

«A me pare che gli effetti di questa evoluzione non siano abbandonati intieramente a ciò che qui in un certo senso si potrebbe chiamare opera del caso. E mi trovo indotto a pensare che tali effetti siano regolati in parte da cause generali, e costretti entro certi limiti da leggi praticamente inviolabili.»

Giovanni Schiaparelli

Al pari delle figure geometriche, le forme organiche si trasformano in un flusso di modificazioni senza perdere le proprietà che le definiscono. Il contributo di un grande astronomo al dibattito sulla teoria dell'evoluzione, messo per la prima volta in prospettiva con le discussioni su Darwin nell'Italia di fine Ottocento.

Giovanni Schiaparelli (1835-1910), direttore dell'Osservatorio astronomico di Brera, è universalmente noto per le sue osservazioni dei "canali" di Marte. È stato anche autore di importanti contributi matematici in campo geodetico, geofisico e in storia dell'astronomia antica. Le sue *Opere complete*, in 11 volumi, sono state pubblicate in edizione nazionale a cura dell'Osservatorio di Brera che di lui conserva gli strumenti, la ricchissima biblioteca e l'archivio scientifico.

Elena Canadelli è assegnista di ricerca all'Università degli Studi di Milano – Bicocca. Autrice di *Icone organiche. Estetica della natura in Karl Blossfeldt ed Ernst Haeckel* (2006); *Evolution. Darwin e il cinema* (con Stefano Locati, 2009) ha curato *Milano scientifica* (con Paola Zocchi, 2008), di cui ha diretto il volume su *La rete del grande Politecnico*.

ISBN 978-88-488-0998-6

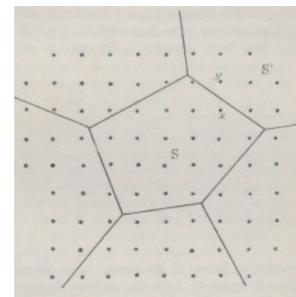


€ 12,00

Giovanni Schiaparelli

Forme organiche naturali e forme geometriche pure

Studio comparativo



Prefazione
di
Elena Canadelli

ARS ET LABOR

4

Giovanni Schiaparelli

Forme organiche naturali
e forme geometriche pure

Studio comparativo

Prefazione
di
Elena Canadelli

Lampi di stampa

Ars et Labor è una collana del sito web "Milano città delle scienze" (www.milanocittadellescienze.it) che si propone di presentare in edizione anastatica testi di carattere scientifico e tecnico inquadrati da una introduzione storico-culturale. Frutto della collaborazione tra l'Università di Milano - Bicocca, la Biblioteca Nazionale Braidense e la Biblioteca comunale Sormani di Milano, essa beneficia del contributo di Fondazione Cariplo.

Edizione originale:

Forme organiche naturali e forme geometriche pure.

Studio comparativo,

in Tito Vignoli, *Peregrinazioni antropologiche e fisiche*

Ulrico Hoepli, Milano 1898, pp. 266-367.

Edizione anastatica

su licenza della Casa editrice Hoepli S.p.a., Milano

Elaborazione grafica

Anna Aurea, AM Studio

Copyright della prefazione © 2010 Università degli Studi di Milano - Bicocca

Lampi di stampa

via Conservatorio, 30 - 20122 Milano

ISBN 978-88-488-0998-6

[lapidistampa@lapidistampa.it](mailto:lampidistampa@lapidistampa.it)

www.lapidistampa.it

In copertina: *Schema delle forme appartenenti a una stessa specie geometrica*,
da G. Schiaparelli, *Forme organiche...*

Indice

VII *Prefazione*
di Elena Canadelli

1 *Forme organiche naturali e forme geometriche pure.*
Studio comparativo

Prefazione

di Elena Canadelli

Nel vivace dibattito tardo ottocentesco riguardante la teoria dell'evoluzione il saggio *Forme organiche naturali e forme geometriche pure* dell'astronomo italiano Giovanni Schiaparelli (1835-1910) rappresenta un vero e proprio *unicum* che combina il linguaggio della matematica con l'evoluzionismo di Charles Darwin.

Pubblicato nel 1898 dall'editore Hoepli, questo studio è ospitato all'interno delle *Peregrinazioni antropologiche e fisiche*, una raccolta di articoli su temi quali il mito e l'evoluzione, dell'amico antropologo e filosofo Tito Vignoli, all'epoca direttore del Museo civico di storia naturale di Milano. Il contributo di Schiaparelli, un centinaio di pagine dense e concise, piene di disegni geometrici ed equazioni algebriche, appare in un momento di accesa discussione, che investe alcuni nodi ancora irrisolti del darwinismo. Se la teoria di Darwin è generalmente accettata, e anzi applicata fuori dalla biologia ai più diversi settori, dalla psicologia alla sociologia, più problematici appaiono invece per la comunità dei naturalisti i fattori e le leggi che determinano il processo evolutivo. A essere discussi sono temi quali l'efficacia dell'adattamento dell'organismo all'ambiente e il ruolo della selezione naturale. Ci si chiede se l'evoluzione sia un processo graduale e continuo o se invece proceda per salti, se sia predeterminata secondo leggi ben precise o se invece funzioni in maniera casuale e non prevedibile. Oscure rimangono inoltre le modalità tramite cui avviene la trasmissione dei caratteri ereditari tra le generazioni, problemi che iniziano a essere chiariti solo con la riscoperta dell'opera di Gregor Mendel ai primi del Novecento.

L'arcipelago darwiniano di fine secolo è quindi molto frastagliato, presentando una proliferazione di teorie che pur muoven-

dosi all'interno dell'evoluzionismo vanno spesso in direzioni opposte, in alcuni casi contrarie alle tesi Darwin: ci sono i neo-darwinisti, guidati dallo zoologo tedesco August Weismann, convinto dell'autosufficienza della selezione naturale, i neo-lamarckiani, stretti intorno al paleontologo statunitense Edward Cope, la cui teoria è incentrata sull'adattamento e sulla trasmissione dei caratteri acquisiti, i seguaci dell'ortogenesi, la teoria elaborata dallo zoologo svizzero Theodor Eimer, il quale vede nell'evoluzione un processo orientato, e i seguaci del mutazionismo proposto dal botanico olandese Hugo de Vries, contrario al gradualismo del processo evolutivo *à la* Darwin.

In questo diversificato dibattito quella di Schiaparelli è una voce fuori dal coro, in primo luogo per il suo non appartenere alla comunità dei biologi. All'epoca l'astronomo ha ormai passato la sessantina ed è una personalità molto autorevole dell'astronomia mondiale, soprattutto grazie alle osservazioni dei cosiddetti canali di Marte, condotte a partire dal 1877 con l'apposito telescopio Merz dell'Osservatorio astronomico di Brera, a Milano, istituto di cui è direttore fino al 1900. Il dibattito suscitato dalla diffusione dei suoi lavori sui marziani e sulla conformazione del Pianeta Rosso ha una vasta e duratura risonanza in tutto il mondo, tanto che il nome di Schiaparelli compare anche nella narrativa dell'epoca. Viene per esempio menzionato nel racconto di Guy De Maupassant *L'Uomo di Marte* pubblicato per la prima volta nel 1887 sull'almanacco "Paris-Noël" e nelle pagine iniziali del romanzo *La guerra dei mondi* di Herbert George Wells, padre della moderna letteratura di fantascienza, uscito a puntate nel 1897 sul "Pearson's Magazine" e raccolto in volume l'anno seguente.

L'idea embrionale di *Forme organiche naturali e forme geometriche pure* risale alla primavera 1897. Nel giro di qualche mese diventa un lungo e impegnativo saggio pronto per la stampa, sebbene il suo autore continui a definirlo semplicemente "un *casus*

ingenii di un estraneo alla materia"¹, rimanendo dubbioso sull'effettiva utilità di pubblicarlo. Il libro si apre con un breve passo tratto dall'*Arte poetica* di Orazio, già utilizzato da Evangelista Torricelli nelle sue *Lezioni Accademiche* (1823). Attraverso le parole del poeta l'astronomo si paragona alla cote, pietra nerastra il cui compito non è tagliare, ma affilare il ferro, dichiarando implicitamente al lettore di voler stimolare la ricerca piuttosto che mettere un punto fermo al dibattito sull'evoluzione. Allontanatosi dall'abituale campo di studi, Schiaparelli sottopone la sua ipotesi scientifica al giudizio delle persone competenti. Qualora il risultato si fosse rivelato insufficiente, tutto questo sarebbe stato solo uno shakespeariano "sogno di una notte d'estate", che, una volta svanito, avrebbe costretto il "troppo audace calzolaio, ammonito da Apelle" a tornare "senza rammarico alla sua scarpa consueta, dalla quale non avrebbe mai dovuto dipartirsi"².

La trattazione è preceduta da una sentita lettera di ringraziamento indirizzata all'amico Vignoli, evoluzionista di vecchia data, a cui il saggio è dedicato. È a lui infatti che si deve la stesura di questo lavoro. I due sono amici da lungo tempo. Al filosofo, più anziano di dieci anni, Schiaparelli ha già dedicato nel 1886 un poemetto

1. Archivio storico dell'Osservatorio astronomico di Brera, Milano (d'ora in poi AOB), *Corrispondenza scientifica*, cart. 169, minuta di Schiaparelli a Vignoli, [s.d.].

2. G. Schiaparelli, *Forme organiche naturali e forme geometriche pure. Studio comparativo*, in T. Vignoli, *Peregrinazioni antropologiche e fisiche*, Hoepli, Milano 1898, p. 271. Sul saggio si vedano F. Scudo, *Schiaparelli Giovanni Virginio*, in *Dictionnaire du Darwinisme et de l'Évolution*, édité par P. Tort, v. III, P.U.F., Paris 1996, pp. 3797-3800 e la voce aggiunta da Tort, *Schiaparelli*, ivi, pp. 3801-3806; P. Freguglia, *Considerazioni sul modello di Giovanni V. Schiaparelli per una interpretazione geometrica delle concezioni darwiniane*, in *Modelli matematici nelle scienze biologiche*, a cura di P. Freguglia, QuattroVenti, Urbino 1998, pp. 85-112; G. Landucci, *La riflessione teorica dei darwinisti italiani tra Otto e Novecento*, in *Giovanni Canestrini: Zoologist and Darwinist*, a cura di A. Minelli e S. Casellato, Istituto veneto di scienze, lettere ed arti, Venezia 2001, pp. 233-261; E. Canadelli, *Il Tycho Brahe dell'evoluzionismo: Giovanni Schiaparelli letto da Vailati e Volterra*, "Annuario del Centro Studi Giovanni Vailati", 2007, pp. 43-55.

in latino scritto sul retto e sul verso della prima pagina della copia inviata a Vignoli della terza memoria sul Pianeta Rosso, intitolata *Osservazioni astronomiche e fisiche sull'asse di rotazione e sulla topografia del pianeta Marte fatte nella Reale Specola di Brera in Milano col'equatoriale di Merz*. Mentre descrive con accenti poetici la sua mappa di Marte, sotto le spoglie di Achilles Parius, anagramma di Schiaparellius, egli si rivolge a Vignoli come a quel "*viro perillustri Tito Vignolio amico maxime colendo*"³ – un amico da tenersi nel maggior conto.

L'avventura intellettuale delle *Forme organiche naturali e forme geometriche pure* ha inizio un giorno di aprile, durante una conversazione tra i due amici a proposito dell'ordinamento sistematico degli esseri viventi. In questa occasione Vignoli si sofferma con Schiaparelli sulle riflessioni che a proposito della teoria dell'evoluzione sta conducendo da qualche tempo, in particolare durante le sue lezioni di antropologia all'Accademia scientifico-letteraria di Milano. A questi problemi egli avrebbe voluto dedicare un libro specifico, che però non vedrà mai la luce. Di queste idee rimane solo qualche traccia in articoli, conferenze o appunti per le lezioni. Pur tenendo ferma la sua adesione all'evoluzionismo, Vignoli elabora in questi anni una teoria ispirata alla sistematica classificatoria dei naturalisti Georges Cuvier ed Ernst von Baer. Questa teoria è incentrata su un'idea di evoluzione che avviene solo all'interno dei quattro tipi, o forme fondamentali invariabili (ovvero vertebrati, articolati, molluschi, radiati), in cui si organizza in maniera necessaria la materia vivente sulla base di determinate forme geometriche di struttura, esattamente "come le sostanze minerali non cristallizzano in più che sette sistemi di figure poliedriche"⁴. Nel sistema di Vignoli la materia non è quin-

3. Per la traduzione del poemetto cfr. G. Celoria, *L'opera di Giovanni Schiaparelli*, "Scientia", V, 9, 1911, pp. 300-303.

di mai amorfa, ma grazie a precise caratteristiche geometriche è divisa in quattro piani di struttura invariabili tra cui non può esistere alcun passaggio evolutivo.

Ascoltate con attenzione queste idee, Schiaparelli rimane colpito e trova il coraggio di confidare a Vignoli che anche lui, ormai da molto tempo, sta riflettendo su questi problemi arrivando a "congetturare relazioni fra le strutture organiche e quella Geometria, che tutto informa il Cosmo, così nel grande come nel piccolo"⁵. Del resto l'astronomo nel 1867, nella breve memoria *Sul modo di ricavare la vera espressione delle leggi della natura dalle curve empiriche*, si è già interessato alla possibilità di applicare la matematica allo studio della natura, attraverso la traduzione grafica di numerosi esperimenti e osservazioni, come avviene nella meteorologia.

Vignoli trova le tesi dell'amico stimolanti. Grazie al potente linguaggio della matematica egli le considera una conferma importante delle sue riflessioni. Dopo il primo scambio d'idee dell'aprile 1897, il filosofo continua a seguire da vicino le fasi di gestazione di *Forme organiche naturali e forme geometriche pure*, diventandone uno dei principali sostenitori. Ed è ancora Vignoli che su richiesta di Schiaparelli gli presta le opere di Darwin, insistendo con "ripetute e rispettose preghiere"⁶ perché pubblici qualcosa sull'evoluzionismo.

Di fronte alle incertezze dell'amico egli ingaggia una vera e propria battaglia per rendere pubbliche queste ricerche. In due brevi sunti scritti tra il 24 e il 25 aprile – oggi conservati insieme al manoscritto di *Forme organiche naturali e forme geometriche pure*

4. Schiaparelli, *Forme organiche ...*, cit., p. 269.

5. Ivi.

6. Vignoli, *Cenni sopra un Trattato di Geobiologia*, Tipografia Galli e Raimondi del Dott. Guido Martinelli, Milano 1899, p. 2.

tra le sue carte presso l'archivio dell'Osservatorio astronomico di Brera – Schiaparelli abbozza il nucleo argomentativo del saggio. Dopo aver letto questi primi appunti, Vignoli decide di annunciare le riflessioni dell'amico durante la sua conferenza del 2 maggio 1897 su *I musei moderni di storia naturale nella organizzazione della scienza*, in cui all'illustre uditorio intervenuto al Museo civico di storia naturale presenta anche la sua teoria evolutiva dei quattro tipi. Egli introduce le idee di Schiaparelli con una presentazione succinta delle sue:

La *materia vivente* per condizioni sue intrinseche molecolari, e fisico chimiche biologiche, non può ordinarsi che in queste quattro forme fondamentali, nella guisa che le varie sostanze minerali hanno un modo ciascuna di assetto cristallino tipico, entro brevi confini. La causa quindi delle forme fondamentali diverse e determinate, sta secondo le mie ricerche, e la personale dottrina nei rapporti intimi della materia vivente con definite forme *geometriche* di struttura. Perciò sin da principio questa *materia vivente*, a seconda di circostanze, leggi e azioni efficaci d'ambiente per ora a noi non tutte note, si andava *architettando* contemporaneamente nei quattro tipi fondamentali, che *non mai scomparvero*, mentre si estinsero specie, generi, ordini ecc. appartenenti a ciascuno dei Tipi⁷.

Non a caso, vista l'affinità di pensiero, per volere di Schiaparelli, nelle *Peregrinazioni antropologiche e fisiche* è proprio questa conferenza a precedere a mo' d'introduzione il suo saggio.

L'astronomo, forse infastidito dall'intraprendenza dell'amico, è ormai vincolato dall'annuncio fatto da Vignoli il 2 maggio al Museo civico di storia naturale, riportato a chiare lettere anche dal noto quotidiano cittadino "La Perseveranza", che il giorno seguente dà come probabile la pubblicazione da parte del filosofo di "un largo cenno della nota scientifica del suo illustre

7. Vignoli, *I musei moderni di storia naturale nell'organizzazione della scienza*, in Vignoli, *Peregrinazioni antropologiche ...*, cit., pp. 264-265.

amico e cooperatore scientifico"⁸. Pur convinto che "ciò che Ella scrive è assai più che [io] non meriti", alla fine di maggio a Schiaparelli non resta che comunicare rassegnato all'amico: "Fiat voluntas tua"⁹.

Incoraggiato da Vignoli, "il martello, che battendo sull'incudine lenta ed inerte, ne avrà fatto scaturire qualche scintilla di luce"¹⁰, il direttore dell'Osservatorio di Brera, ancora titubante riguardo la liceità di uno sconfinamento teorico in un campo diverso dal suo, si mette al lavoro. Dopo un periodo di silenzio, verso fine giugno riprende i contatti con Vignoli, informandolo sugli sviluppi presi dai suoi studi evoluzionistici: ben lontano dal voler disertare o dal cercare "qualche scappatoja per non soddisfare alla mia promessa", Schiaparelli gli scrive che "durante tutto questo tempo non ho fatto altro che pensare al sistema degli organismi naturali; ciò che era embrione si è venuto volgendo nel mio cervello, ciò che intravedeva in nube va determinando i suoi contorni; le equazioni inesatte e troppo generiche vanno assumendo rigore e senso definito"¹¹.

Convinto che la mancata pubblicazione all'interno del suo libro *Peregrinazioni antropologiche e fisiche* avrebbe rappresentato un danno per la scienza, è sempre Vignoli a tenere i rapporti con l'editore Hoepli, a prestare libri a Schiaparelli e a discutere con lui le dense minute che essi si scambiano prima di arrivare alla versione pronta per la stampa. A giugno, nel pieno dei lavori, Schiaparelli racconta all'amico, confidandosi sui retroscena della scrittura:

8. Cfr. *I Musei di storia naturale moderni nell'organizzazione sociale della scienza*, "La Perseveranza", 3 maggio 1897.

