivati, alcool, idrocarburi, amine, amidi, e derivati ammoniacali) che il chimico analizza in tutti gli esseri organizzati dal più basso al più alto, e che in parte mediante sintesi è riuscito a formare nel laboratorio.

Se lo consideriamo sotto l'aspetto morfologico ci si presenta come la più alta ed elevata forma differenziata, eterogenea, in confronto a tutti gli altri organismi animali; ma non v'ha nulla però che provi e ci dimostri che egli non sia un prodotto di svolgimento, una forma derivata. L'embrio-

logia conferma la evolutiva concatenazione e dipendenza di tutte le specie.

L' uovo , segmentandosi , costituisce prima una *morula* , cioè una specie di sfera compatta , la quale diviene poi una sfera cava , disponendosi le cellule in uno strato solo ( Blastula dell' Aeckel ). Dalla Blastula per invaginazione nasce la forma *Gastrula* che ha due strati di cellule, l'esterno ( epiblasto , ectoderma ) costituito di cellule più grandi dell' interno ( ipoblasto , entoderma ).

La cavità della gastrea ( Archenteron ) corrisponde alla cavità della Gastrula , all' intestino primitivo. Dalla Gastrula si fa quindi passaggio ai Metazoi , dai quali per un processo di differenziazione morfologica e funzionale si giunge all' uomo , in cui si sintetizzano e si condensano le energie di tutta l' evoluzione cosmica.

L' ontogenesi è la filogenesi abbreviata; e l' uomo , questo essere coscente per eccellenza , questa aggregazione di atomi o di centri-forza , è la ricapitolazione di tutte le forme organiche che lo hanno preceduto.

« Tutti gli animali superiori , nelle differenti fasi embriologiche , attraversano forme analoghe a quelle che restano permanenti negli animali inferiori ».

Così pure pensa il Von Baer , il quale scrive che le forme animali superiori , a diverse fasi dello sviluppo individuale dall' inizio sino al perfetto compimento , rispondono a forme permanenti della serie animale; lo sviluppo di alcuni animali segue le stesse leggi della intiera serie zoologica , perciò l' animale di più perfetta organizzazione passa nel suo svolgimento individuale , e per tuttociò che gli è essenziale , a traverso a fasi che negli animali men nobili costituiscono lo stato permanente ».

In ogni modo per quante difficoltà possano affacciarsi , il parallelismo fra l' ontogenesi e la filogenesi è ormai una grande conquista della scienza.

Fisiologicamente l' uomo è il tipo della maggiore complicazione funzionale ; e in lui la divisione del lavoro fisiolo-

gico giunge al più alto grado, mediante il differenziamento anatomico e morfologico.

E che diremo ora della energia psichica? Dobbiamo noi attribuire questa attività, nell'uomo, ad una virtù estraorganica, ad una causa superiore e indipendente della vita?

Certamente considerando il fenomeno nelle sue manifestazioni più elevate siamo condotti a pensare così; ma se per poco studiamo lo stesso fenomeno in relazione ad altri più elementari, non possiamo a meno di riconoscere che il fenomeno psichico, anche nell'uomo, è una funzione della vita, quantunque si manifesti e si estrinsechi in lui con modi e con forme meravigliose.

La ragione, onde noi creammo un'entità speciale per le manifestazioni psichiche nell'uomo è facile indovinarla, allorchè si pensi che tal fenomeno fu considerato solamente nei suoi modi più elevati, e non fu mai riannodato ai fili intermedi che lo legano ad una trama di attività più remote e semplici.

Ma si obietterà: volete voi dunque fare dell'uomo tutta una cosa coll'animale? Mainò! l'uomo si dilunga dall'animale psichicamente, quanto se ne dilunga morfologicamente e fisiologicamente. Nessuno mai pensò di confondere l'uomo coll'animale; come nessuno ha mai pensato di confondere l'animale colla pianta, e quest'ultima col cristallo.

Quello che si può dire si è che l'uomo è più equivalenti dell'animale; l'animale è più equivalenti della pianta; a quest'ultima più equivalenti del cristallo.

Nell'uomo le manifestazioni della vita raggiungono il loro più elevato grado di svolgimento, conformemente alla più elevata differenziazione del suo sistema neuro-muscolare.