9. AOB, *Corrispondenza scientifica*, cart. 169, minuta di Schiaparelli a Vignoli, [s.d.].

10. Schiaparelli, *Forme organiche ...*, cit., p. 271.

11. AOB, *Corrispondenza scientifica*, cart. 169, minuta di Schiaparelli a Vignoli, 27 giugno 1897.

La verità è che il testo buono o cattivo che sia, ha assunto dimensioni tali da spaventare. La necessità di definire bene ogni concetto di questa intricata matassa mi ha obbligato a molte spiegazioni; malgrado il continuo sforzo di abbreviare e di compendiare sono giunto alle 60 pagine e non è ancora finito. Quello che ho cominciato in forma di lettera, è diventato un piccolo trattato diviso in quattro o cinque capitoli. L'uovo che, imitando il cuculo, io designai di deporre nel suo nido è riuscito veramente troppo voluminoso. Io penso, a ope facto, di far un sunto di 10 o 12 pagine al più; ma guardi che sarà un sunto poco chiaro, trattandosi di idee nuove per la maggior parte. Le manderò e il trattato e il sunto. Lei vedrà quel che Le conviene di fare. Tutto questo penso che sarà pronto alla metà di Luglio¹².

L'astronomo mantiene la promessa e il 13 luglio spedisce a Vignoli il manoscritto, il cui "contenuto, ahimè! è diventato *pesante* in più d'un senso"¹³, aspettandolo il giorno seguente per discutere insieme sul da farsi. Come preannunciato un mese prima, Schiaparelli ha preparato due versioni: una breve, in forma di lettera, di quattordici pagine senza figure; l'altra, invece, "un piccolo libro di 90 pagine con 20 figure geometriche, che appena ho il coraggio di farLe vedere", anche se "in questa ho potuto spiegarmi assai meglio che nell'altra". In attesa di conoscere il verdetto dell'amico, Schiaparelli commenta:

Non so quanto convenga a Lei e all'Editore. *Ella mi farebbe dispiacere se volesse sacrificare una sola delle sue pagine per far posto ad una delle mie*. E non Le dia fastidio che il lavoro maggiore abbia a restar inedito: esso è stata la necessaria preparazione per scrivere il lavoro minore, che ora credo valga ben più di quanto valesse lo scartafaccio che ebbi la sfacciataggine di mandarLe nel maggio passato. Quand'anche questo lavoro maggiore dovesse restar inedito adesso, non vi sarebbe gran male; io potrei farne oggetto di ulteriori meditazioni, e così forse renderlo più ponderato, e meno indegno del Suo nome, che vi troverà scritto in fronte¹⁴.

12. Ivi.

13. AOB, *Fondo Celoria*, cart. 533, fasc. 1, Schiaparelli a Vignoli, 13 luglio 1897.

14. Ivi.

La scelta cade ovviamente sul manoscritto più ricco. Il 21 luglio Vignoli comunica a Schiaparelli la decisione dell'editore, che non intende certo lasciarsi scappare un contributo così originale da parte di un autore hoepliano della reputazione internazionale di Schiaparelli: "L'Hoepli è contentissimo di tutto e si conforma ai di Lei desiderii. Anzi, ed io sento egualmente, egli è orgoglioso di stampare un lavoro suo originale. Le bozze Le verranno mandate a casa al solito"¹⁵. All'inizio del 1898 il volume di Vignoli contenente il saggio di Schiaparelli è nelle librerie.

Tra le maggiori personalità della scienza italiana, senatore del regno, studioso dagli interessi molteplici, tra i pionieri della storia dell'astronomia antica e fine conoscitore di lingue antiche, Schiaparelli basa la sua teoria, da lui chiamata dell'"evoluzione regolata o per tipi fissi", su un'inedita lettura geometrica del mondo vivente, una sorta di "platonismo evolutivo", a proposito del quale scrive con autoironia: "Non credo che Platone, il più ameno dei *bagoloni* [chiacchieroni], ne abbia mai pensate di più grosse"¹⁶.

Nonostante il saggio continui a ribadire che tra questo evolucionismo geometrico e la teoria darwiniana esistono punti di contatto, Schiaparelli in realtà rifiuta alcuni aspetti centrali della teoria di Darwin, principale interlocutore scientifico del saggio, di cui cita le opere più importanti, prima fra tutte l'*Origine delle specie* (1859). L'astronomo dedica infatti alcuni capitoli a una puntuale comparazione tra la sua ipotesi e quella di Darwin.

La serrata argomentazione di Schiaparelli si articola in otto capitoli, a loro volta suddivisi in settantaquattro punti, come in una dimostrazione matematica. L'intero ragionamento si basa su

15. AOB, *Corrispondenza scientifica*, cart. 170, Vignoli a Schiaparelli, 21 luglio 1897.

16. Ivi, cart. 169, minuta di Schiaparelli a Vignoli, 25 aprile 1897.

un'analogia logica tra le curve algebriche e gli enti organici: come l'infinita varietà delle forme geometriche pure dipende dalla variazione dei parametri di una stessa forma fondamentale, da lui chiamata anche "principio di costruzione", così gli esseri viventi sono variazioni delle proprietà che caratterizzano uno stesso tipo organico. In quest'ottica i singoli organismi appaiono come il risultato di una dialettica necessaria e determinata a priori. Una dialettica che si svolge tra, da un lato, l'unità di ciascun individuo – da cui dipendono i caratteri invariabili comuni a un dato sistema di organismi, sia esso chiamato genere, famiglia, ordine e classe – e, dall'altro, la variazione dei parametri.

Rispetto all'universo matematico delle curve, nella realtà contingente le cose sono complicate dai fattori dell'evoluzione, che nella spiegazione avanzata dall'astronomo rivestono più che altro una funzione perturbatrice. Tuttavia, nonostante questo "limite", per Schiaparelli gli enti della natura sono determinati a priori, allo stesso modo in cui in una formula matematica sono implicate tutte le infinite possibili combinazioni. Ogni nuova specie è quindi contenuta in potenza nel proprio tipo di appartenenza, manifestandosi di volta in volta a seconda delle circostanze. La natura come la vediamo non sarebbe altro che una combinazione di caratteri potenzialmente illimitata, un insieme dei frammenti sparsi di uno schema più grande, che non si realizza mai tutto in una volta.

Date queste premesse, Schiaparelli si confronta direttamente con alcuni temi cardine dell'evoluzionismo, quali il ruolo del caso e della selezione naturale, l'emergenza di nuove variazioni, l'atavismo, le forme intermedie della serie evolutiva, l'unità o la molteplicità dei centri di creazione delle specie. Su questi aspetti propone agli studiosi un'alternativa alla teoria darwiniana, che ai suoi occhi, se spiega bene alcuni aspetti, ne lascia in ombra altri; carenze del sistema sollevate con acume dallo stesso naturalista

inglese e ancora in discussione a quasi venti anni dalla sua morte. A queste difficoltà avrebbe tentato di dare una risposta con la teoria dell'evoluzione regolata, attestandosi in realtà su posizioni anti-darwiniane.

Per un fine matematico come Schiaparelli la natura non può essere guidata dal caso, abbandonata a un processo cieco, ma è il risultato delle variazioni dei parametri propri del tipo organico a cui ciascun individuo appartiene. Su questa base l'astronomo intende quindi fondare una direzionalità e una non-arbitrarietà presenti nelle trasformazioni in natura. Nel suo modello matematico bastano poche leggi, in particolare la legge di discontinuità della materia organica, ricavata grazie a un'analogia con il mondo inorganico dei cristalli e degli elementi chimici, e la legge di correlazione secondo cui, date certe variazioni, ne sono determinate o escluse altre. Queste poche leggi limitano, condizionano e guidano a priori gli effetti dell'evoluzione: matematica e biologia trovano così un inedito terreno di confronto.

Come ribadisce più volte, anche dopo la pubblicazione di *Forme organiche naturali e forme geometriche pure*, Schiaparelli è consapevole che rispetto all'universo matematico il mondo dei viventi è infinitamente più complicato, non da ultimo per il fattore del tempo, completamente assente nella geometria. Di fronte all'immutabilità imperturbabile delle curve, gli organismi appaiono contingenti, mutevoli, complessi dal punto di vista fisico, fisiologico e psicologico, soggetti a continue modificazioni e perturbazioni esterne. Eppure, al di là di queste specifiche differenze, la comparazione sul piano logico è possibile: come emerge chiaramente nel corso del testo, gli organismi per Schiaparelli mutano seguendo precise traiettorie nel tempo e nello spazio, nel contesto di una natura segnata dall'evoluzione discontinua e dalla separazione netta tra classi zoologiche, come suggerito dall'amico Vignoli, non a caso citato in alcuni passi del saggio. Per

l'astronomo, infatti, "in natura il continuo geometrico non esiste"¹⁷, allo stesso modo in cui la materia è un sistema discontinuo:

Così dunque nel regno inorganico vediamo emergere dal fondo generale dei fenomeni una spiccata tendenza alla creazione di tipi specifici bene determinati e distinti l'uno dall'altro, le cui serie o classi procedono per differenze notabili e non per gradazioni insensibili. Or questa medesima tendenza in misura anche assai più evidente e con numero molto maggiore di esempi si manifesta nel regno organico dove ogni animale, ogni pianta appartiene ad una specie, ed in essa si può classificare nel maggior numero dei casi senza incertezza, dietro esame dei suoi caratteri; onde la Botanica e la Zoologia sono fra tutte le scienze quelle che fanno una più larga parte allo studio della classificazione¹⁸.

"*Natura non facit saltus*, si diceva una volta; eppure sembra che li faccia davvero"¹⁹, commenta a questo proposito Schiaparelli in una lettera di poco successiva all'uscita del saggio. All'immagine delle ramificazioni dell'albero genealogico che si dipartono da un unico ceppo si sostituisce quindi la rappresentazione di serie analogiche tra loro parallele, linee di forza lungo le quali si propaga la vita. All'idea di un'evoluzione come vicenda filogenetica egli sostituisce un trasformismo imposto alle forme dai rispettivi tipi di appartenenza. La sistematica prende così il posto della relazione genetica.

La spiegazione darwiniana in termini di variazioni casuali, selezione naturale, lotta per la sopravvivenza ed ereditarietà sembra a Schiaparelli troppo arbitraria e accidentale per rendere conto di fenomeni che ai suoi occhi presentano invece un rigore quasi matematico. Sotto l'effetto di un'evoluzione libera e senza freni la natura produrrebbe una popolazione di mostri, affermazio-

17. Schiaparelli, *Forme organiche...*, cit., p. 306.

18. Ivi, p. 309.

19. AOB, *Corrispondenza scientifica*, cart. 171, minuta di Schiaparelli a Celestia, 18 marzo 1898.

ne contraddetta dalla realtà stessa. Darwin ha dato troppo spazio alle circostanze in cui l'organismo vive e si sviluppa, circostanze complesse che l'astronomo paragona alle "onde nel mare in burrasca"²⁰, che allontanano la biologia dalla possibilità di ottenere una conoscenza certa dei viventi. Per comprendere il mondo organico Schiaparelli guarda allora all'universo che conosce meglio, quello della matematica, della fisica classica e delle leggi invariabili che regolano il mondo della materia, dalla chimica alla cristallografia. L'evoluzione per lui non è assolutamente libera, "ma è legata ad una formula fondamentale; i suoi risultati sono liberi soltanto entro i limiti concessi da una tal formula; il tipo trasformato si adatterà all'ambiente tanto, quanto da quella gli è concesso"²¹. Per chiarire questa dialettica tra necessità e libertà, egli utilizza nel saggio la suggestiva metafora del viandante, il quale "benché legato nel suo andare alle stazioni prenotate sulla carta geografica, potrà arrivare a Roma altrettanto bene, quanto un uccello libero di seguir nell'aria la via più diretta"²².

Schiaparelli non è certo il primo a cercare d'interpretare il vivente attraverso il linguaggio della geometria, né sarebbe stato l'ultimo. Tra i tentativi cronologicamente a lui più vicini c'è per esempio quello del noto evoluzionista tedesco Ernst Haeckel che, nell'imponente opera in due volumi *Generelle Morphologie der Organismen* del 1866, mai tradotta in italiano, propone sulla base di alcuni principi di simmetria una classificazione matematica dei viventi, che lui chiama "promorfologia o cristallografia organica". Non a caso, proprio alle concezioni di Haeckel, si richiama Vignoli durante la conferenza su *I musei moderni di storia naturale nella organizzazione della scienza*, il cui testo in *Peregrinazioni antropolo-*

20. Schiaparelli, *Forme organiche...*, cit., p. 348.

21. Ivi, p. 348-349.

22. Ivi, p. 359.

giche e fisiche precede il saggio dell'astronomo. Rispetto a questi tentativi, come fa notare a Schiaparelli lo zoologo Giacomo Cattaneo, il suo lavoro propone per la prima volta "un concetto veramente originale e nuovo"²³, che va al di là di un confronto esteriore e superficiale tra le forme organiche e quelle geometriche, e che si distanzia allo stesso tempo da metodi statistici, o incentrati sulla misurazione del vivente, come per esempio quelli della somatometria, all'epoca in piena ascesa.

Cattaneo non è il solo tra i contemporanei a cogliere la novità di *Forme organiche naturali e forme geometriche pure*. Il grande fisico e filosofo viennese Ernst Mach in una lettera a Schiaparelli del 1898 su queste nuove ricerche, si rivolge all'astronomo come al "Zukunftsmathematiker"²⁴ – il matematico del futuro destinato a trovare la formula in grado di esprimere il modo con cui i parametri, variando, determinano le infinite forme della natura e i passaggi da un tipo a un altro. Il saggio non passa inosservato, come mostrano le recensioni apparse all'epoca su riviste scientifiche nazionali e straniere, dal "Pensiero Nuovo" alla "Rivista di scienze biologiche", dall'"Archivio di psichiatria, scienze penali ed antropologia criminale" all'"Année biologique". Il fronte delle reazioni è diversificato, ma tutti i protagonisti della vicenda riconoscono l'originalità di questo lavoro che apre alla biologia nuovi campi di riflessione e all'evoluzionismo nuove strade da percorrere. Il fatto che il suo autore non accetti alcuni degli aspetti fondamentali della teoria darwiniana, lungi dal nuocergli ne accresce l'interesse. Così dicasi per quanto riguarda le pratiche della ricerca biologica. Un aspetto, quest'ultimo, apertamente sottolineato dall'autore, che nel 1898 scrive al giovane biologo Paolo

23. AOB, *Corrispondenza scientifica*, cart. 175, G. Cattaneo a Schiaparelli, 24 febbraio 1900.

24. Ivi, cart. 171, E. Mach a Schiaparelli, 18 aprile 1898.

Celesia: "La mia ignoranza nelle cose di Storia Naturale, e principalmente di fisiologia, è molto grande"²⁵.

Al dibattito sulla teoria dell'evoluzione regolata partecipano biologi, filosofi e matematici, antievoluzionisti ed evoluzionisti di diversi orientamenti. Il confronto tra i diversi attori lascia emergere un tentativo di dialogo tra l'impostazione matematico-morfologica di Schiaparelli, supportato dall'amico Vignoli, e quella fisico-biologica (e anche psicologica) dei naturalisti, per lo più dubbiosi riguardo la legittimità di applicare la matematica alla conoscenza del vivente. Tracce di questa discussione si trovano per esempio nei commenti dello psichiatra Enrico Morselli, personaggio chiave del positivismo italiano. Egli giudica il saggio "bellissimo", ma dichiara anche di avere "reminiscenze di matematica troppo pallide"²⁶ per comprenderlo in profondità e di non essere affatto convinto che la semplicità della geometria possa davvero cogliere la complessità tutta contingente della sfera organica. Nel febbraio 1899, sul "Pensiero italiano", Morselli riassume la posta in gioco. La pubblicazione del saggio di Schiaparelli, scrive,

costituisce un avvenimento di grande significato nei progressi della Biologia generale. Non è a stupire che lo scopritore di tante meraviglie nel mondo astronomico abbia rivolta la sua attenzione ai problemi del mondo vivente: le leggi, che regolano l'universo, sono ovunque le medesime, sia per riguardo alle grandi moli roteanti nello spazio, sia per riguardo ai più piccoli cristalli, ai minimi fra i corpi organizzati viventi. Un grande scienziato, come lo Schiaparelli, è ben in grado di afferrare colla sua mente i problemi più diversi, di vederne le lacune e le oscurità, e con sintesi ardita di empirie le une, di illuminare le altre. È ciò che ha fatto l'insigne uomo trattando genialmente, da pari suo, della formazione degli organismi. Non tutte le idee che egli profonde, con larghezza di gran signore, nel suo *Saggio* saranno accettate dai naturalisti²⁷.

25. Ivi, minuta di Schiaparelli a Celesia, 18 marzo 1898.

26. Museo civico di storia naturale, Milano, *Fondo Vignoli*, b. 1, fasc. 6, E. Morselli a Vignoli, 28 febbraio 1898.

27. E. Morselli, *Vignoli Tito, Peregrinazioni antropologiche e fisiche...*, "Il Pensiero nuovo", III, 3, 1899, p. 121.

A proposito di quest'ultima osservazione Schiaparelli commenta da parte sua: "*E allora vale ben poco!*"²⁸. Ma Morselli continua:

In varii punti egli sembra che consideri troppo gli esseri viventi col criterio del puro matematico e le forme organiche colla semplicità del geometrica, sì da porre in disparte per l'appunto ciò che le distingue dai corpi naturali e dai cristalli, la vitalità e l'organicità. Ma, certo, chiunque d'ora in poi si accingerà allo studio della biontogenesi e soprattutto delle leggi secondo le quali gli organismi acquistano e mantengono determinate forme anzi che altre o dissimili o varianti, dovrà tener conto dei concetti del massimo fra i nostri astronomi, ed esaminare se le formule da lui costrutte siano o no applicabili all'evoluzione della vita e dell'organizzazione²⁹.

Già in una sua precedente lettera a Schiaparelli, nell'aprile 1898, Morselli esprime all'astronomo i suoi dubbi a proposito di una interpretazione dell'evoluzione eccessivamente morfologica: Schiaparelli guarda infatti "gli organismi sotto un aspetto relativamente esteriore, nella *forma*", mentre sarebbe necessario "applicare le Sue dottrine, ove siano applicabili, al fatto interiore degli organismi stessi, alla *funzione* e soprattutto al *fattore psichico*, cui, secondo i più autorevoli e moderni evoluzionisti – anche se morfologi puri, come il compianto Cope – si deve assegnare una somma efficacia nella produzione delle forme"³⁰.

Non che Schiaparelli sottovalutasse queste divergenze metodologiche. Dopo l'uscita del saggio egli sottolinea infatti varie volte che il suo richiamo alle forme geometriche pure è una similitudine utile per giungere a conclusioni di carattere generale, più che a una teoria compiuta. Come tale essa non pretende di esaurire il dato biologico, che deve essere studiato sperimentalmente nella sua complessità dai naturalisti. Il fatto "di ridurre gli orga-

28. AOB, Fondo Schiaparelli, cart. 443, fasc. 1, *Quaderno di appunti di Schiaparelli sull'evoluzione*, p. V.

29. Morselli, *Vignoli Tito ...*, cit., p. 121.

30. AOB, *Corrispondenza scientifica*, cart. 171, Morselli a Schiaparelli, 28 aprile 1898.

nismi a pochi simboli, quasi fissi e pezzi di una scacchiera, ha un valore più formale che reale"³¹. Schiaparelli riassume questo concetto di specificità biologica con un paragone suggestivo: come il matematico può comprendere la legge secondo cui si muovono gli ingranaggi di un orologio, così al naturalista spetta lo studio del meccanismo, perché "egli solo può colle sue indagini di ogni forma, di ogni funzione, condurre alla esatta comprensione di ciò che si nasconde sotto l'apparenza di uno schema matematico"³².

Al dibattito sulle *Forme organiche naturali e forme geometriche pure*, che interessa particolarmente l'Italia, partecipa anche il filosofo e matematico Giovanni Vailati. Al contributo di Schiaparelli, di cui è amico, egli dedica un'acuta recensione sulla rivista del noto psichiatra torinese Cesare Lombroso "Archivio di psichiatria, scienze penali ed antropologia criminale". Vailati non nasconde le sue perplessità e non di meno parla del saggio come di un lavoro "denso di preziose suggestioni e di geniali vedute"³³, che ha il merito di dare un rinnovato impulso alla ricerca evuzionistica in un momento di difficoltà come quello della fine del secolo; un momento in cui, paradossalmente:

I medesimi fatti, che dal Darwin stesso erano considerati come suscettibili di fornire argomenti in favore degli avversari della teoria dell'evoluzione organica, vengono ora semplicemente riguardati come prove dell'attuale imperfetta conoscenza dei fattori che vi hanno contribuito e come stimoli per approfondire le ricerche sulle leggi dalle quali essa è regolata; mentre una gran parte di quelle affermazioni, che per Darwin costituivano delle ipotesi da provare e da difendere, sono diventate pei suoi successori dei fatti da spiegare, suscettibili essi stessi di servir di base a nuove ipotesi e a nuove teorie³⁴.

31. Ivi, minuta di Schiaparelli a Morselli, 10 maggio 1898.

32. Ivi.

33. Vailati, G. *Schiaparelli. Studio comparativo tra le forme organiche naturali e le forme geometriche pure*, 1898, in Vailati, *Scritti (1863-1909)*, Barth-Successori Seeber, Leipzig-Firenze 1911, p. 193.

34. Ivi, p. 192.

Tra le nuove ipotesi scaturite dai nodi problematici del pensiero di Darwin figura a pieno titolo anche la teoria dell'evoluzione regolata di Schiaparelli, definito da Vailati "il Tycho Brahe dell'evoluzione". L'accostamento tra Darwin e Schiaparelli, da un lato, e Copernico e Brahe, dall'altro, non è approfondito, ma può essere interpretato come un riferimento agli aspetti antidarwiniani contenuti in questa teoria: al pari del sistema geo-eliocentrico di Brahe, che descrive in modo geometrico nuovo i fenomeni celesti, mantenendo, contrariamente a Copernico, il principio dell'immobilità terrestre, il saggio di Schiaparelli spiega matematicamente l'evoluzione, conservando un'idea di ordine deterministico estranea alla teoria di Darwin.

Alla discussione non si sottraggono nemmeno i filosofi. Più che sulle equazioni essi si concentrano maggiormente sull'idea generale di evoluzione discontinua e regolata proposta da Schiaparelli e appoggiata da Vignoli. L'amico infatti viene pienamente coinvolto nel dibattito e nelle recensioni è spesso accostato al lavoro dell'astronomo. Ciononostante Vignoli – che di fronte a Schiaparelli si paragona a "un'esile e lillipuziana scimmietta"³⁵ seduta in groppa a un imponente elefante o a un'impercettibile pianetuzzolo nei luminosi drappelli dei gravi globi celesti"³⁶ – insiste in più occasioni sull'autonomia dei percorsi che li hanno portati a conclusioni simili. Nel 1899, ad esempio, nel pieno della discussione, nell'articolo *Cenni sopra un Trattato di Geobiologia* egli ritorna a due anni prima, a quel fatidico incontro dell'aprile 1897, raccontando che:

Noi due (mi sia permesso per *necessità* estrinseca di numerarmi con Lui), quando tenemmo quel colloquio, avevamo già da molto tempo

35. AOB, *Corrispondenza scientifica*, cart. 174, Vignoli a Schiaparelli, 24 novembre [1899].

36. Ivi, cart. 170, Vignoli a Schiaparelli, 21 luglio 1897.

segnato nella mente, e nelle note il proprio sistema; o meglio il modo d'interpretare i fenomeni organici nella loro vasta complessità; né l'uno sapeva il pensiero dell'altro, intraprendendo le ricerche con assoluta spontaneità personale. Ed io infatti conobbi la sua dottrina, dopo che a tratti egli me la palesò. Onde se partimmo dall'identico concetto fondamentale, che è quello delle necessità geometriche in tutti i fenomeni, le loro forme, i loro moti del mondo inorganico-organico, lo svolgimento poi delle rispettive dottrine è affatto personale³⁷.

Tra coloro che criticano la teoria di Schiaparelli, associata a quella di Vignoli, riconosciamo in particolare Erminio Troilo, all'epoca seguace di Roberto Ardigo. Troilo contesta la visione discontinua del processo evolutivo che emerge dal saggio. Egli si richiama alla concezione continua e progressiva dell'evoluzione sostenuta con forza da Haeckel, che all'epoca in Italia gode di un largo seguito da parte di autori importanti come Morselli. La questione assume dunque "un carattere filosofico universale", che si risolve nella considerazione che "la legge di discontinuità non si possa applicare nel campo organico, e tanto meno si possa assumere come legge del cosmo. Come legge universale resta, nell'unità, la continuità universale"³⁸. Per di più, per Troilo, è del tutto illegittimo il passaggio logico dal piano inorganico a quello dei viventi, operato da Schiaparelli nel corso del saggio:

La considerazione della discretezza degli atomi della materia, dei rapporti delle combinazioni chimiche, dei sette tipi di cristallizzazione ecc., non può estendersi alla considerazione del campo dei viventi. Le relazioni che corrono tra il sistema esagonale e il monoclino, sono tutt'altro che quelle che corrono per esempio tra il tipo vertebrato e l'invertebrato: e mentre a nessuno viene in mente di dire che la forma cristallografica esagonale è una evoluzione genetica della forma monoclinale, la scienza pone invece per i viventi chiaro il problema che l'invertebrato si svolge dal vertebrato³⁹.

37. Vignoli, *Cenni sopra ...*, p. 2.

38. E. Troilo, *Studio comparativo tra le forme organiche naturali e le forme geometriche pure*, "Il pensiero nuovo", I, 4-5, 1898, p. 268.

39. Ivi, p. 266.

Nel confronto si fanno sentire, seppur a margine, anche voci contrarie alla teoria dell'evoluzione. Il filosofo cattolico Lucio Gabelli in una lunga esposizione critica di *Forme organiche naturali e forme geometriche pure*, apparsa nel 1900 sulla rivista il "Pensiero aristotelico nella scienza moderna", sostiene che la "genesì matematica della specie" non manca certo di seduzione. L'errore dell'astronomo consiste piuttosto nell'essersi "ostinato a far servire il confronto da esso tanto genialmente rilevato tra le forme geometriche pure e gli organismi viventi, all'idea fissa degli odierni biologi, all'errore dominante: l'evoluzionismo"⁴⁰. Per sostenere la teoria dell'evoluzione, Schiaparelli ha così rinunciato alla sua logica di matematico: se le forme geometriche sono tenute insieme da una formula generale e non da un nesso genetico, perché questo non può valere anche per gli esseri viventi? Perché non ammettere, in chiave teologica e antievoluzionista, che "alla formula unica, all'ordine" non può che conseguire "l'esistenza di un ente ordinatore, che nel caso nostro è Dio creatore?"⁴¹. Schiaparelli, infatti, alla fine del sesto capitolo specifica chiaramente che il concetto di formula fondamentale non rimanda a un *Deus ex machina*, né a un concetto metafisico, indicando unicamente una stringente necessità logica dei fenomeni; una necessità che desta erroneamente in noi l'idea di finalità, ma che è in realtà espressione del determinismo assoluto della matematica, che guida la natura secondo un piano rigoroso come nella tradizione di Laplace.

Al di là di questi interventi, è nella comunità di biologi e zoologi che si consuma il confronto più acceso. Nelle fila degli entusiasti milita in prima linea il giovane Paolo Celesia, il quale inserisce la teoria dell'evoluzione regolata tra i punti program-

40. L. Gabelli, *L'evoluzione per tipi fissi, secondo lo Schiaparelli. Esposizione ed osservazioni critiche*, "Il pensiero aristotelico nella scienza moderna", I, 2, 1900, p. 68.

41. Ivi, p. 69.

matici della "Rivista di scienze biologiche" (poi "Rivista di biologia"), da lui fondata nel 1899 insieme a Morselli. Proprio sulle pagine di questo periodico è ospitato gran parte del dibattito riguardante *Forme organiche naturali e forme geometriche pure*. Nel primo numero della rivista, su ottanta pagine trentadue sono dedicate alle teorie evoluzionistiche di Vignoli e Schiaparelli; del primo Celesia pubblica l'articolo *Del massimo problema della Biologia* e recensisce i saggi *Intorno ai fattori della evoluzione organica* e *I musei moderni di storia naturale nella organizzazione della scienza*. Ma non solo. A fine fascicolo egli propone una lunga e dettagliata recensione di quello che definisce uno dei maggiori contributi dati alla biologia di quegli anni. Schiaparelli infatti ha "aggregato l'origine delle specie da un punto di vista del tutto nuovo ed originale", creando "una teoria *nuova* (fatto assai raro per la Biologia in Italia!)"⁴². Tra i pregi di questo lavoro c'è quello d'introdurre "con maggior rigore il determinismo nel campo della biologia"⁴³, grazie alla scoperta di una "meravigliosa e non sospettata analogia con altre leggi del mondo inorganico: colla legge di razionalità degli indici in cristallografia, colla legge periodica di Mendeleieff e con quella delle proporzioni multiple di Dalton in chimica"⁴⁴. La teoria dell'evoluzione regolata di Schiaparelli, con cui ha iniziato uno scambio epistolare particolarmente interessante, rappresenta agli occhi di Celesia una valida possibilità per spiegare razionalmente i punti rimasti oscuri nel sistema di Darwin, temperando "il concetto di quegli evoluzionisti che esagerano la potenza dei fattori di evoluzione". "Noi",

42. AOB, *Corrispondenza scientifica*, cart. 171, P. Celesia a Schiaparelli, 11 marzo 1898.

43. P. Celesia, G. V. Schiaparelli. *Studio comparativo tra le forme organiche naturali e le forme geometriche pure*, "Rivista di scienze biologiche", I, 1, 1899, p. 80.

44. AOB, *Corrispondenza scientifica*, cart. 171, P. Celesia a Schiaparelli, 11 marzo 1898.

conclude infatti ispirandosi a Schiaparelli, "dobbiamo concepire l'azione di questi ultimi come regolata e limitata da parecchie cause generali"⁴⁵.

Al fianco di Celesia si schierano Vignoli, lo zoologo Giovanni Battista Grassi e perfino Lombroso. Quest'ultimo, a margine di una lettera a Schiaparelli, accenna l'idea, senza svilupparla, di voler usare l'evoluzione regolata in antropologia, applicando "la vostra potente sintesi zoologica alla trasformazione delle razze umane"⁴⁶. Da parte sua Vignoli coordina il fronte della difesa, pubblica articoli a favore delle teorie dell'amico e le utilizza nelle sue lezioni di antropologia all'Accademia scientifico-letteraria come autorevoli conferme della sua ipotesi dei quattro tipi organici; mentre il famoso batteriologo Grassi vede nell'evoluzione regolata un rimedio all'evoluzionismo ideologico e volgare, "una *verità indiscutibile*: che apre una via nuova affatto alle scienze organiche, la sola possibile nella vasta anarchia, ove precipitano le scienze biologiche per le esagerazioni ed i sogni degli *evoluzionisti* maggiori, compresa la lezione dei *mediocrisimi*"⁴⁷.

Per molti dei protagonisti di questo dibattito, *Forme organiche naturali e forme geometriche pure* è in primo luogo una lezione di metodo per la biologia, in una *fin de siècle* contrassegnata da un darwinismo in fase di discussione e ripensamento, dopo gli eccessi della seconda metà dell'Ottocento. Vignoli, per esempio, scorge nell'amico Schiaparelli un antidoto contro le "gramigne"

45. Celesia, G. V. Schiaparelli. *Studio ...*, cit., p. 75.

46. AOB, *Corrispondenza scientifica*, cart. 174, C. Lombroso a Schiaparelli, 26 ottobre 1899.

47. Ivi, cart. 172, Vignoli a Schiaparelli, 29 luglio 1898. Nel 1911 Grassi torna a parlare della teoria di Schiaparelli, cfr. *I progressi della biologia e delle sue applicazioni pratiche conseguite in Italia nell'ultimo cinquantennio*, Accademia dei Lincei, Roma 1911, p. 131.

della scienza, i "Lombrosiani, Ardigòiani", che "hanno riempito l'orto della scienza di ortiche, o al più al più di patate"⁴⁸, i vari "Emery, Morselli e compagnia bella, che si credono i viceré intangibili del fanatismo Haeckeliano, il Gran Pontefice della Filogenesi"⁴⁹. Contro le "giovani zucche che guastano tutto, con le esagerazioni, la nessuna preparazione, e una dottrina citrulla, e da pagliacci"⁵⁰, contro una scienza "divenuta una balzana fraseologia, tutta buccia e tenerume, ma senza midollo, e sostanza"⁵¹, Vignoli oppone il rigore di un matematico di fama internazionale. E non è il solo. Nonostante le riserve teoriche, anche lo zoologo Giacomo Cattaneo è contento di vedere che Schiaparelli "rivolge alla biologia la sua mente poderosa e sintetica, applicandovi il rigore abituale dei suoi studi matematici e astronomici, mentre ancora non pochi biologi si limitano a uno stretto tecnicismo ed empirismo o trasmodano in dottrine intemperanti"⁵². L'astronomo offre quindi alla comunità dei biologi italiani un orizzonte metodologico in grado di rispondere alle esagerazioni del positivismo e a sintesi biologiche troppo ardite.

Sul fronte dei critici svetta su tutte la figura dello zoologo dell'Università di Bologna Carlo Emery, vicino alle teorie di August Weismann e autore di uno dei più fortunati manuali di zoologia del tempo. In una nota pubblicata sulla "Rivista di biologia", suscitata dalla lettura del primo fascicolo del periodico di Celesia, dopo aver attaccato Vignoli, egli si concentra sul saggio di Schiaparelli. Accostato ai sostenitori dell'ortogenesi, Vignoli è colpevole di avversare i neodarwinisti e di avallare una teoria erronea co-

48. Ivi, Vignoli a Schiaparelli, 27 luglio 1898.

49. AOB, *Corrispondenza scientifica*, cart. 173, Vignoli a Schiaparelli, 24 maggio 1899.

50. Ivi, cart. 174, Vignoli a Schiaparelli, 6 agosto [1899].

51. Ivi, cart. 172, Vignoli a Schiaparelli, 27 luglio 1898.

52. Ivi, cart. 176, G. Cattaneo a Schiaparelli, 25 ottobre 1900.

me quella dei tipi, i quali non sono altro che "una pura astrazione della mente che da una somma di osservazioni concrete ricava un disegno generale, non sempre rispondente al vero"⁵³ e certamente lontano dalla complessità della natura. Passando a Schiaparelli, Emery fa notare come

il pensiero che le manifestazioni diverse della natura possano essere espresse con equazioni algebriche, e che queste siano casi speciali di formole più generali, si affaccia spontaneamente a chi scorge nell'universo percettibile dai sensi, non soltanto un oggetto di meraviglia, ma un argomento di studio non inaccessibile alla nostra intelligenza. E perciò, attribuire a ciascun organismo la sua equazione specifica, alle cui variazioni corrispondano modificazioni dell'organismo stesso, è un pensiero che, nella sua arditezza mi piace: esso tende a creare nuovi simboli, sui quali la mente possa lavorare con ragionamenti astratti, che dovrebbero poi, per non rimanere vana speculazione, essere ricondotti a concetti concreti, quindi suscettibili di controllo empirico⁵⁴.

Anche se Emery valuta in parte positivamente il tentativo di Schiaparelli, accostato all'ortogenesi, nel suo ragionamento – che andrebbe comunque testato e provato nel campo dell'empiria – egli intravede contraddizioni e soprattutto la totale assenza di valore dimostrativo. A opporlo alla teoria dell'evoluzione regolata sono diversi fattori, tra cui l'essere contrario alla visione discontinua del processo evolutivo per tipi fissi, la troppa astrazione e soprattutto la trasformazione dei legami filogenetici e di parentela tra le forme in soli legami analogici e sistematici. I due amici si scambiano commenti sulle critiche loro rivolte. A parere di Vignoli, Emery ha "giudicato alla carlona i frammenti di un'intera dottrina" e "non ha capito niente: e i controcalcoli che fa, mi danno il sospetto che di geometria ne sappia pochino, per non di-

53. C. Emery, *Osservazioni critiche*, "Rivista di scienze biologiche", I, 4, 1899, p. 297.

54. Ivi, p. 298.

re *nulla*. È inutile rispondere, rispondono le *cose!*"⁵⁵. Anche Schiaparelli minimizza, convinto che le obiezioni "al mio opuscolo non son difficili a risolvere"⁵⁶. In sostanza si riaffaccia con Emery la distanza metodologica e di approccio tra matematica e scienza della natura; aspetto sottolineato anche da Giacomo Cattaneo, che nel corso del 1900 intrattiene con Schiaparelli un proficuo scambio epistolare, ricco di consigli e approfondimenti, da cui l'astronomo ricava interessanti spunti.