Una forma di esperienza più alta, e una forma di coscienza ehe si eleva per sommi gradi al disopra di quella animale, rendono l'uomo capace dei più nobili sentimenti e delle più nobili virtù. L'esperienza e la coscienza rampollano però dal più elementare fenomeno psichico che s'inizia e si svolge nella sostanza protoplasmatica; ma l'una e l'altra assumono

modi e forme più grandiose e luminose, grado a grado che dalla sostanza indifferenziata si determinano, per successive e continue reazioni del vivente col mondo ambiente le differenziazioni morfologiche e neuro-muscolari.

Dice il De Dominicis « così come la psicologia comparata ci mostra sola differenza quantitativa tra l'uomo e l'animalità superiore, la psicologia comparata ci mostra parimenti l'attività psichica immiserirsi, ma conservare gli stessi caratteri negli animali inferiori. Quando un ragno, spezzatosi un filo della sua tela, lo ripiglia lì proprio, ove esso s'è rotto; quando una formica minacciando di cadere la volta di uno dei suoi granai, se la caduta è irreparabile l'abbatte, se no vi costruisce un mezzo di riparo; quando un polipo non ritira il suo tentacolo altro che per prendere la materia atta al suo nutrimento, non v'è forse in tutto ciò un sentimento dell'esistenza, un discernimento e un'attività psichica dell'istessa natura fondamentale della nostra? Non v'ha oggi filosofo che si senta il coraggio di negar l'anima agli animali; e presto non vi sarà neanche chi si sentirà di poter distinguere l'intelligenza dalla ragione o dal così detto istinto, altrimenti che per uno sviluppo quantitativo diverso. Questionare oggi su tali fatti è mostrarsi proprio estranei al progresso della cultura scientifica ».

Ma si potrebbe pure obiettare, dal meno voi traete il più; dal semplice il complesso; da ciò che non è quello che è; questo, evidentemente, è un paradosso.

Per chi è solito di guardare alla superficie delle cose, non nego, sarà, purtroppo, questo, un paradosso: ma non però per chi considera le cose sotto un punto di luce analitico, e scevro di prevenzione e di pregiudizi.

Infatti se unisco due atomi d'idrogeno con uno di ossigeno in un tubo, entro il quale faccio scoccare una scintilla elettrica, osservo un fenomeno, cioè la formazione dell'acqua. L'acqua è un corpo nuovo, con nuove proprietà; eppure essa non era contenuta nè nell'idrogeno, nè nell'ossigeno;

ciò dunque, per le stesse ragioni, dovrebbe costituire un paradosso.

Il Fehner fa giustamente notare che in matematica spesso si trovano equazioni in cui il valore di  $y$ , in funzione di  $x$ , può riuscire a zero, mentre ch $\grave{e}$   $x$  contiene tuttavia un valore positivo.

Laonde mentre non si pu $\`o$  negare la grande distanza che corre tra il mondo dei fenomeni elementari e quello dei fenomeni assai pi $\`u$  complessi dell'animalit $\grave{a}$  superiore; non si pu $\`o$  d'altra parte disconoscere che il fenomeno dell'esperienza e la forma cosciente con cui si manifestano i modi della vita nell'uomo, fondamentalmente non derivino dal semplice fenomeno vitale del protoplasma.

Per raggiungere la forma di esperienza e di coscienza proprie dell'uomo, occorre che la reazione, determinata da impulsi esteriori sulla massa protoplasmatica e sulla struttura organica differenziata, non si limiti semplicemente ad una immediata scarica nervosa di sensibilit $\grave{a}$ , e n $\grave{e}$  tampoco a graffiare leggermente l'orditura organica; occorre invece che le modificazioni, prodottesi per virt $\`u$  di queste successive ed incessanti reazioni esteriori, impressionino profondamente la tela organica della vita, onde i nuovi elementi delle presenti reazioni, combinandosi con quelli residuali di altre gi $\`a$  passate, diano luogo alla riviviscenza e determinino cos $\`i$  nuovi eventi cosmici con pi $\`u$  alti ed elevati poteri.

Dice l'Angiulli: Nella cooperazione e nella complicazione degli atti della sensibilit $\grave{a}$ , della motilit $\grave{a}$  e della memoria, fattori imprescindibili dell'esperienza, deve trovarsi la ragione esplicatrice di tutti i fenomeni coscienti della mente dalle sensazioni al ragionamento, alle volizioni.