Attivo collaboratore della "Rivista di scienze biologiche" di Celesia, addentro al dibattito evoluzionistico dell'epoca, Cattaneo contatta Schiaparelli per ottenere un estratto di *Forme organiche naturali e forme geometriche pure* da inserire sull'"Année Biologique", che definirà il saggio di "une originalité absolue"⁵⁷. Schiaparelli accetta, felice di poter ritornare sull'opera che, come scrive, "ho avuto l'imprudenza di pubblicare o almeno di lasciar pubblicare. Ora dopo il primo peccato mi tocca fare il secondo: *abyssus abyssum invocat*"⁵⁸.

Ciò che colpisce in profondità Cattaneo è il passaggio dal piano matematico delle curve e delle figure a quello biologico dei bisturi e dei microscopi. La possibilità di creare modelli, che piace ai matematici, disturba infatti un biologo come Cattaneo, che vede la vita imbrigliata in schemi eccessivamente astratti. Egli trova il ragionamento di Schiaparelli "perfettamente logico e conseguente", ma "se dalla altezza a cui Ella si è elevata con la generalizzazione matematica, vogliamo qualche volta discendere, per trovare i ri-

55. AOB, *Corrispondenza scientifica*, cart. 173, Vignoli a Schiaparelli, 24 maggio 1899.

56. Ivi, minuta di Schiaparelli a Vignoli, 26 maggio 1899.

57. Y. Delage, A. Labbé, *Théories générales – Généralités*, "L'Année biologique", IV, 1900, p. 791.

58. AOB, *Corrispondenza scientifica*, cart. 175, minuta di Schiaparelli a Cattaneo, [s.d.].

scontri tra le leggi geometriche e i fatti biologici (che, così complessi come sono, possiamo solo per ora significare in modo descrittivo e approssimativo) ci si presentano alcune difficoltà⁵⁹.

Soffermandosi sul ruolo dei fattori evolutivi, marginale per l'astronomo, Cattaneo cerca di interpretare in senso biologico la sua teoria e continua:

Pur ammettendo la legge fondamentale geometrica come sintesi astratta dell'insieme dei fenomeni, io non crederei ch'essa abolisca l'efficienza dei così detti fattori dell'evoluzione, rendendoli semplici elementi perturbatori estrinseci. In tutti i fatti fisici la legge geometrica è appunto la sintesi astratta, ma non la spiegazione meccanica. Per agire su degli organismi si richiede un'energia naturale, la quale può procedere con legge geometrica, ma non è una legge geometrica essa stessa. Le leggi di Keplero spiegano geometricamente il sistema solare, ma hanno la loro spiegazione meccanica nella gravitazione universale. Io posso coll'astrazione allungare o allargare un'ellisse, finché è una figura geometrica, ma se è fatta da una molla d'acciaio, devo materialmente comprimerla per deformarla. Quindi la legge matematica riassume come in un'ultima sintesi generalissima il fenomeno, ma non lo produce; ogni forma è pur sempre il risultato di quegli intricati lavori fisico-biologici, a cui si dà il nome di fattori evolutivi⁶⁰.

Le forme geometriche, sferiche, elicoidali o a spirale degli organismi, sono quindi il risultato del lavoro operato dai fattori naturali. La matematica permette di sintetizzare e generalizzare, ma non di produrre i fenomeni: la planaria, per Cattaneo, se tagliata in pezzi si rigenera non per necessità astratta, ma per l'azione riproduttiva delle cellule dirette dal sistema nervoso. Nonostante le riserve nei confronti di eccessive generalizzazioni, Cattaneo, studioso di somatometria, si rende comunque conto dell'importanza che le schematizzazioni formali hanno per la soluzione di problemi scientifici, citando a questo proposito non solo le scien-

59. Ivi, G. Cattaneo a Schiaparelli, 24 febbraio 1900.

60. Ivi.

ze comparate, come la linguistica e l'anatomia, ma anche la statistica e il calcolo delle probabilità, fruttuose quando vengono applicate ai fenomeni sociali. Un riconoscimento che non gli impedisce di rivendicare l'autonomia delle scienze naturali, del loro ambito e del loro compito.

Gli anni del dibattito intorno alle idee di Schiaparelli sono del resto segnati da un vivace interesse intorno alla possibilità di applicare la matematica alla biologia, all'economia e alle scienze sociali. Accanto ai nomi di Karl Pearson, Francis Galton, Vilfredo Pareto e Lorenzo Camerano, in Italia è soprattutto Vito Volterra, pioniere della biomatematica e più tardi fondatore del CNR, a inaugurare un vero e proprio filone di studi. Già nel 1898, lo stesso anno dell'uscita di *Forme organiche naturali e forme geometriche pure*, nella conferenza *Sul fenomeno delle sesse*, tenuta a Torino il 23 settembre 1898 in occasione del Congresso della Società italiana di fisica⁶¹, Volterra si dedica a un caso specifico di applicazione della matematica allo studio della natura, concentrandosi nello stesso periodo sulle dinamiche di popolazione in relazione alla pesca e allo sfruttamento razionale delle risorse marine. In questo settore, anche grazie alla collaborazione con il genero, il biologo Umberto D'Ancona, Volterra si distingue soprattutto a partire dagli anni Venti, con la pubblicazione di scritti quali *Variazioni e fluttuazioni del numero di individui in specie animali conviventi* del 1926 e la monografia *Les associations biologiques au point de vue mathématique* del 1935.

Non a caso, quindi, nel 1901 Volterra si richiama nel suo di-

61. Il testo integrale della conferenza è pubblicato postumo negli anni Cinquanta del Novecento in V. Volterra, *Sul fenomeno delle "sesse"*, in *Opere matematiche*, v. 2, Accademia nazionale dei Lincei, Roma 1956, pp. 370-378. Nel 1898 appare solo un sunto sulla rivista "Il Nuovo Cimento", VIII, pp. 270-272. Su questi temi cfr. S. Linguerrri, *Vito Volterra e il Comitato talassografico italiano*, Olschki, Firenze 2005.

scorso *Sui tentativi di applicazione delle matematiche alle scienze biologiche e sociali*, pronunciato in occasione dell'inaugurazione dell'anno accademico dell'Università di Roma, anche all'"ardito tentativo del più illustre astronomo dei nostri giorni, lo Schiaparelli, di costruire un modello geometrico atto allo studio delle forme organiche e della loro evoluzione"⁶², equiparato ai modelli meccanici della fisica di Maxwell e Boltzmann.

Con Volterra emerge questa volta il punto di vista dei matematici e non dei biologi. Schiaparelli ha fatto bene a pubblicare *Forme organiche naturali e forme geometriche pure* perché il matematico ha il dovere di aiutare le discipline più giovani, in particolare le scienze biologiche e sociali, avendo a disposizione un metodo certo e prezioso che può dissolvere le dense nebbie in cui sono ancora avvolti alcuni problemi. La matematica, utile per ottenere leggi generali e immaginare nuove ipotesi di lavoro, appare allora come "la chiave che può aprire il varco a molti oscuri misteri dell'Universo, ed un mezzo per riassumere in pochi simboli una sintesi che abbraccia e collega vasti e disparati risultati di scienze diverse"⁶³. Per muoversi in territori ancora oscuri e inesplorati (e quello della teoria dell'evoluzione lo è), è utile avere dei modelli, come quello di Schiaparelli, che agli studiosi offre in primo luogo un linguaggio che scaturisce dalla pura fonte della geometria. La lezione più importante dell'astronomo è quella di aver contribuito a chiarire i concetti confusi e incerti dell'evoluzionismo che, grazie a definizioni matematiche, acquisiscono confini precisi e determinati. Il suo lavoro, infatti, "più che risolvere, apre ed aggiunge una nuova e particolare questione alle tante che già tengono il campo della biologia"⁶⁴.

62. Volterra, *Sui tentativi di applicazione delle matematiche alle scienze biologiche e sociali*, discorso letto il 4 novembre 1901, "Giornale degli economisti", XXIII, 1901, p. 450.

63. Ivi, p. 437.

64. Ivi, p. 452.

Questo aspetto è sottolineato anche da Vailati che nel 1902 recensisce il lavoro dell'amico e collega Volterra, sulla "Rivista italiana di sociologia", approfittando dell'occasione per tornare a dire due parole sul lavoro di Schiaparelli. Le "analogie meccaniche" da lui poste "mirano alla ricerca diretta di analogie tra il modo di comportarsi di fenomeni appartenenti a categorie differenti". Come tali esse non hanno "tanto lo scopo di facilitare la rappresentazione dell'andamento dei fenomeni in questione, quanto di indurre a nuove ricerche per determinare se l'analogia riscontrata si estenda anche in altri punti, oltre quelli che l'esperienza attuale ha fatto constatare"⁶⁵. Confrontandosi con la "questione più vitale e più moderna, che agiti le menti"⁶⁶, per Volterra l'astronomo modifica, con la sua nuova ipotesi dell'evoluzione regolata, l'edificio darwiniano, svela alla mente nuovi orizzonti, affiancando il suo originale tentativo ad altri più collaudati casi di applicazione della matematica, dalla biometria alla somatometria, dal calcolo delle probabilità alla statistica.

Ma la ricezione internazionale e italiana di *Forme organiche naturali e forme geometriche pure* si propaga anche nel nuovo secolo. Tradotto nel 1902 in polacco dal matematico Giovanni Dal Trozzo, il saggio di Schiaparelli attrae l'attenzione di Padre Agostino Gemelli, il quale nel 1906 nell'introduzione all'edizione italiana del volume del gesuita tedesco Erich Wasmann, *La biologia moderna e la teoria dell'evoluzione*, si richiama proprio alla teoria di Schiaparelli, indicandola come una via intermedia tra l'ipotesi evoluzionistica e l'invariabilità delle specie. L'interesse da parte di Gemelli e di biologi come Celesia, che alcuni anni dopo avrebbe abbandonato la scienza per la vocazione religiosa, rispecchia

65. Vailati, V. Volterra. *Sui tentativi di applicazione delle Matematiche alle Scienze Biologiche e Sociali*, 1902, in Vailati, *Scritti ...*, cit., p. 411.

66. Volterra, *Sui tentativi di applicazione...*, cit., p. 452.

anche in Italia un'attenzione crescente per una versione più "adomesticata" dell'evoluzione, ripensata in senso deterministico e teleologico.

Forme organiche naturali e forme geometriche pure è quindi, in primo luogo, un libro che ha fatto discutere, non solo in quella manciata di anni, ma anche sul lungo periodo, toccando la questione della validità del metodo biologico, dello statuto di questa giovane scienza e dell'applicabilità dei modelli matematici. Il saggio di Schiaparelli alimenta una tradizione di studi che in Italia cercano di coniugare biologia e scienze esatte. Se ci si inoltra nel Novecento, due figure di spicco della zoologia italiana tornano infatti a ispirarsi a Schiaparelli in alcuni loro lavori: la zoologa Rina Monti, una delle prime donne in Italia ad avere una cattedra universitaria, e il biologo Daniele Rosa, padre della teoria evuzionistica dell'ologenesi. Nel 1915, cinque anni dopo la morte di Schiaparelli, la Monti vede nella teoria dell'evoluzione regolata un'affascinante spiegazione fisico-matematica, logica e necessaria, di alcuni nodi problematici dell'evoluzionismo, come la mancanza delle forme intermedie o l'origine delle specie da uno o più antenati comuni. Le idee di Schiaparelli sono del resto riprese e arricchite dal punto di vista biologico da Daniele Rosa, il quale nell'introduzione all'opera *Ologenesi* del 1918, per avvalorare la sua teoria si richiama proprio a *Forme organiche naturali e forme geometriche pure*. Schiaparelli viene già chiamato in causa nel 1913 nel discorso intitolato *L'Arca di Noè e l'evoluzione*, pronunciato da Rosa all'inaugurazione dell'anno accademico del Regio Istituto di studi superiori e di perfezionamento di Firenze. In questa occasione, per spiegare il concetto di evoluzione predeterminata proprio dell'ologenesi, Rosa usa le parole di Schiaparelli, paragonando le specie presenti in potenza nel primo organismo esistito sulla Terra alle infinite proprietà geometriche contenute a priori in una formula matematica.

Ad affascinare zoologi come Rina Monti e Daniele Rosa è ancora una volta la possibilità di applicare "nuovi metodi fisici allo studio dei fenomeni della vita"⁶⁷, cercando anche per il mondo dei viventi leggi certe e necessarie, come quelle della gravitazione universale, della termodinamica o della cristallografia, senza per questo rinunciare all'osservazione diretta o all'esperimento. Ai loro occhi l'ipotesi di Schiaparelli offre quindi in primo luogo un'impostazione, un modello di scientificità fisico-matematica, una chiave per leggere il mondo dei viventi.

Tornando agli anni della pubblicazione del saggio, il ricco dibattito che abbiamo ripercorso spinge Schiaparelli ad approfondire la sua conoscenza delle tematiche evoluzionistiche. Anche Urico Hoepli lo consulta nel 1899 per una valutazione del manoscritto di Carlo Fenizia *Storia dell'evoluzione*, considerato, come gli scrive, che "a siffatta materia so ch'Ella ha dedicato studi non infecundi"⁶⁸. Non sappiamo cosa abbia risposto l'astronomo, ma certamente agli occhi dell'editore il suo parere è "troppo prezioso" per non domandare un "rapido sguardo"⁶⁹ al manoscritto, poi effettivamente pubblicato nel 1901. In questi anni Schiaparelli allarga le sue letture oltre Darwin, in vista di una nuova edizione riveduta e corretta di *Forme organiche naturali e forme geometriche pure*. Anche se il progetto non si concretizza, un quaderno di note di lettura conservato tra le carte di Schiaparelli presso l'Archivio storico dell'Osservatorio astronomico di Brera rivela il suo confrontarsi criticamente con alcuni autori di ambito biologico ed evoluzionistico: da Karl Ernst von Baer a Ernst Haeckel, da Edward Cope a

67. R. Monti, *La fisionomia faunistica della Sardegna e le nuove idee circa le origini e la distribuzione geografica delle specie*, "Natura", VI, 1915, p. 128. Su questo cfr. A. La Vergata, *Introduzione*, in D. Rosa, *Ologenesi*, Giunti, Firenze 2001, pp. 5-80.

68. AOB, *Corrispondenza scientifica*, cart. 174, U. Hoepli a Schiaparelli, 15 agosto 1899.

69. Ivi.

Theodor Eimer, da Giovanni Canestrini a Giacomo Cattaneo. Degli *Studien aus dem Gebiete der Naturwissenschaften* di von Baer apprezza la mancanza di discorsi generali, che invece abbondano nella nona edizione della *Natürliche Schöpfungsgeschichte* di Haeckel, il quale, nonostante alcune felici intuizioni, esagera con teorie che erano un "puro e semplice parto del suo ardente cervello"⁷⁰.

Agli occhi di un matematico come Schiaparelli, l'evoluzionista tedesco segue metodi antiscientifici e contrari alla logica, inventando "ad ogni intoppo o contraddizione che presentano i fatti, una leggina, che con frasi belle sonanti trasformi l'imbroglio in una nuova regola affibbiata alla compiacenza di madre Natura!"⁷¹. Per non parlare dei *Welträthsel*, libro pieno di "note e osservazioni di un ignorante", uscito nel 1899, quando Haeckel è avanti con gli anni, in un'età nella quale, osserva Schiaparelli, "guastandosi la pelle, scolorandosi o perdendosi i peli, cadendo i denti ecc.: si deteriora anche la facoltà pensante!"⁷².

Se si vogliono ottenere dei risultati bisogna abbandonare le prese di posizione, dismettere i panni del polemista e dell'apostolo fanatico, altrimenti i dibattiti tra naturalisti avrebbero finito "per rassomigliare ad una battaglia di ciechi che menano mazza-te da orbi senza mai cogliere nel segno"⁷³. A questo scopo il continuo tono polemico di Haeckel, "l'avventatezza di infinite affermazioni poste senza dimostrazioni, il cumulo di leggi più o meno cervelotiche il cui enunciato deve tener luogo di prova, il tono sprezzante con cui parla delle opinioni diverse dalla sua"⁷⁴ non

70. AOB, Fondo Schiaparelli, cart. 443, fasc. 1, *Quaderno di appunti di Schiaparelli sull'evoluzione*, pp. 58-59.

71. Ivi, p. 60.

72. Ivi, p. III.

73. Ivi, p. 36.

74. AOB, *Corrispondenza scientifica*, cart. 176, minuta di Schiaparelli a Cattaneo, 15 agosto 1900.

sembrano a Schiaparelli modalità appropriate per un libro che si vuole scientifico. Ancora una volta è in primo luogo sul metodo che egli intende portare da esterno il suo contributo critico al dibattito nelle scienze biologiche.

Nella vasta letteratura evoluzionistica del tempo Schiaparelli cerca esempi e conferme a sostegno della direzionalità e discontinuità del processo evolutivo, attestandosi su posizioni vicine all'ortogenesi di Eimer e al mutazionismo di de Vries, a proposito delle quali discute con l'amico Vignoli. L'astronomo rifiuta il caso e la cieca selezione, da cui, a suo parere, non può nascere alcun ordine, abbracciando l'idea di una "meccanica teleologica", intesa come "un principio da cui tutti gli organismi si possano dedurre per catena di causa ed effetto"⁷⁵.

Sul finire del secolo Schiaparelli consegna alla comunità scientifica una elaborazione geometrica dell'evoluzionismo assolutamente originale, capace di suscitare l'attenzione e le controversie da parte di matematici e biologi, che rimangono divisi di fronte a questo tentativo. Del resto già Schiaparelli scrive di non sapere valutare neppure lui la portata della propria teoria e di sentirsi "nella curiosa posizione di uno, il quale avendo raccolto nella polvere della strada qualche cosa di luccicante, non sa troppo giudicare quanto valga, ed è obbligato a darlo in mano ai gioiellieri per sapere se è vetro vile, o pietra di qualche pregio"⁷⁶.