Ma che cos'è l'uomo? Noi siamo, ha detto il Thyndall, rughe appena percettibili sulla superficie dell'Oceano universale. Siamo cio $\grave{e}$  forme momentanee assunte dagli elementi atomici, o centri-forza, della perenne e costante realt $\grave{a}$  cosmica, i quali mediante un lavoro fisico-chimico di aggregazione assimilativa ci vengono dal mondo minerale che ci cir-

conda e ci pervade tutti; e a lui ritornano incessantemente per un lavoro opposto di disgregazione disassimilativa. Noi non produciamo nulla di speciale, che valga a differenziare la natura umana dalle altre: assumiamo la nostra energia dagli elementi, cioè dalla restante materia cosmica, e la restituiamo sotto forma diversa agli altri esseri viventi ed ai corpi minerali che ci stanno d'attorno; siamo semplici apparecchi di trasferimento e di trasformazione della energia unitaria. (1)

Ma qual'è dunque la differenza tra l'uomo e l'animale? Ascoltiamo il Vignoli:

Un animale trascorre per una campagna: la sua attenzione, percependoli necessariamente e fenomenalmente, è eccitata dai verdi prati su cui cammina, dall'acque limpide che traversa, dalle ombre fresche del bosco per dove s'inoltra, dal cocente e fulgido raggio del sole che lo illumina, dai suoni varii di uccelli; e non può non avvertirli, non può non rivolgergli l'attenzione in quanto è d'uopo che coordini spesso la sua corsa traverso tutti questi accidenti; ma giunto alla meta, e via via durante il cammino tutte quelle percezioni, impressioni, attenzioni cessarono e passarono eternamente per non più riapparire e risorgere nella sua memoria.

Nell'uomo avviene l'impressione della mobile scena, ora tracciata, egualmente che nell'animale, ma egli può volere che essa ritorni al suo cenno, egli è padrone della sua memoria, come facoltà, nella guisa che è padrone de' suoi membri e l'adopera come strumento, e può ricontemplare di nuovo nella sua immaginazione i luoghi trascorsi, e rianimarli. E di più, se vuole, su questo campo reale che è un'esatta fotografia interna, colorata, del paesaggio veduto, impadronendosi anche di vecchi e varii fantasmi, e delle molte forme che già notò e gli furono da altri fatte notare, può architettare nuove composizioni e farle, disfarle, mutando o rimutando

---

(1) Morselli — Antropologia generale.

tutto od in parte, perchè è *signore* eziandio delle immagini, come era dapprima signore dei moti svariatiissimi del proprio corpo.

Dice il Quatrefages: Più io ci rifletto, più mi confermo nella convinzione che l'uomo e l'animale pensano e ragionano in virtù di una facoltà che è loro comune e che è soltanto enormemente più sviluppata nel primo che non nel secondo.

Per il Quatrefages non sono i fenomeni che si collegano coll'intelligenza, nè colla parola, quelli nei quali si possono trovare le basi di una distinzione fondamentale tra l'uomo e gli animali; per lui i fenomeni che distinguono intieramente l'uomo dall'animalità sono i fenomeni della religiosità e della morale.

Con tutto il rispetto dovuto all'illustre scenziato, all'autore della « Spécie umana » noi dubitiamo delle sue asserzioni: crediamo piuttosto, con l'Angiulli, che il sentimento religioso sia generato dai rapporti adattativi dell'esistenza comune: e che tanto il sentimento religioso, quanto il sentimento morale lungi d'essere facoltà originarie della mente, sieno un prodotto graduale dell'esperienza dei sensi, dell'esperienza della società, dell'esperienza della storia. La superiorità dell'uomo di fronte agli animali consiste nel rendersi maggiormente superiore alle influenze momentanee del mondo ambiente, per virtù di un mezzo interno psichico che basta ad impedire gl'interrompimenti dell'evoluzione, sottoponendo in una certa guisa le forze naturali ai fini della propria esistenza (1).

La moralità di alcuni popoli non si sa proprio in che sia diversa da quella degli animali. Dice l'Agassiz (De L'espece) « la graduazione delle *facoltà morali* negli animali superiori e nell'uomo è talmente impercettibile che per negare ai primi un certo senso di *responsabilità e di coscienza*, fa mestieri

---

(1) Angiulli — La filosofia e la scuola.

di esagerare oltre misura la differenza che passa tra essi e l'uomo ».