Oggi possiamo dire che *Forme organiche naturali e forme geometriche pure* è qualcosa storicamente di pregio: un documento per capire la storia del costituirsi della biologia e del pensiero evoluzionistico in seno alla scienza italiana tra la fine del XIX se-

75. AOB, Fondo Schiaparelli, cart. 443, fasc. 1, *Quaderno di appunti di Schiaparelli sull'evoluzione*, p. 74.

76. AOB, *Corrispondenza scientifica*, cart. 171, *Schiaparelli a Celesia*, 18 marzo 1898

colo e l'inizio del XX. E non solo perché a quello sforzo originale da lui tentato di matematizzare l'evoluzione si sono poi ispirati autori come Vito Volterra, Rina Monti, Daniele Rosa. Più ancora, questo audace tentativo di Schiaparelli è storicamente importante perché essendo stato oggetto di controversie e discussioni ci restituisce oggi il ritratto a più voci di una comunità scientifica come quella italiana di allora; una comunità impegnata a discutere, insieme alla teoria darwiniana, anche il metodo proprio della biologia e il suo *status* di disciplina autonoma.

Dott. TITO VIGNOLI

PEREGRINAZIONI ANTROPOLOGICHE
E
FISICHE

DEL CONCETTO DI LEGGE NELLA NATURA - I TRE FATTORI NATURALI DELL'ESTETICA
INTORNO ALLA CAUSA DEL CALORE INTERCROSTALE TERRESTRE
IL PERIODO PRELITICO UMANO
A PROPOSITO DEL SAGGIO DI UN PROGRAMMA CRITICO DI SOCIOLOGIA
LA SCUOLA (STUDIO SOCIOLOGICO) — DEL VERO NELL'ARTE
DEL MITO NELLA INTERPRETAZIONE SCIENTIFICA DELLA NATURA E DELLA STORIA
INTORNO A UN PROBLEMA MORFOLOGICO SUI VERTEBRATI SUPERIORI
ESPLICAZIONE PROGRESSIVA DELLA SCIENZA SPERIMENTALE
INTORNO AI FATTORI DELLA EVOLUZIONE BIOLOGICA
I MUSEI MODERNI DI STORIA NATURALE NELLA ORGANIZZAZIONE DELLA SCIENZA

Prof. G. V. SCHIAPARELLI

Studio Comparativo tra le Forme Organiche Naturali
E LE
FORME GEOMETRICHE PURE



ULRICO HOEPLI
EDITORE-LIBRAIO DELLA REAL CASA
MILANO

1898

PROPRIETÀ LETTERARIA



KCOLL 251-15
001



AL LETTORE

Quando nel 1895 vennero dall'egregio editore Commendatore Hoepli, raccolti e stampati in un volume vari miei studii, sparsi in riviste e letture, col titolo Peregrinazioni psicologiche, dissi, persuaso dal medesimo editore, che forse seguirebbe un altro volume di diversi saggi antropologici e fisici. Ed ora adempio a quella promessa, lusingato eziandio dalla benevolenza onde venne accolto il primo volume.

Al solito ristampo questi saggi tali e quali vennero editi la prima volta, cronologicamente ordinati, non aggiungendo, o togliendo sillaba, per le ragioni stesse, che allora manifestai.

Debbo qualche osservazione breve sul saggio — intorno al Calore intercrostale terrestre. Tra le cause della deformazione, e vicende della superficie terrestre, io posi la rigenerazione per compressione del calore intercrostale: certo non unica, poichè quello si produce anche per azione chimica, o per altre cause interne e profonde, che a noi tutti però — se esistono — rimangono sino ad ora scientificamente ignote. V'hanno pure cause meccaniche di parziali corrugamenti, e potentissime quelle derivanti dal Movimento dei Poli di rotazione secondo una splendida

teorica, basata su fatti e calcoli, dell'illustre astronomo G. V. Schiaparelli. So che ora è principalmente in voga la teorica geologica del chiariss. Professore Suess, che vorrebbe tutto spiegare col corrugamento per spinte; onde alzate, e avvallamenti della crosta terrestre, prodotti dal raffreddamento costante del grande nucleo centrale del globo. Il Suess ampliò, perfezionò, arricchì di fatti e di vedute questa teorica, che già in germe era stata da altri antecedentemente accennata. Ma con tutto l'ossequio e il rispetto che si deve a questo grande Geologo, molte ragioni m'impediscono di riguardare come reale, ed universale ed unica quella causa. Essa si fonda sopra, insomma, una ipotesi; in quanto ignoriamo assolutamente ciò, che si trova, e come e quale, al disotto di poche spanne dirò così, di fronte al volume, e al diametro della terra, dalla sua superficie: ed inoltre ad accettare quella ipotesi m'impedisce anche l'ordine meccanico dei fenomeni, che, dato si avverasse il concetto dell'illustre scienziato, si comporterebbero forse diversamente. In ogni modo non escludo anche quella causa di deformazione, ma parzialmente.

Dacchè io pubblicai quel mio saggio, non sopravvenne fatto che lo contraddicesse in modo assoluto; anzi per molti, e in ispecie pel *Metaformismo regionale ed incluso*, non poco è suffragato.

Ma questo volume, che rispetto alle mie modeste cose, non ha e non avrebbe un grande valore, lo acquista per l'aggiunta che viene fatta, di un profondo studio sulle analogie fra le forme geometriche pure e le forme organiche naturali, del Prof. G. Schiaparelli. Come accenne ciò, è chiarito nella mia Conferenza, in questo volume stampata, tenuta al Museo Civico di Storia Naturale, e dalla lettera stessa di dedica dell'illustre uomo, a me diretta. Certamente io sono lontanissimo da meritare sì segnalato onore, dovuto in gran parte alla lunga e costante amicizia nostra. Ma in ogni modo io sono lietissimo di essere stato modesta occasione di un potente e originale lavoro scientifico di tanto uomo, la di cui fama, ben giustamente, si diffonde gloriosa per tutto il mondo civile.

Nelle lezioni mie all'Accademia Scientifico-Letteraria di Milano, negli anni decorsi, a lungo mi trattenni su questo mio modo scientifico di considerare e interpretare le cause e le forme proprie della differenziazione ed evoluzione degli organismi — che nella Conferenza di un'ora non poteva scolgere questo tema sì poderoso e scariatissimo. Ma il cenno che ne ho fatto spero basti a raffrontare la mia dottrina della Evoluzione, con quella delle forme geometriche sì ampiamente e sì profondamente determinate, in sè e nel loro processo, dal Prof. Schiaparelli. Io attendo ora a compiere il mio lavoro in un libro, che presto, se il Cielo mi concede vita e salute, manderò alle stampe. In esso si avranno le prove dei fatti e delle leggi da me studiati, e raggiunte, oltre che nei primordii del mondo organico, e lungo le trasmutazioni paleontologiche, anche in quelle sempre costanti delle forme fondamentali dei protisti.

Milano, 29 Gennaio 1898.

TITO VIGNOLI.

FORME ORGANICHE NATURALI

E

FORME GEOMETRICHE PURE

studio comparativo di

GIOVANNI SCHIAPARELLI

. *fungar vice cotis, acutum*
Reddere quae valet ferrum, exsors ipsa secandi.

Hon.

AL CH.^o PROFESSORE

TITO VIGNOLI

DIRETTORE DEL MUSEO CIVICO DI STORIA NATURALE IN MILANO

Dedico a Voi questo opuscolo, che a Voi deve d'essere stato scritto e di esser ora pubblicato. L'idea di scriverlo, ben Vi ricorda, me la deste il 22 Aprile passato in un colloquio, del quale conservo tuttora la più viva e la più gradita ricordanza.

Si discorreva dell'ordinamento sistematico negli esseri della natura organica. Voi diceste allora che non potevate adottare l'opinione espressa già (colle usate cautele però) da Carlo Darwin, secondo cui tutte le specie della natura animale deriverebbero per evoluzione da un unico tipo. Che consideravate come vera e dimostrata la derivazione di tutte le specie, ma però di ciascuna soltanto nel campo proprio dei quattro tipi fondamentali fissati da Cuvier e da Baer. Essere vostra intima persuasione che la materia vivente non potesse in origine ordinarsi che in quelle quattro forme; come le sostanze minerali non cristallizzano in più che sette sistemi di figure poliedriche. E concludevate che la causa di tale divisione sia da cercare in rapporti necessari della materia vivente con definite forme geometriche di struttura.

Colpito da queste riflessioni, Vi confidai allora che da molto tempo anch'io era giunto a congetturare relazioni fra le strutture organiche e quella Geometria, che tutto informa il Cosmo, così nel grande come nel piccolo. Con-

siderando l'ordinamento sistematico che dovunque regna nel campo degli esseri viventi, e le correlazioni e connessioni manifeste che si rivelano in ogni parte, io era stato condotto ad assimilare l'insieme delle forme organiche ad un sistema di forme pure geometriche, nella classificazione delle quali si manifesta in modo anche altrettanto evidente la disposizione logica e la connessione delle singole parti. Io ne avea concluso, che come in un sistema di forme geometriche l'infinita varietà di queste deriva dalla variazione dei parametri (od elementi discriminatori) di una medesima forma fondamentale, così possano i tipi organici della natura (o almeno di un regno di essa) derivare tutti dalle variazioni di un certo numero di elementi discriminatori secondo una formula o legge unica; per modo che alla formula sian dovuti tutti i caratteri comuni, alla diversità dei detti elementi tutti i caratteri speciali ed individuali.

Questa idea Vi parve degna di qualche attenzione, tanto che voleste farne pubblico cenno in una conferenza poco dopo da Voi tenuta nel Museo; e mi esortaste vicamente a svilupparla per iscritto. E aggiungete un beneficio, del quale Vi sarò grato in eterno; mi deste cioè a leggere le opere immortali di Carlo Darwin. Nuovi orizzonti si aprirono alla mia mente; ciò che prima appariva sotto forma nebulosa e mal definita, acquistò precisione, consistenza e rigore. Vidi con grata sorpresa che quelle mie idee non solo non erano (come da principio sospettavo) contrarie alla teoria dell'evoluzione organica; ma che anzi potevano servire forse a sciogliere od almeno a rischiarare diverse difficoltà di questa teoria, davanti alle quali lo stesso Darwin s'era arrestato.

Da tutto questo presi animo a seguire il Vostro consiglio. Continuai le mie meditazioni; ed ora eccone il risultato, che presento colla modestia troppo necessaria in uno, il quale ha avuto l'ardire di penetrare in un campo non suo. E certo io non avrei mai osato pubblicarlo, se Voi non l'aveste preso sotto le vostre ali, al punto da volerlo associato in un medesimo volume coi Vostri proprii scritti.

Quanto si propone qui alla considerazione degli amici della verità è nulla più che una ipotesi scientifica, o piuttosto un insieme di ipotesi scientifiche coordinate razionalmente fra di loro, in modo da farle corrispondere il meglio che possibile coi fatti osservati. Del loro valore giudicheranno le persone competenti. Se troveranno presso di queste qualche approvazione, il merito sarà principalmente Vostro. Voi sarete stato il martello, che battendo sull'incudine lenta ed inerte, ne avrà fatto scaturire qualche scintilla di luce. Se all'opposto risulterà non essere luce ma fumo, o meno ancora che fumo, faremo conto che non ne sia stato nulla, e considereremo il tutto come sogno di una notte d'estate. Allora il troppo audace calzolaio, ammonito da Apelle, tornerà senza rammarico alla sua scarpa consueta, dalla quale non avrebbe mai dovuto dipartirsi.

GIOVANNI SCHIAPARELLI.

R. Specola di Brera, 15 luglio 1897.

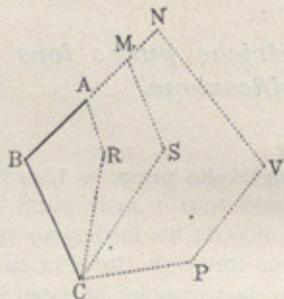
CAPO I.

Forme geometriche pure: loro parametri, e loro classificazione.

1. Forme geometriche pure. — Una forma geometrica dicesi *pura*, quando tutti i suoi punti derivano da una medesima legge, cioè da un medesimo metodo di costruzione. Così la linea retta (in tutta la sua indefinita lunghezza), il circolo, la parabola, la superficie sferica costituiscono altrettante forme pure; perchè tutti i loro punti si costruiscono colla medesima regola, e godono delle stesse proprietà. Invece un poligono rettilineo è una forma mista, perchè i tratti rettilinei ond'è composto, avendo diverse giaciture e direzioni, i punti dell'uno son descritti con norma diversa da quelli dell'altro. Similmente è una forma mista la superficie di un poliedro qualsiasi, di un segmento di sfera, di un tronco di cono, ecc.

Carattere essenziale e distintivo di tutte le forme pure è questo: che data una parte quanto si voglia piccola, purchè finita, di una forma pura, il resto di essa è intieramente determinato. Così, dato un tratto anche brevissimo di linea retta, si potrà facilmente descriverla tutta intiera, e prolungarla indefinitamente da una parte e dall'altra. Similmente da un piccolissimo arco di circolo si può dedurre la costruzione del circolo intero; e da una piccolissima porzione di superficie sferica, la costruzione di tutta la sfera. Lo stesso dicasi dell'ellisse, della parabola,

di un ellissoide qualunque. Tanto grande è il vincolo, che unisce in modo stretto ed assoluto tutte le parti delle forme pure, e ne costituisce un tutto omogeneo ed armonico! Lo stesso invece non si potrebbe dire, per esempio di un poligono; del quale la parte data ABC non basta a determinare il resto, che può essere ARC , o $AMSC$ o $ANVPC$ ecc.; e neppure d'un poliedro, nè in generale d'una forma mista qualsiasi.



In tutto quello che seguirà noi ci occuperemo delle sole forme pure, essendo queste le sole, per cui l'uniforme modo di generazione e la stretta correlazione fra le parti permetta una comparazione, sotto qualche riguardo plausibile, cogli organismi della natura. Si potrebbe anzi dire in un certo senso, che anch'esse sono creazioni organiche; nel senso cioè che in ciascuna di esse tutte le parti, anche minime, sono coordinate secondo un medesimo principio.

2. Le forme pure della geometria possono svilupparsi secondo una, o due, o tre, o quante si vogliono dimensioni, formando quante si vogliono classi. Nel campo della nostra diretta intuizione entrano però soltanto quelle, che si sviluppano secondo una o due dimensioni; le prime chiamiamo *linee*, quali la retta ed il circolo; le seconde *superficie*, quali il piano o la superficie sferica. Dei corpi a tre dimensioni noi possiamo ancora intuire l'estensione, ma non più la forma; ciò che chiamiamo con questo

nome è la forma della *superficie* che li divide dallo spazio rimanente.

Il regno delle linee si divide in due grandi compartimenti; quello delle *linee piane*, che possono essere tutte intiere descritte in un piano, come per esempio il circolo; e quello delle *linee sghembe*, le quali in un piano non possono essere contenute, nè tutte intiere, nè parte di esse; esempio l'elica che è formata dalle spire d'una vite. Queste ultime superano d'assai le prime quanto a ricchezza e varietà di tipi, e complicazione di forme. Ricchissima pure è il regno delle superficie; il quale offre nelle sue forme combinazioni e particolarità sconosciute in quello delle linee curve.

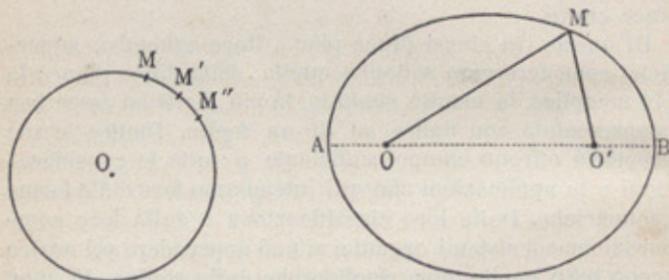
Di queste tre classi (linee piane, linee sghembe, superficie) considereremo soltanto quella delle linee piane; la più semplice, la meglio studiata, la più facile ad esser ben rappresentata con figure su di un foglio. Inoltre le sue proprietà offrono campo sufficiente a tutte le considerazioni e le applicazioni che qui intendiamo fare delle forme geometriche. Dalla loro classificazione e dalla loro comparazione coi sistemi organici si può apprendere pel nostro scopo tutto quello che risulterebbe dallo studio più complesso e più difficile delle linee sghembe e delle superficie; niente di più, ma anche niente di meno. E molte delle proposizioni e conclusioni da esse dedotte potranno immediatamente applicarsi a qualsiasi classe di forme geometriche estendentisi a qualsivoglia numero di dimensioni (1).

3. Parametri delle forme geometriche.

a) Se ad alcuno si domandi qual'è la curva definita dalla proprietà che tutti i suoi punti $MM'M''...$ siano distanti dal punto dato O di una medesima quantità a ;

(1) *Avvertenza.* — Spesso accadrà, in quanto segue, di sostituire alla denominazione di *linee piane* quella di *curve piane* od anche solo quella di *curve*, non curando la piccola improprietà dipendente da ciò che fra le linee piane vi è anche la linea retta, che non può chiamarsi una curva; e l'altra improprietà dipendente da che non tutte le curve sono curve piane. Ciò non produrrà alcuna confusione nel presente caso.