« La religiosità, dice il De Dominicis, posto pure che tutti i popoli avessero una religione, opinione contraddetta dalle autorità più competenti, non si sostanzia in nulla di preciso e di determinato. Vi ha religioni senza Dio e senza immortalità dell'anima, vi ha religioni dove l'adorazione è tributata non al principio del bene, ma a quello del male ».

Nell'uomo non si ha più l'evoluzione di nuove specie, ma sibbene lo svolgimento di nuovi poteri mentali. I quali si svolgono e si ampliano maggiormente per l'intervento di altri poteri cosmici, rappresentati dall'elemento sociale, e da quello dell'esperienza collettiva.

L'energia sociologica sorge dal conflitto di una moltitudine di energie psichiche, le quali integrandosi e compenetrandosi, svolgono dal loro seno, la forza che crea nuovi poteri, e determina nuove formazioni, come le idee astratte, i fatti morali, religiosi, estetici che sono appunto prodotti collettivi.

Il fatto sociologico ha un significato molto più elevato di una semplice collettività animale. La società umana dista da quella animale, di quanto l'energia psichica dell'uomo dista da quella animale.

La società biologica, dice l'Angiulli, non esce dai cancelli delle leggi biologiche dell'esercizio e della trasmissione ereditaria, non s'incarna in una serie di creazioni oggettive, che aumentano il processo di adattamento del gruppo sociale alle sue relazioni interne ed esterne e costituiscono il filo dell'evoluzione sociologica.

L'energia sociologica quindi compenetrata dell'ambiente sociale e dell'esperienza storica costituisce la forma più elevata di energia, nella quale s'incentrano, si accumulano, si combinano in modi meravigliosi tutte le altre forme di energie cosmiche, delle quali è l'ultima espressione.

Dal minerale all'uomo non v'è dunque nessun *hyatus*, nessun interrompimento di eventi cosmici, nessuna disconti-

nità: dalle energie meccaniche si svolgono le energie fisiche; dalle energie fisiche le chimiche; dalle chimiche le cristallo-  
geniche; da queste le energie biologiche, e dalle energie bio-  
logiche le psichiche; da cui finalmente rampollano le energie  
sociologiche che sono la sintesi e il condensamento di tutta  
la generale evoluzione cosmica.

FINE



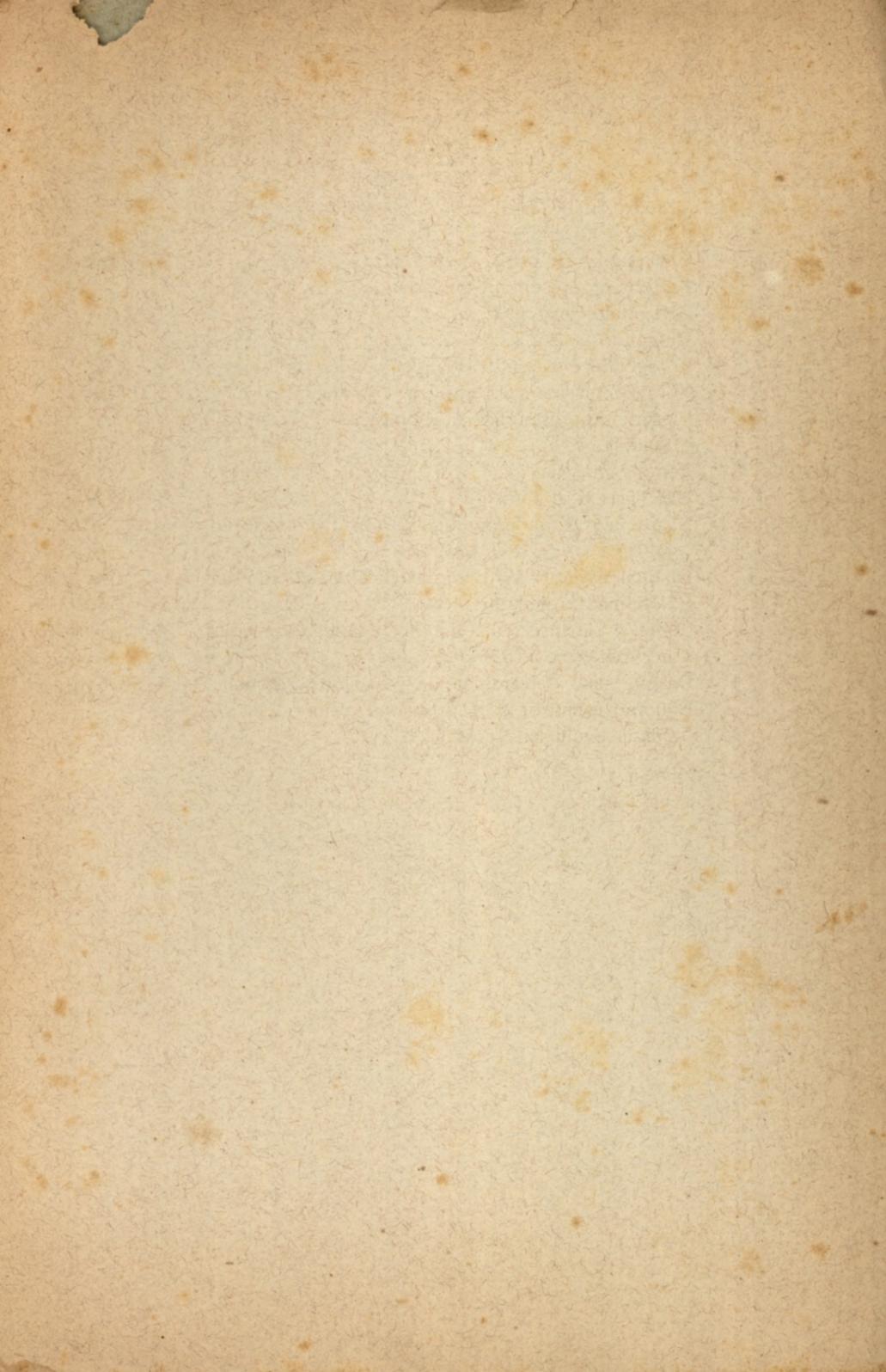
# INDICE

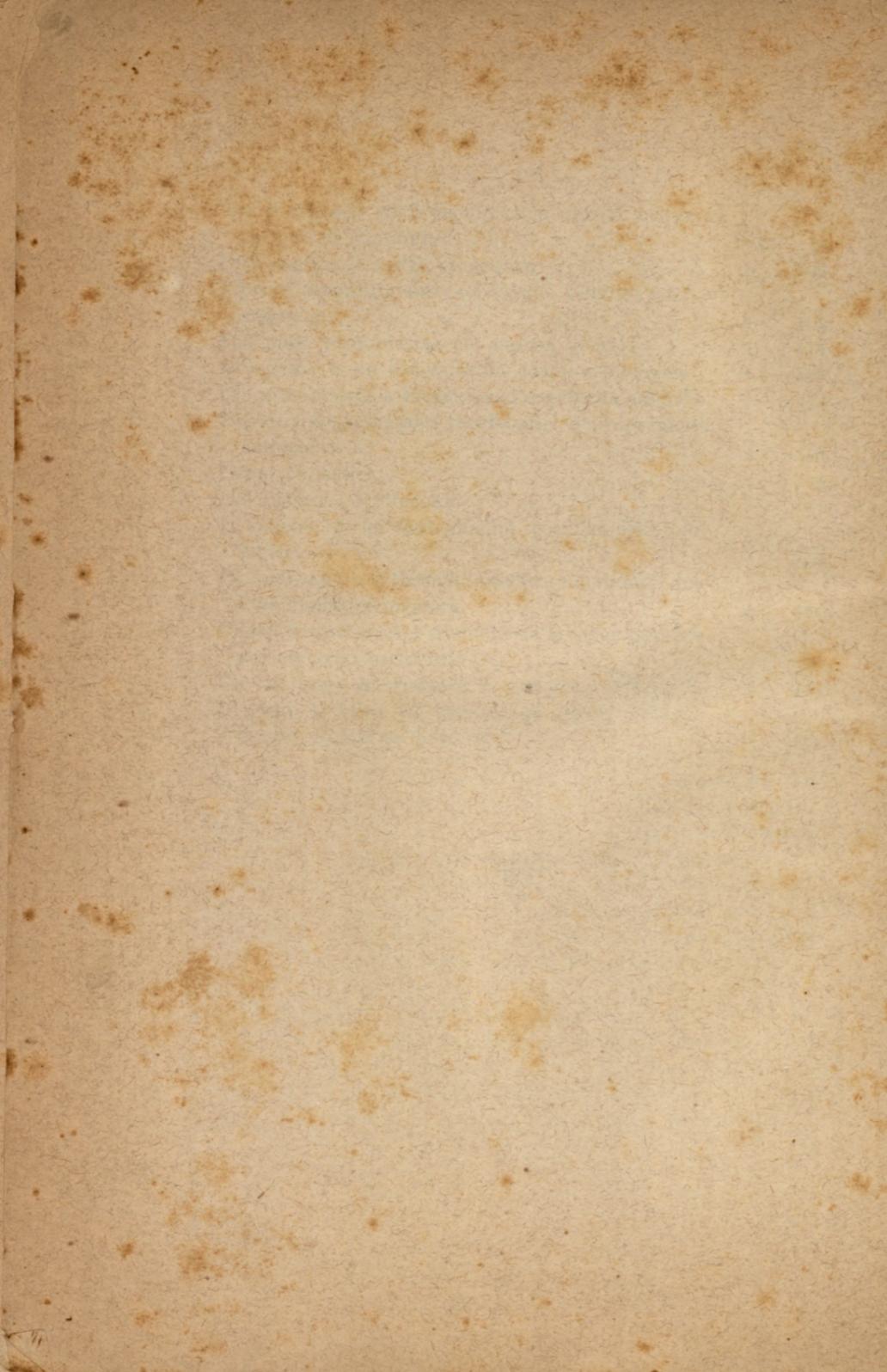


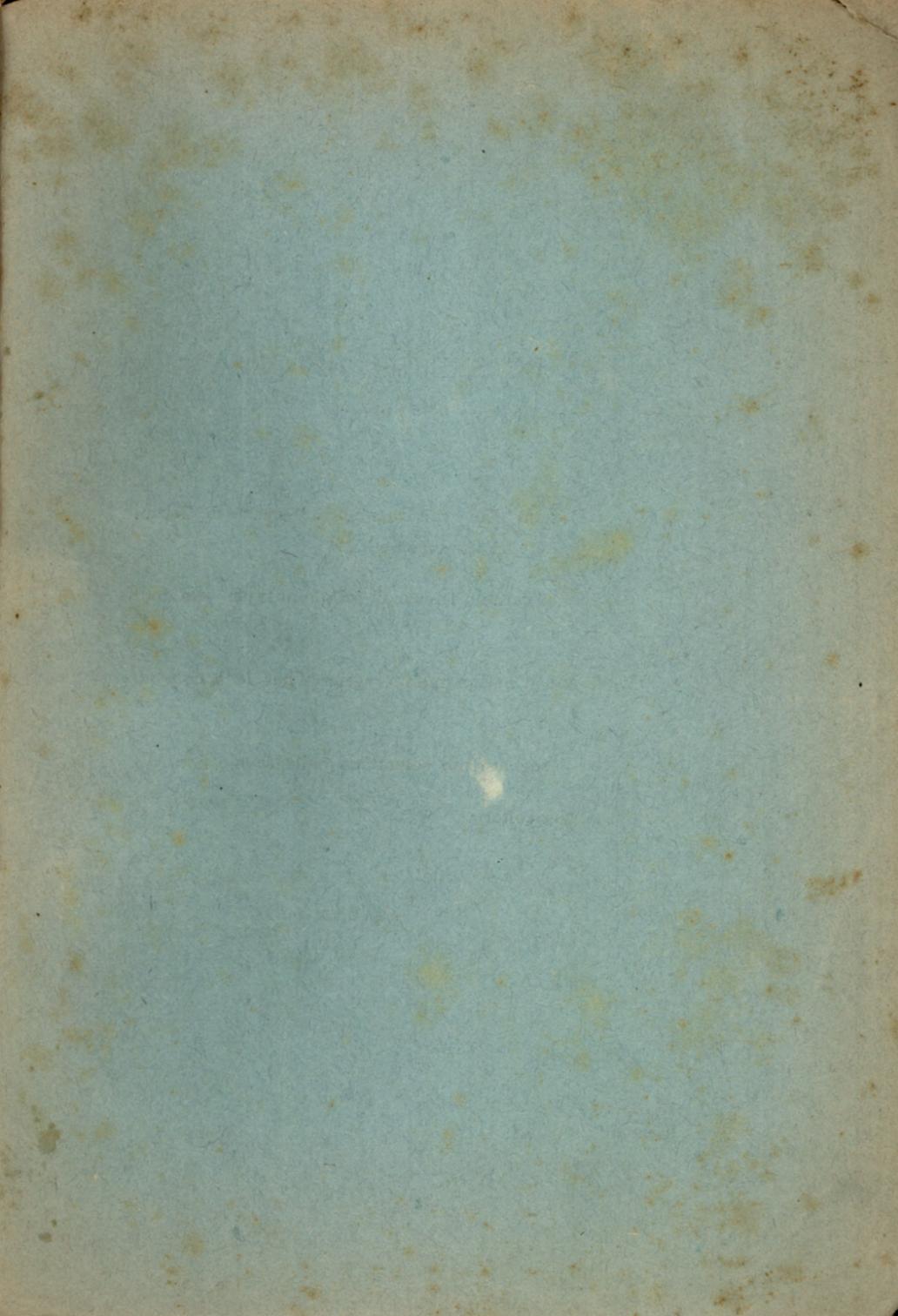
Genesi dei primi elementi . . . . .	Pag. 9
Stato dei corpi inorganici . . . . .	» 15
Ipotesi più probabile intorno alla costituzione dei corpi . . . . .	» 17
Concetto di materia e di forza . . . . .	» 19
Che cosa è l'energia . . . . .	» 21
Energie meccaniche. . . . .	» 22
L'energia non si crea. . . . .	» 25
Principio delle velocità virtuali. . . . .	» 27
L'attrito trasforma ma non distrugge energia. . . . .	» 28
Indipendente coesistenza degli effetti delle forze. . . . .	» 29
L'azione è uguale e contraria alla reazione . . . . .	» 30
Energie fisiche . . . . .	» 31
Energie chimiche . . . . .	» 59
La combinazione chimica è un grado superiore agli elementi chimici . . . . .	» 68
Trasformazioni della energia. . . . .	» 70