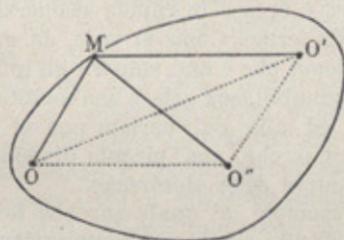
egli senz'altro risponderà, tal curva esser un circolo descritto dal centro O con raggio uguale alla lunghezza a . La proprietà suddetta basta dunque a determinare la special natura del circolo, qualunque sia la lunghezza a ; e perciò il suo enunciato servirà a definire tutti i circoli possibili. Ad ogni valore di a corrisponderà un certo circolo, e soltanto quello; inversamente ad ogni circolo corrisponderà un certo valore di a e nessun altro. A questa quantità a di cui il valore serve, come indice caratteristico, a distinguere un circolo nell'infinita moltitudine di tutti gli altri, si usa dare il nome di *parametro*.



b) Sian dati in secondo luogo due punti O ed O' distanti fra di loro della quantità a : e si domandi qual'è la curva definita dalla proprietà che per ogni suo punto M la somma delle sue distanze dai due centri OO' sia sempre la medesima, ed eguale ad un'altra quantità b ; in modo che qualunque sia il punto M della curva, si abbia sempre $OM + O'M = b$. Il problema è notissimo e da lungo tempo risoluto; la curva dimandata è una ellisse, avente per fochi i punti O ed O' , e del cui grand'asse AB la lunghezza è uguale a b . Proprietà questa fondamentale dell'ellisse, che serve anche a definirla e a descriverla graficamente. Or dati i valori di a e di b l'ellisse è completamente determinata; inversamente ad ogni ellisse corrisponde un proprio valore di a e un proprio valore di b . Perciò, mentre la proprietà qui sopra enunciata comprende

in sé tutte le ellissi possibili e vale per tutte, i valori ab corrispondenti ad una data ellisse serviranno d'indici caratteristici per distinguerle da tutte le altre. Le due quantità ab si dicono perciò *parametri* dell'ellisse. E si vede, che mentre a determinare un circolo bastava un parametro, a definir l'ellisse due parametri son necessari. Perchè quand'anche due ellissi abbiano uguale il parametro a (cioè i medesimi fochi O ed O'), esse tuttavia potranno esser differentissime di forma e di grandezza, se hanno diversi valori per il parametro b . E di qui si conclude ancora un'altra cosa; essere le possibili ellissi infinitamente più numerose dei possibili circoli. Infatti tanti sono i circoli, quanti sono i valori diversi che può prendere l'unico loro parametro a ; cioè infiniti. Ma tante sono le ellissi, quante son le combinazioni, che si posson fare, di ciascuno degli infiniti valori di a , con ciascuno degli infiniti valori di b ; cioè infinite volte infinite. Il qual numero si chiama infinito di secondo ordine.

c) Sian dati in terzo luogo tre punti $OO'O''$, cioè le lunghezze dei lati del triangolo da essi formato, abe . E si domandi qual'è la curva definita dalla proprietà che per ogni suo punto M la somma delle sue tre distanze



dai tre centri $OO'O''$ sia costante ed eguale ad un'altra quantità d : si abbia cioè sempre $OM + O'M + O''M = d$, qualunque sia il punto M scelto lungo la curva. Questa sarà una specie di ovale, generalmente parlando non simmetrica, a un dipresso quale la figura dimostra. Tal di-

fetto di simmetria la renderà meno elegante e meno utile nelle applicazioni, che non siano il circolo e l'ellisse; ma ella non sarà per ciò meno precisamente determinata dalle quattro quantità $abcd$ di quello che fossero il circolo da una e l'ellisse da due. Ogni curva di questo sistema sarà contrassegnata e distinta da tutte le altre analoghe per mezzo dei valori speciali che per essa assumono le dette quattro quantità; le quali pertanto costituiscono i suoi indici caratteristici, o i suoi *parametri*. Il numero di tutte le forme possibili di questo sistema è un infinito del quart' ordine; potendo infiniti valori di a combinarsi con infiniti valori di b : queste combinazioni binarie, infinite di 2° ordine, associarsi ciascuna con infiniti valori di c : queste combinazioni triple, in numero infinite di 3° ordine, associarsi con infiniti valori di d , dando così origine ad un numero di combinazioni quadruple, che è un infinito di 4° ordine. A ciascuna di tali combinazioni quadruple corrisponde un tipo o forma speciale di queste curve.

Senz'andar più oltre, è facile prevedere quello che accadrebbe esaminando i sistemi di curve analoghe, in cui per ogni punto M fosse costante la somma delle distanze di esso da quattro, cinque, o più centri $OO'O''O'''...$ Il numero dei parametri cresce di due unità per ogni centro che si aggiunge, e cresce in rapida proporzione anche la molteplicità delle forme. Come si vede, da questo particolarissimo problema che è uno solo fra gli infiniti problemi analoghi immaginabili, scaturisce una moltitudine di forme, al cui numero ed alla cui varietà non vi è confine. Eppure questa non è che una piccola divisione della gran famiglia delle curve dette *algebriche*.

4. Da quest'esempio, al quale sarebbe facile associare molti altri consimili, possiamo comprendere, che in un sistema di curve, descritte secondo un medesimo principio o dipendenti da una medesima legge, due cose principalmente sono a notare. In primo luogo il principio stesso, o legge di costruzione, che vale per tutte le forme del sistema, e determina per esse un insieme di proprietà comuni; principio o legge, di cui l'enunciato (o la scrittura

simbolica equivalente) costituisce ciò che chiameremo *la formula fondamentale del sistema*. In secondo luogo sono a considerarsi i *parametri* delle curve, cioè quelle quantità, costanti per tutti i punti di una medesima curva, i cui valori speciali servono a distinguere ciascuna di esse da tutte le altre del medesimo sistema. Questi parametri, colle combinazioni molteplici di tutti i valori che possono prendere, danno luogo a tutte le infinite forme individuali del sistema. Da essi dipende tutto ciò che una data forma ha di proprio e di particolare; mentre nella formula fondamentale risiede tutto ciò che tal forma ha di comune con tutte le altre.

5. Rispetto ai parametri poi vale in generale ciò che si ebbe occasione di notare nell'esempio qui sopra addotto; cioè che dall'esser pochi o molti dipende la maggior o minor varietà dei tipi, e il loro numero. Per i sistemi a un solo parametro il numero delle curve individuali possibili è infinito, come sopra abbiam notato dei circoli. Per i sistemi a due parametri il numero è infinite volte infinito, cioè infinito di 2° ordine, come vedemmo per il caso dell'ellisse. Per i sistemi a tre parametri il numero delle curve diverse possibili è infinite volte infinitamente infinito, cioè infinito di 3° ordine. E così innanzi. Col moltiplicarsi dei parametri cresce anche la varietà delle forme, perchè ogni parametro che si aggiunge dà origine ad un nuovo elemento di diversità nel sistema.

Tutto quello che si è detto intorno ai parametri delle curve piane può essere applicato a qualsiasi classe di forme geometriche pure, quindi alle curve sghembe e alle superficie, ed anche a quelle forme superiori, che svolgendosi in spazi a tre o più dimensioni escono pure dal campo del nostro potere d'intuizione geometrica.

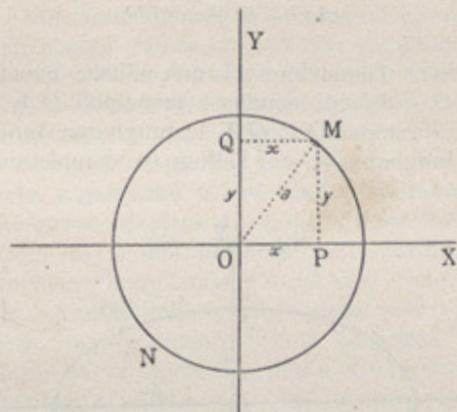
La considerazione dei parametri, o degli elementi che determinano le singole forme in un sistema, è il perno fondamentale di tutte queste nostre disquisizioni; perchè la natura organica ha anch'essa i suoi parametri, da cui dipende la quasi infinita varietà delle sue forme. Perciò è stato necessario definirne bene la loro natura e le loro funzioni.

Abbiamo qui sopra nominato la famiglia delle curve piane, cui si è dato il nome speciale di *algebriche*. Fra tutte le curve piane occupano queste il posto più distinto per la semplicità della loro origine, per la copia ed eleganza delle loro proprietà, e soprattutto per l'intrinseca armonia e coesione del sistema da loro formato, che rende capaci le loro molteplici e svariate forme di una classificazione regolare e simmetrica; onde per questo capo, forse più d'ogni altra famiglia di curve, sono in grado di fornire opportuni punti di comparazione coi prodotti della natura organica. Queste curve sono anche le sole, per le quali i geometri abbiano fatto qualche tentativo di divisione per generi e specie, analogamente a ciò che si usa nella storia naturale. Credo di qualche importanza il dare alcune notizie intorno a questi lavori di classificazione, anche a costo di fare una digressione su alcune nozioni di geometria Cartesiana a ciò necessarie. Le quali spero non saranno per creare difficoltà al più dei lettori. Chi non s'interessa a questo può saltare le pagine seguenti, la cui materia non è essenziale alla presente trattazione, e passar senz'altro al § 10.

6. Come una curva si possa rappresentare per mezzo di una equazione. — Se nel piano della vicina figura si conducano ad arbitrio due rette fra di loro perpendicolari OX OY , e da un punto qualsiasi M si abbassino le perpendicolari MP , MQ ; le lunghezze di queste si diranno le *coordinate* del punto M , e si designeranno per brevità coi nomi di x ed y come sulla figura si vedon segnate. E diremo, che la posizione di un punto M qualsivoglia del piano sarà determinata, quando si assegnino i valori delle sue coordinate x , y . Finché questi valori rimangono intieramente arbitrari e non legati da alcuna condizione, il punto M potrà occupare qualsiasi luogo nel piano. Ma se poniamo che fra il valore d' x e quello d' y debba esistere una certa relazione costante espressa da una legge, il punto M non sarà più arbitrario e si troverà obbligato a far parte di una certa curva.

Per comprendere come ciò avvenga, facciamo un esempio;

e poniamo che fra le coordinate xy del punto M sia imposta questa legge o condizione; che la somma dei loro quadrati debba esser sempre la medesima, ed uguale al quadrato di una linea data di lunghezza a . Tal legge si



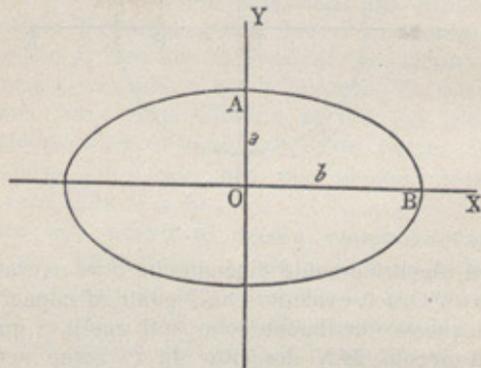
esprimerà algebricamente dicendo che deve aversi sempre $x^2 + y^2 = a^2$. Ora è evidente che i punti M capaci di soddisfare a questa condizione sono tutti quelli (e quelli soltanto) del circolo MN descritto da O come centro con raggio $OM = a$. Infatti pel notissimo teorema di Pitagora dalla considerazione dei triangoli rettangoli OMP , OMQ , di cui xy sono i cateti e $OM = a$ l'ipotenusa avremo, per ogni punto M del circolo, $x^2 + y^2 = a^2$, che è appunto la legge imposta.

La rappresentazione geometrica della legge espressa dall'equazione $x^2 + y^2 = a^2$ si avrà dunque nel circolo MN ; inversamente il circolo stesso sarà algebricamente rappresentato dall'equazione $x^2 + y^2 = a^2$ fra le coordinate e il raggio o parametro a . Per brevità si usa dire semplicemente, che $x^2 + y^2 = a^2$ è l'equazione del circolo descritto dal centro O col raggio a .

7. Facile è ora comprendere, che invece dell'equazione sopra addotta si può assumere qualunque altra equazione esprimente una relazione fra le coordinate $x y$, e uno o più parametri $a b c \dots$. Ad essa corrisponderà sempre una curva. Così per esempio:

$$a^2 x^2 + b^2 y^2 = a^2 b^2$$

trovasi essere l'equazione di una ellisse avente il suo centro in O , e de' cui semiassi principali OA, OB , giacenti nelle direzioni OY, OX , le lunghezze siano $OA = a, OB = b$: lunghezze da cui l'ellisse è completamente de-



terminata, e che quindi possono considerarsi come suoi parametri. E come ad ogni equazione si può trovare la curva corrispondente, per converso ogni curva geometrica (cioè tale che si possa descrivere secondo qualche principio geometrico), avrà la sua equazione. — Questo modo di rappresentare una curva per mezzo di una equazione fra le sue coordinate ed i suoi parametri, è stato introdotto da Cartesio, e costituisce il fondamento principale della geometria *analitica* o *Cartesiana*.

È palese che le curve geometriche di costruzione e di

significato saranno appunto tante, quante equazioni l'analisi matematica è capace di stabilire fra le due coordinate $x y$, prendendo per base un numero qualsivoglia di parametri; quindi infinite non solo di numero, ma anche di natura e di forme. La loro varietà inesauribile offre un campo illimitato alle indagini della geometria. Soprafatti dalla vastità della materia, i matematici hanno limitato i loro studi a quei pochissimi tipi che per qualche speciale proprietà od utile applicazione destavano il loro interesse. Quanto si sa delle curve è dunque, rispetto a quel che si potrebbe investigare, molto meno ancora che una goccia rispetto a tutto l'Oceano.

8. Curve algebriche e loro classificazione. — Il nome di queste curve proviene da ciò, che nella loro equazione le relazioni fra le due coordinate ed i parametri si possono esprimere completamente col solo aiuto dei tre simboli più semplici dell'algebra, quelli cioè di addizione, sottrazione, moltiplicazione. Onde consegue, che l'equazione di una curva algebrica ridotta alla forma più propria e più regolare risulta sempre dall'uguagliare all'unità un polinomio intero in $x y$, del quale ogni termine è il prodotto di un coefficiente costante per una certa potenza d' x e per una certa potenza d' y .

Limitandoci ai quattro primi gradi abbiamo le forme seguenti:

1° grado:

$$1 = Ax + By;$$

2° grado:

$$1 = Ax + By + Cx^2 + Dxy + Ey^2;$$

3° grado:

$$1 = Ax + By + Cx^2 + Dxy + Ey^2 + Fx^3 + Gx^2y + Hxy^2 + Ky^3;$$

4° grado:

$$1 = \begin{cases} Ax + By + Cx^2 + Dxy + Ey^2 + Fx^3 + Gx^2y + Hxy^2 + Ky^3 \\ \quad + Lx^4 + Mx^3y + Nx^2y^2 + Pxy^3 + Qy^4; \end{cases}$$

A, B, C, D... essendo numeri costanti, che possono anche considerarsi come parametri delle curve corrispondenti a ciascuna equazione. Alcuni di essi possono esser nulli, e quindi mancare i termini corrispondenti nell'equazione. Però quando si considerano queste equazioni nella forma qui sopra addotta che è la più generale possibile, non tutti i parametri concorrono a determinare la grandezza e la forma delle curve rappresentate. Di essi tre servono per definire la posizione della curva nel suo piano; e da questi naturalmente si può far astrazione. Onde si può dire che le curve rappresentate dalla prima equazione non hanno parametro; quelle rappresentate dalla 2^a, 3^a, 4^a equazione hanno rispettivamente 2, 6, 11 parametri. Ed in generale le curve corrispondenti all'equazione generale del grado n° hanno $\frac{n^2 + 3n - 6}{2}$ parametri, a determinare di ciascuna la grandezza e la forma.

9. Il criterio fondamentale usato nella classificazione delle curve algebriche per ordini è dato dal *grado* dell'equazione che la rappresenta. Le equazioni di 1^o 2^o 3^o 4^o... grado danno luogo alle curve di 1^o, 2^o, 3^o, 4^o ordine; delle quali una proprietà importante è questa, di non poter essere tagliata da una linea retta in più che 1, 2, 3, 4... punti rispettivamente.

L'insieme delle curve del medesimo ordine si considera come formante una famiglia a parte, sebbene ogni ordine comprenda in sé, come casi specialissimi, tutte le curve degli ordini inferiori. In ciascun ordine l'equazione comprende un certo numero di *parametri*, cioè di elementi determinatori di tutte le diversità che esistono nelle curve a quell'ordine appartenenti; i quali parametri, colle variazioni delle loro grandezze e dei loro rapporti danno origine in ciascun ordine (salvo che nel primo) ad infinite combinazioni e ad infinite forme, riducibili tutte a determinate classi, generi e specie. Ecco un compendio dei risultati a cui finora i matematici sono pervenuti per la classificazione delle curve dei primi quattro ordini.

1^o Ordine. — L'equazione algebrica di 1^o grado rappresenta sempre una stessa forma, che è la linea retta. Unica nel suo genere e nella sua specie, non offre alcuna diversità, tutte le linee rette essendo uguali fra loro e sovrapponibili su tutta l'infinita loro lunghezza. Quindi non vi sono variazioni, e non vi sono parametri.

2^o Ordine. — Comprende le curve chiamate *sezioni coniche*; le quali considerate dal punto di vista morfologico darebbero tre specie, note sotto il nome di *ellisse, parabola, iperbole*. Il circolo è una semplice varietà dell'ellisse. Il numero dei parametri determinatori è *due* per l'ellisse e per l'iperbole, *uno* per la parabola. Quindi la varietà delle ellissi e delle iperboli è molto maggiore che per la parabola. Le prime possono variare in dimensione ed in forma; la parabola non può variare che in dimensione, perchè tutte le parabole hanno la medesima forma. La parabola non è dunque una vera specie comparabile alle altre due. Essa rappresenta un caso particolare, che forma un limite fra le ellissi e le iperboli.

3^o Ordine. — La sola considerazione morfologica ha fatto riconoscere a Newton nelle curve di 3^o ordine *settantadue specie* diverse, le quali da Eulero furono poi (sempre secondo criterii puramente morfologici) raccolte e classificate in *sedici generi*. Ma fra le 72 specie di Newton soltanto sette hanno tutto il grado di generalità che compete ai *sei* parametri delle curve di quest'ordine. Le altre forme sono casi limiti fra una specie e l'altra, oppure casi particolarissimi, la cui considerazione non si può ammettere in una classificazione uniforme.

4^o Ordine. — Nella classificazione (puramente morfologica) proposta da Eulero e rettificata da Plücker si annoverano 152 generi (analoghi ai 16 generi euleriani per le curve di 3^o ordine) comprendenti un numero enorme di specie, delle quali finora nessun matematico ha osato affrontare la classificazione e la descrizione. — Il numero dei parametri determinatori sale in quest'ordine ad *undici*.

Questa fecondità di enti geometrici cresce in proporzioni spaventose negli ordini quinto (dove il numero dei parametri può salire fino a *diciassette*), sesto (dove il numero dei parametri può arrivare fino a *ventiquattro*) ecc. Lo studio completo di tali ordini sembra trascendere le forze dell'intelletto umano, e soltanto alcuni casi specia-

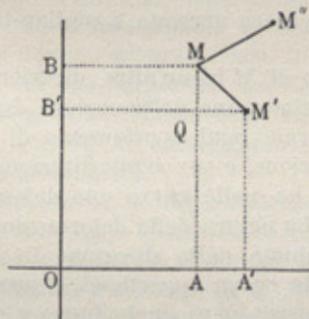
lissimi furono studiati, che comprendono soltanto una minima parte del numero totale (1).

(1) I saggi di classificazione finora tentati hanno per unico intento di servir di guida allo studio, e sono ben lontani da quella simmetria di disposizione e da quella uniformità di metodo, a cui idealmente si dovrebbe aspirare. Le specie di Newton ed i generi di Eulero e di Plücker non hanno tutti, nel medesimo ordine di curve, lo stesso significato e lo stesso grado di generalità: il numero dei parametri varia da una specie all'altra, da un genere all'altro. È questo un difetto capitale, il quale mostra, tali classificazioni esser fondate su principi d'analogia imperfetta e convenzionale, non già nella vera essenza delle cose. In una classificazione ideale dovrebbero tutte le divisioni di una data categoria (specie, genere, classe), rappresentare un medesimo grado di diversità e di molteplicità; soprattutto le specie, che costituiscono il gradino ultimo, ma il più numeroso e senza paragone il più importante. Tutte le specie di un medesimo ordine dovrebbero esser caratterizzate da un medesimo numero di parametri, e precisamente dal massimo numero di parametri che quell'ordine comporta: assegnando il posto che loro compete a quei tipi di curve più speciali che ne hanno un minor numero e che quindi nel sistema si presentano come casi singolari e relativamente eccezionali. Un tal metodo di ordinamento finora non si conosce che per le curve del secondo ordine; ed è sperabile che col tempo alcuno tenterà di applicarlo al terzo ordine (cosa non difficile a farsi) ed anche al quarto.

CAPO II.

Rappresentazione delle forme geometriche pure nelle loro trasformazioni, specie e varietà.

10. Rappresentazione convenzionale di un ordine intero di curve. Caso di 2 parametri. — Consideriamo una famiglia di curve determinata da 2 parametri, quale sopra abbiam veduto esser quella delle curve di 2° ordine. Una qualunque di esse curve sarà determinata fra tutte le altre, quando siano assegnati i valori speciali dei due



parametri a e b che ad essa appartengono. Siano ora condotte in un piano le due rette fra loro perpendicolari OA , OB . Prendasi sopra l'una di esse la distanza OA uguale al valore speciale di a e la distanza OB uguale al valore speciale di b : indi elevate le perpendicolari AM , $B'M$ fino alla comune intersezione, si compia il rettangolo $OAMB$.

Il punto M sarà così intieramente determinato e corrisponderà, colla sua posizione, a quella speciale forma di curva, che ha per parametri le quantità e lunghezze OA OB . Ad ogni curva della famiglia data corrisponderà un punto del piano: e ad ogni punto del piano una curva. Si potrà pertanto considerare ogni punto M come il rappresentante di una curva particolare di quella famiglia. E tutta la famiglia delle curve sarà rappresentata dall'insieme dei punti del piano dove si fa l'operazione. In tal modo, al concetto di *forma* della curva abbiám sostituito l'altro più semplice del *luogo* che occupa il punto M suo corrispondente.

Poniamo ora, che il punto M si muova in una direzione qualunque, passando da M in M' . Al punto M' corrisponderà la curva, di cui i parametri sono OA' OB' : e generalmente parlando, se la distanza MM' è piccola, piccola sarà anche la diversità di forma e di grandezza fra le due curve corrispondenti a M ed M' . Pure una diversità avrà luogo; e mentre il punto M sarà passato in M' , la curva di M per gradi consecutivi si sarà venuta deformando in un certo modo, e sarà arrivata a pigliar la forma che ha la curva di M' .

Un movimento di M in un'altra direzione qualsiasi $M M''$ avrebbe prodotto una deformazione diversa dalla precedente. In generale ogni spostamento di M corrisponde ad una deformazione, e per ogni direzione diversa dello spostamento si ha nella curva una deformazione di carattere diverso. La natura della deformazione subita dalla curva è determinata dalla direzione in cui procede il punto M che alla curva appartiene. Il progresso di M in due direzioni opposte darà anche luogo a deformazione di carattere opposto.

11. Fra tutti gli spostamenti possibili che può prendere M avanzando in diverse direzioni, meritano special considerazione quelli che si fanno lungo le rette MA MB parallele alle OB OA . Quando M si muove (in un senso o nell'altro) lungo la retta MA , il parametro a rimane invariato, cioè si ha $OA = a$; e quindi la deformazione

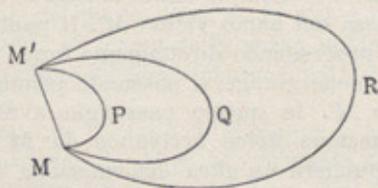
della curva prodotta da questo movimento deriverà dal solo parametro b . Similmente progredendo M lungo la retta MB , avremo nella curva deformazioni provenienti dalla variazione del solo parametro a . Queste due specie di deformazione lungo MA e lungo MB sono distinte per questo, che ad esse si posson ridurre tutte le altre; e perciò le chiameremo deformazioni *tipiche*.

Consideriamo per esempio la deformazione che ha luogo quando M passa nel punto vicino M' . Il punto M può arrivare in M' progredendo direttamente lungo la linea MM' ; ma può anche giungervi passando prima da M in Q e poi da Q in M' . In questo passaggio avrà luogo una prima deformazione tipica arrivando da M a Q ; ed a questa si aggiungerà un'altra deformazione tipica, arrivando da Q in M' . Il risultato finale di queste due deformazioni tipiche combinate e sovrapposte sarà identico a quello dell'unica deformazione che corrisponde al passaggio diretto da M in M' .

Dunque tutte le infinite deformazioni, che può subire la curva col procedere di M nelle infinite direzioni del piano, possono ridursi alla somma di due deformazioni tipiche; le quali corrispondono ai casi in cui varia solo o l'uno o l'altro dei due parametri. La deformazione per MM' qui è dunque la risultante delle due deformazioni per MQ , QM' : le quali si compongono insieme, come i movimenti nella meccanica.

12. All'idea complessa di *deformazione* di una figura abbiamo dunque surrogato l'idea molto più semplice del *moto di un punto*. È possibile di attribuire a questo punto movimenti di qualsiasi grandezza e di qualsiasi natura. Sia M la posizione iniziale corrispondente ad una data forma; M' un'altra posizione comunque distante, che corrisponda ad una forma comunque differente dalla prima. Da M si può arrivare ad M' per infinite vie. Sia MPM' la via prescelta; gli infiniti punti di essa rappresenteranno, le infinite forme diverse che prenderà successivamente la curva, nel passare dalla forma di M alla forma di M' . Un'altra via MQM' produrrà il medesimo effetto, facendo

passare la curva per una serie di forme affatto differente. Può dunque una forma passare ad un'altra in infiniti modi, cioè per infinite serie di deformazioni diverse, pur rimanendo sempre nelle forme appartenenti alla famiglia di curve determinate da due parametri nel modo stabilito da principio.



Ma non tutte le serie di deformazioni per cui si passa da una forma all'altra saranno ugualmente semplici e ugualmente dirette. Siano MM' due punti non molto lontani e corrispondenti a due forme non molto diverse. Se per arrivare da M ad M' si prende una via di grande circuito ed inutilmente complicata come MRM' , la curva nel passare dall'una all'altra forma, potrà prendere nell'intervallo forme diversissime dall'iniziale che corrisponde ad M e dalla finale che corrisponde ad M' . Ma siccome gli stati iniziale e finale di essa sono poco diversi, molto lavoro di trasformazione fatto in una parte del cammino sarà disfatto in un'altra parte. Questo ci fa vedere, che fra tutte le serie di deformazioni per cui dalla forma di M si può passare alla forma M' ve ne sarà una, in cui il lavoro di trasformazione fatto una volta non si disfa più, ed è il minimo possibile. La linea di passaggio corrispondente a questo modo più semplice, più diretto e più economico di trasformazione non può esser molto diversa dalla retta MM' . La chiameremo la linea diretta di trasformazione.

13. Rappresentazione convenzionale di un ordine intero di curve. Caso di tre o più parametri. — Questo

sistema di rappresentare con punti le diverse forme di curve appartenenti alla stessa famiglia, e le loro trasformazioni reciproche, può essere facilmente esteso alle famiglie dotate di un numero qualsivoglia di parametri.

Poniamo che il sistema dipenda da tre parametri: si potranno facilmente rappresentar questi per mezzo delle 3 distanze di un medesimo punto M da 3 piani fra di loro perpendicolari comunque condotti nello spazio a 3 dimensioni. Ogni forma di curva sarà data, quando siano assegnati i valori dei 3 parametri ad essa convenienti, e a tali valori, comunque scelti, corrisponderà sempre un punto M dello spazio, rappresentante della data curva. Inversamente ogni punto M dello spazio, per mezzo delle sue tre distanze ai 3 piani sopradetti determina i valori dei 3 parametri, e quindi la forma di curva, che ad esso punto corrisponde. Anche in questo caso si potranno ripetere tutti i ragionamenti esposti qui sopra pel caso di 2 parametri. Il moto del punto M in una qualunque direzione dello spazio circostante a tre dimensioni determinerà una particolare deformazione della curva che gli corrisponde. Avremo poi *tre* deformazioni tipiche, corrispondenti al moto di M in tre direzioni perpendicolari ai piani suddetti; e tutte le infinite deformazioni corrispondenti ad altre direzioni qualsiasi potranno sempre ridursi alla somma o alla combinazione di 3 deformazioni tipiche. Il moto di M dal suo luogo al luogo del punto M' rappresenterà la serie delle deformazioni, per cui la curva corrispondente ad M si trasforma nella curva corrispondente ad M' ; e questo potrà avvenire in infinite maniere, perchè per infinite vie M può passare in M' . E fra queste vie una sarà la più semplice e la più diretta, e quella che domanderà il minimo lavoro di deformazione.

Lo stesso modo di rappresentazione si potrà applicare a sistemi di curve dipendenti da un numero qualsivoglia n di parametri, assegnando ad ogni forma di curva quel punto M , la cui posizione nello spazio a n dimensioni è definita dai valori speciali degli n parametri, che a quella curva corrispondono. Veramente qui la rappresentazione

cessa di essere intuitiva, ma niente impedisce di applicarla anche a questo caso, e di estendere ad esso le riflessioni e le conclusioni enunciate qui sopra pei casi di due e di tre parametri. Epperò è manifesto che anche in questo caso, partendo da un punto M che si suppone rappresentare una data forma, ad ogni direzione dello spazio n -dimensionale in cui M può muoversi, corrisponderà una particolare qualità di deformazione della curva rappresentata da M . Ma tutte queste deformazioni non sono intieramente sciolte da ogni legge; anzi tutte potranno ridursi alla somma o alla combinazione di n deformazioni tipiche.

14. Correlazione di deformazione. — La conclusione or ora enunziata è della più grande importanza. Per essa comprendiamo che per passare da una data forma di curva ad un'altra della medesima famiglia, anche pochissimo diversa, non si può procedere ad arbitrio. La deformazione operata non può risultare che dalla sovrapposizione di un certo numero di deformazioni tipiche di carattere ben definito; altrimenti avverrà che la nuova curva risultante non apparterrà più alla famiglia delle altre. Ciò limita in un modo straordinario le deformazioni possibili, ed introduce delle strette dipendenze fra le deformazioni che hanno luogo in diverse parti di una medesima curva. Consideriamo, per fissar le idee, una famiglia di curve a due parametri, per esempio la famiglia delle ellissi: è chiaro che se si parte da una data ellisse, le deformazioni che sovr'essa sarà concesso di fare dovranno esser uguali e simmetriche rispetto ad entrambi gli assi della medesima. Se pertanto si domandasse che uno dei vertici dell'ellisse debba esser modificato in guisa da riuscir un po' più acuto, ciò non si potrà fare che coll'ammettere una eguale modificazione nell'altro vertice: i due vertici di un ellisse non potendo non esser uguali e simmetrici. E quando si volesse mantenere tal modificazione in un solo dei vertici, la nuova curva per ciò solo cesserebbe di essere una ellisse; e si uscirebbe così dalle condizioni inerenti a tutte le curve della famiglia considerata.

Arriviamo dunque a questo risultato; che una data modificazione apportata in una parte della curva determina necessariamente altre modificazioni correlative in altre parti. È questo il fenomeno detto *correlazione di deformazione*, il quale, come si vedrà in seguito, si applica anche agli organismi naturali.

15. Campo e limiti delle specie geometriche. — Per mezzo della rappresentazione esposta nei precedenti articoli siamo ora in grado di ridurre a concetti semplici ed intuitivi tuttociò che si riferisce alle relazioni che una forma del dato sistema ha colle altre forme. Noi incominceremo a considerare il campo occupato da una specie ed i limiti che lo separano dai campi analoghi delle specie confinanti; e per fissar le idee discuteremo il campo delle curve algebriche di 2° ordine (sezioni del cono) le quali sono definite, come sopra si è esposto, da 2 parametri, e di cui ogni forma possibile è rappresentata dalla posizione di un punto corrispondente in un piano.

Egli è manifesto che punti vicini del piano devono corrispondere a forme poco fra loro differenti; e che percorrendo il piano in una direzione qualsiasi, le forme corrispondenti alle posizioni successivamente incontrate devono variare in modo continuo, e non per salti. Da ciò possiamo inferire, che quella regione del piano, a cui corrispondono tutte le forme di una data specie, deve formare un'area continua. In altri termini, *ogni specie ha un campo determinato*, in cui si trovano i punti delle forme ad essa appartenenti e da cui sono escluse le forme appartenenti ad altre specie.

Or le specie delle curve del 2° ordine sono due; la specie delle ellissi e quella delle iperboli; oltre a quella delle parabole, che è un caso limite. Adunque se noi esamineremo tutti i punti del piano che corrispondono ad ellissi, li troveremo tutti raccolti in una certa parte di esso piano; e nel rimanente troveremo raccolti tutti i punti che corrispondono ad iperboli. Saranno queste le regioni o i *campi* delle ellissi e delle iperboli. Il confine di queste regioni apparterrà alla forma che costituisce il passaggio

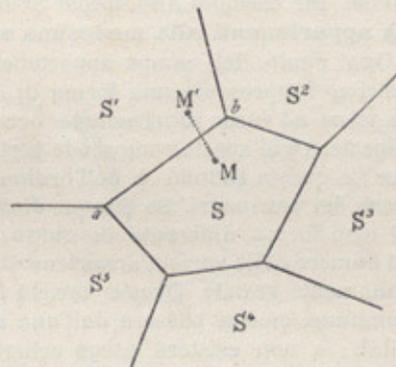
delle ellissi alle iperboli, cioè alle parabole. Mentre adunque il campo delle ellissi e il campo delle iperboli occupano *aree* del piano, il campo delle parabole occuperà soltanto i punti di una linea limite fra gli altri due campi sopradetti. Ed è manifesto, che da una forma ellittica non si potrà passare per successive deformazioni ad una forma iperbolica, se non attraversando quella linea limite, passando cioè per la forma della parabola; la quale dunque può considerarsi come un tipo di transizione.

Similmente per le curve a 3 parametri il campo di tutte le forme possibili sarà lo spazio a 3 dimensioni; ogni specie occuperà una porzione di questo spazio, che sarà il campo di essa. Il confine fra due campi di specie contigue sarà una superficie, della quale i punti corrisponderanno a forme limiti o a tipi di transizione fra le due specie considerate.

16. Per le curve a n parametri il campo di tutte le forme possibili è lo spazio a n dimensioni; del quale ogni specie occuperà una determinata porzione, che sarà il campo di quella specie. Ciascuno di questi campi sarà limitato dal campo analogo di una specie contigua per mezzo di uno spazio a $n-1$ dimensioni, il quale a sua volta sarà il campo della specie meno generale, che forma il tipo di transizione fra due specie più generali contigue. Quando le dimensioni sono in numero maggiore di tre, gli spazi non possono più esser afferrati per intuizione diretta del nostro intelletto. Tuttavia essi restano sempre concepibili come rappresentazione delle molteplicità di vari ordini, e le conseguenze precedenti non perdono nulla del loro significato reale. Qualunque sia il numero delle dimensioni, noi potremo sempre in modo schematico e convenzionale rappresentarci lo spazio intiero coll'infinita estensione del foglio, e le porzioni di questo spazio, o i campi in cui è diviso, per mezzo di aree limitate del foglio stesso; i confini fra questi spazi per mezzo di linee dividenti queste aree. Ogni punto di uno spazio qualunque continuerà sempre ad esser rappresentabile con un punto. Così potremo avere immagini atte a guidare il ragiona-

mento e a dar forma concreta alle nostre idee, quando si tenga bene a mente che non si tratta di una vera rappresentazione della realtà delle cose, ma di pure designazioni convenzionali. Non si dovrà mai dimenticare che le relazioni fra una specie e le sue contigue, espresse dalla figura per mezzo di connessioni a due dimensioni, in realtà dipendono da una molteplicità d'ordine più elevato, e possono appartenere ad una rete ad un numero qualsivoglia di dimensioni.

Sia dunque S il campo di una data specie di curve, S^1 S^2 S^3 ... i campi delle specie confinanti. Tutti i punti dello



spazio S corrisponderanno ciascuno ad una delle infinite forme comprese nella specie corrispondente. I punti del contorno apparterranno a tipi di transizione con alcune delle specie confinanti, e le proprietà distintive della specie S arrivando a tali limiti cesseranno di aver luogo, per esser surrogate da proprietà analoghe di un'altra specie. Si vede adunque, che le caratteristiche, per le quali la specie S si distingue dalle altre, saranno meno evidenti e meno pronunziate nelle regioni del campo prossime ad essi limiti: mentre le forme veramente rappresentanti la specie S nella sua maggiore purezza, le forme vera-

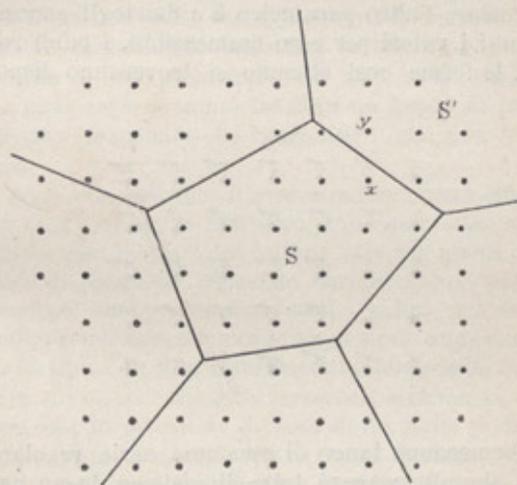
mente tipiche di S corrisponderanno alle parti centrali del campo.