Conservazione dell'energia . . . . .	» 77
Lontano avvenire del nostro intero sistema solare. . . . .	» 78
Il cristallo . . . . .	» 79
Il cristallo è la prima individualità cosmica . . . . .	» 83
Tra la materia inorganica e quella organica non esiste una reale e sostanziale differenza . . . . .	» 87
Il protoplasma è uno stato particolare della materia cosmica . . . . .	» 90

Tra il cristallo ed il protoplasma non vi è interruzione di continuità. . . . .	Pag. 95
Una pagina di storia geologica. . . . .	» 100
I primi rappresentanti morfologici della organicità vegetale . . . . .	» 103
Dal nudo protoplasma all'annosa quercia . . . . .	» 118
Il vegetale è un'individualità cosmico-biologica . . . . .	» 122
Col protoplasma s'inizia pure l'organicità animale. . . . .	» 133
I primi rappresentanti morfologici dell'organicità animale . . . . .	» 136
Cenni biotassici . . . . .	» 139
Dal Plasson al Pitecoide . . . . .	» 141
L'animale è un'individualità cosmico-psico-biologica. . . . .	» 154
Di qual natura è l'attività psichica nel mondo dell'animalità elementare . . . . .	» 160
Come si estrinseca e si manifesta la legge psichica nel metazoo vertebrato. . . . .	» 163
Da che sono determinate le variazioni organiche. . . . .	» 165
L'uomo è sintesi ed espressione ultima della generale evoluzione cosmica. . . . .	» 175









## DELLO STESSO AUTORE

*icavign*

1. Questioni urgenti d'agricoltura nelle adiacenze di Campobasso e conferenze enologiche.
2. La cultura del cardo (*Dipsacus fullonum*) per uso industriale.
3. Il primo anno d'insegnamento agrario per le scuole elementari.
4. Intorno all'insegnamento scientifico nelle scuole normali.
5. Il Maestro agricoltore.

Univer

Facoltà  
Comme

BIB

Fon

Vol.