Se noi consideriamo la forma di S che è rappresentata dal punto M e la forma di S' che è rappresentata dal punto M' ; la diversità di queste quando i punti MM' siano siano ambidue vicinissimi al limite ab che separa i due campi SS' sarà minore, che quando i due punti siano lontani da quel limite. Una forma rappresentata da un punto M vicino al limite ab potrà in generale convertirsi in altra forma della specie S' che è al di là del limite ab con trasformazioni meno operose e meno radicali di quelle che si richiederebbero per ridurre la forma M ad altra specie confinante, per esempio alla specie S^3 od S^4 .

17. Varietà appartenenti alla medesima specie geometrica. — Ogni punto del campo appartenente ad una specie geometrica rappresenta una forma di curva; così che il campo viene ad esser intieramente occupato dalle forme della specie. Ogni specie comprende pertanto un'infinità di forme; e questa infinità è dell'ordine n , quando n sia il numero dei parametri. Se dunque diamo il nome di *varietà* ad ogni forma differente di curva, ne concluderemo che il numero delle varietà appartenenti a ciascuna specie è infinitamente grande. Queste varietà formeranno un sistema continuo, cioè si passerà dall'una all'altra per gradi insensibili; e non esisterà alcun criterio naturale per separarle in categorie veramente distinte.

Noi possiamo tuttavia concepire il caso, che il numero o la qualità delle forme sian limitati da qualche condizione. Invece di attribuire ai parametri tutti i valori possibili, potremo ammettere che questi debbano limitarsi ad una certa classe di valori; potremo per esempio supporre che per qualche necessità del problema i parametri debbano esser tutti numeri intieri, o appartenere ad altra serie qualsiasi di valori, ed anche nella data serie non progredire al di là di certi limiti. In tal caso le combinazioni possibili dei parametri si restringeranno in proporzioni anche maggiori; così che nel campo di una data specie le forme ammesse come possibili saranno rappre-

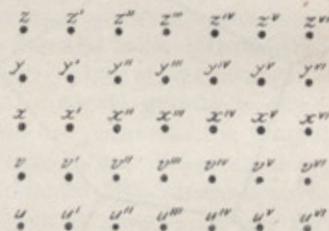
sentate da un insieme di punti separati fra loro ed isolati a maggiori o minori distanze, siccome nella figura vicina è indicato dai grossi punti di cui è cosparsa. — Inoltre raramente o soltanto per caso avverrà che alcuno dei punti si trovi sopra uno dei limiti che separano i campi delle varie specie; da ciò la conseguenza, che generalmente parlando le forme di transizione non esisteranno, od esisteranno soltanto in casi affatto singolari. Il pas-



saggio di ogni forma alle forme circonvicine si farà sempre con un salto notevole; e queste forme circonvicine essendo ristrette a un piccol numero, in ugual modo sarà ristretta la possibilità di passare da una forma ad altra contigua. La famiglia intiera delle curve così ridotte di numero conterà ancora come prima di specie, sebbene sia possibile che alcuna delle specie scompaia intieramente, per non trovarsi alcun punto nel suo campo. Ma ogni specie sarà separata in modo abrupto dalle circonvicine

senza transizione; così che dall'ultima varietà x della specie S si arriverà alla prima varietà y della specie vicina S' con un salto, naturalmente maggiore di quello che ha luogo pel passaggio dall'una all'altra delle varietà appartenenti alla medesima specie.

18. Serie analogiche. — Consideriamo per semplicità un sistema discontinuo a due parametri soli, come quello rappresentato nella figura precedente; e poniamo che ad uno dei due parametri a si assegni un valore fisso, che sia uno fra quelli che esso è in grado di assumere. Facendo variare l'altro parametro b e dandogli successivamente tutti i valori per esso ammissibili, i punti rappresentanti le forme così ottenute si troveranno disposti in



fila, e formeranno lungo di essa una serie regolare $u u' u'' u''' \dots$ che attraverserà tutto il sistema da un capo all'altro. I tipi di curva rappresentati da questi punti, avendo un parametro comune, si troveranno stretti l'uno all'altro da certa analogia di caratteri, che non avranno due tipi qualsiasi presi quà e là, ed a caso nel sistema, i quali differiscano per entrambi i parametri. Inoltre è manifesto che nella stessa serie $u u' u'' u''' \dots$ le curve andranno mutandosi regolarmente di passo in passo da un tipo all'altro: così che quelle variazioni, per cui dalla forma u si passa alla forma u' , continuando nel medesimo senso, finiranno per produrre i tipi $u'' u''' u'''' \dots$ sempre più lontani da u : in modo da arrivare per gradi anche piccoli a forme di-

versissime dalla prima forma u . Tutti questi tipi, ancorché comprendenti forme molto diverse, avranno però comune quel carattere che dipende dal parametro a che si suppone uguale per tutti.

Ora è manifesto che di tali serie noi possiamo farne tante, quanti sono i valori ammissibili per il parametro a . Avremo dunque, oltre alla serie $u u' u'' u''' \dots$ altre serie $v v' v'' v''' \dots$ $x x' x'' x''' \dots$ disposte regolarmente lungo linee anch'esse procedenti in direzione analoga alla prima serie per modo da potersi chiamare tutte in un certo senso parallele. L'insieme delle serie ottenute col dare ad a tutti i suoi valori ammissibili costituirà la totalità del sistema; ogni punto di esso apparterrà ad una serie particolare. I tipi d'ogni serie avranno fra loro un grado di parentela più stretta, dipendente dal parametro che essi hanno in comune.

Noi possiamo ora fare il medesimo ragionamento scambiando l'un parametro coll'altro. Poniamo dunque che si assegni al parametro b un valore fisso fra quelli che esso è capace di assumere. Facendo variare l'altro parametro a e dandogli successivamente tutti i valori per esso ammissibili, i punti così ottenuti si troveranno anch'essi sopra una certa linea in fila, e formeranno lungo essa una serie regolare $u v x y z \dots$ che attraverserà il sistema da un capo all'altro, ma in *direzione diversa* dalle serie prima considerate. I tipi di questa nuova serie daranno pure una scala di forme modificantisi per gradi successivi, benché aventi fra loro un carattere speciale di affinità, dipendente dal comun valore del parametro b . E di tali serie ne avremo tante, quanti sono i valori ammissibili per questo parametro. Dunque oltre alla serie $u v x y z \dots$ avremo le serie $u' v' x' y' z' \dots$ $u'' v'' x'' y'' z'' \dots$ $u''' v''' x''' y''' z''' \dots$ disposte tutte in un certo parallelismo colla prima; e l'insieme di tutte abbraccerà anche qui la totalità del sistema, ogni punto appartenendo ad una serie particolare; ed in ciascuna regnerà pure un grado speciale di parentela, a cagione del comune valore del parametro b .

19. Queste riflessioni, oltre al render ragione del

perchè nelle nostre figure disponiamo i tipi delle varietà in serie ed in colonne, ci conducono ad una importante osservazione. Essendo due le classi di serie, una trasversale corrispondente ad un parametro, l'altra longitudinale corrispondente all'altro, ogni tipo del sistema apparterrà simultaneamente a due serie, l'una dell'una, l'altra dell'altra classe: e poichè in ogni serie regna una speciale parentela od analogia di forme, così ogni tipo del sistema sarà connesso in quattro direzioni diverse cogli altri tipi intorno ad esso, e presenterà in queste direzioni due maniere diverse d'analogia. È questo il motivo, per cui alle serie in questione ho dato il nome di *serie analogiche*.

Quello che si è detto di un sistema a due parametri, facilmente possiamo estenderlo a sistemi più complessi. Se i parametri siano tre, è facile convincersi che avremo tre classi di serie analogiche, in ciascuna delle quali tutti i membri avranno comuni due parametri, e non differiranno che pel valore del terzo. Di queste tre classi di serie potremo figurare la reciproca relazione, dicendo che uno corre in larghezza, l'altro in lunghezza, il terzo in profondità. Ogni tipo del sistema apparterrà a tre serie analogiche e sarà connesso coi tipi vicini in sei direzioni diverse, corrispondenti a tre maniere diverse d'analogia.

Se i parametri saranno n , avremo n classi di serie analogiche, in ciascuna delle quali tutti i membri avranno comuni i valori di $n - 1$ parametri: cioè non differiranno fra loro che pel valore di un parametro solo. Ogni tipo del sistema apparterrà ad n serie simultaneamente e sarà connesso coi tipi vicini in $2n$ direzioni, corrispondenti ad n maniere diverse d'analogia.

20. Parallelismo dei tipi in due serie parallele. —

Consideriamo due serie appartenenti alla medesima classe, vicine e parallele, per es. $xx'x''\dots$ $yy'y''\dots$. Gli spostamenti per cui da x si passa ad y omologo, e da x' all'omologo y' e da x'' all'omologo $y''\dots$ essendo press'a poco uguali in grandezza e direzione, corrisponderanno a differenze di forma non molto diverse: ciò che si potrà esprimere dicendo che x sta ad y , come x' ad y' , come

x'' ad $y''\dots$. Nelle gradazioni di forma dei tipi si mostrerà per le due serie da un capo all'altro un parallelismo tanto più stretto, quanto meno differisce il carattere dei due termini iniziali x ed y . Lo stesso si potrà dire comparando la serie $xx'x''\dots$ coll'altra contigua $vv'v''\dots$. Questo parallelismo di forme in due o più serie parallele del sistema è di speciale importanza quando si considerano, invece dei tipi geometrici delle curve, i tipi organici della natura.

CAPO III.

Forme degli organismi naturali, loro parametri e loro legge di correlazione. Tipi normali, loro discontinuità, e loro relazione reciproca: serie analogiche.

21. Sistemi di curve e sistemi organici. — L'idea principale del presente scritto è di esaminare sotto quali rapporti si possa insistere una comparazione fra un sistema di curve aventi origine da una medesima formula (o da un medesimo principio di costruzione) e un sistema qualunque di enti della natura organica, rispondenti a certi caratteri comuni e classificati quindi sotto una medesima divisione, sia poi questa designata col nome di genere, di famiglia, di ordine, di classe, di regno. Qui si presenta subito alla considerazione la grande diversità che esiste fra una curva e un tipo qualsiasi di organismo naturale. Per la curva ogni studio è contenuto in quello della pura forma geometrica: negli organismi, oltre all'elemento geometrico della forma, è da considerare la costituzione fisica, chimica e fisiologica delle parti, e il carattere delle funzioni che costituiscono la loro vita, non escluse le funzioni d'ordine psicologico. La curva deriva da un concetto matematico rigoroso e puramente ideale; per gli organismi non esiste, rappresentato da uno, nè da più esemplari, un tipo puro ed assoluto; gl'individui in cui è tradotto in realtà il concetto che li informa, sono soggetti a mille influenze modificatrici e perturbatrici di effetto temporaneo o permanente. La curva, definita una volta nella legge della sua descrizione e nei suoi para-

metri, è intieramente immutabile; gli organismi durante il tempo della loro esistenza percorrono diversi stadi e seguono una progressiva evoluzione dallo stato embrionale a quello del massimo sviluppo, che si suole più spesso considerare come il loro stato normale. Nessuna di queste differenze deve essere negletta nelle considerazioni comparative che si tratta di fare.

22. Parametri degli organismi naturali. — Abbiamo veduto più sopra, che in ogni famiglia di curve ogni forma individuale è distinta dalle altre pel valore speciale che assumono in essa certi elementi fondamentali, detti parametri. Ora questo concetto ed altri parecchi da esso dipendenti io credo che si possano trasportare ai sistemi degli esseri organizzati, malgrado la grande diversità che corre fra questi e le curve. Penso adunque, che i tipi organici naturali, benchè variabili sotto l'impero di numerose influenze, sono anch'essi determinati nei loro caratteri essenziali da un certo numero di elementi fondamentali secondo una legge o formula definita per ciascuna categoria o divisione. L'identità della formula stabilisce, come per le curve, i caratteri comuni della categoria; come nelle curve, i caratteri propri a ciascuna suddivisione dipendono dalla varietà degli elementi fondamentali. A quel modo che le diverse specie curve d'una stessa famiglia sono determinate dalle varie combinazioni che possono prendere i valori dei loro parametri; così credo, che dalle varie combinazioni degli elementi fondamentali e dalla maggiore o minor parte che ciascuno di essi può avere nella costituzione e nelle funzioni di ciascun organismo speciale, siano determinate le differenze specifiche entro i limiti della stessa categoria.

Questi elementi fondamentali determinatori potremo chiamare convenientemente *i parametri* dell'organismo, desumendone dalla teoria delle curve il nome, ed anche in parte il concetto. Dico in parte, perchè l'idea rispondente a quel nome è, nel caso di un organismo, assai più complessa: di tanto più, di quanto un organismo naturale anche il più rudimentale sorpassa in complicazione di strut-

tura e di composizione una linea curva. Ma oltre all'essere più complessa, è anche meno determinata; anzi nello stato presente della scienza è indeterminata ancora quasi per ogni parte. Nelle curve i parametri sono linee o numeri dove una sola cosa è da considerare, la grandezza. L'influsso di ciascun parametro sulla forma della curva è perfettamente definito, data che sia la legge di costruzione o la formula da cui dipendono tutte le curve del sistema; altri lati il problema non ha. Ma niuno è adesso capace di dire quali e quanti siano gli elementi determinatori di un organismo nella sua forma, nella sua costituzione fisica e fisiologica, nelle sue funzioni. Più difficile ancora sarebbe distinguere la parte che ciascun elemento ha come fattore costituente dell'organismo stesso. Certo questi parametri non son tutti omogenei e riferibili ad una stessa categoria di cose; in essi si tratta non solo del *quanto* (come avviene per le curve) ma ancora, e probabilmente in complicata e molteplice maniera, del *quale*. Fortunatamente, come si vedrà dagli esempi, la comparazione dei due ordini di fatti e la dimostrazione dei loro parallelismi entro i limiti che ci siam posti, si può istituire stando in termini generali e senza scendere a particolarità oggi ancora inaccessibili all'investigazione.

23. Legami fra le variazioni di un organismo; correlazione di sviluppo. — E primieramente quanto alle variazioni dei tipi organici appartenenti ad un dato sistema: se noi ammettiamo che nella loro costituzione tutti debbano obbedire ad una formola fondamentale, le variazioni da un tipo all'altro ed anche quelle da un individuo all'altro del medesimo tipo non saranno arbitrarie; ma saranno legate a leggi derivanti dalla formola fondamentale istessa. Che se così non fosse e si volesse da un tipo passare ad un altro (anche pochissimo differente) introducendo variazioni arbitrarie; il nuovo tipo così prodotto generalmente parlando non obbedirà più alle condizioni imposte dalla formola fondamentale, e si troverà così al di fuori del sistema.

Adunque fra le diverse variazioni che può subire un

organismo dipendentemente da qualsiasi causa esiste una *legge di correlazione* in virtù della quale date certe variazioni, sono in parte determinate od escluse altre variazioni. Una tal legge, che abbiamo veduto esistere nel mondo delle curve (§§ 13-14), si verifica anche nello sviluppo e nelle modificazioni degli enti organici; ed è una delle principali leggi dell'evoluzione dei tipi naturali, scoperta od almeno con l'usata maestria illustrata dal Darwin nella sua opera *Sull'origine delle specie* e più estesamente ancora nell'altra *Sulle variazioni degli animali e delle piante*, Capitolo XXV. Per noi questa legge appare non solamente come un fatto di osservazione, ma come conseguenza necessaria di un principio.

Un bell'esempio dell'ampiezza con cui in natura si esercita questa legge di correlazione si ha nella facoltà, che hanno certi animali, di riprodurre esattamente membri anche essenziali del loro corpo, dei quali sian stati privati per mezzo di mutilazione (1). Se la generazione di nuove cellule che in questo caso ha luogo alla superficie del moncone non fosse regolata da alcun principio, essa darebbe luogo ad una appendice amorfa, o al più potrebbe limitarsi a produrre una continuazione più o meno regolare dei tessuti troncati. Ciò che determina la restituzione dell'antica struttura è appunto la legge di correlazione delle parti, ogni violazione della quale condurrebbe ad una mostruosità. Qui una parte dell'organismo basta a determinare la restituzione dell'organismo tutto intiero, precisamente allo stesso modo, che dato un arco di circolo, il geometra ne può trarre gli elementi necessari per descrivere il circolo completo senza alcuna possibile incertezza. La legge di correlazione pertanto non si esercita solamente nelle variazioni minori dell'organismo, ma presiede all'armonia dell'organismo in tutto il suo svolgimento.

Notisi che questa correlazione non vale solamente per

(1) Alcuni esempi notabili son riferiti da Darwin nella sua opera *Sulla variazione degli animali e delle piante*, Cap. XXIV.

variazioni della stessa natura, per esempio fra l'incremento di un membro e quello di un altro; ma dobbiamo esser disposti ad accettarla fra variazioni di natura differente che in apparenza non sembra possano avere alcun nesso fra di loro: per esempio fra certe forme di variazione morfologica e il maggior o minor grado di perfezione con cui si compiono date funzioni dell'organismo, e siano pure anche funzioni d'ordine psichico. Qui sta la fonte delle relazioni di cui si occuparono Lavater e Gall, almeno in quella parte dei loro lavori, a cui l'esperienza non ha negato la sua sanzione.

Del resto, soddisfatte che siano le condizioni imposte dalla legge di correlazione, noi dovremo supporre possibili in realtà (e fin che l'osservazione dei fatti non ci convinca del contrario) tutte le variazioni che non escono dai limiti consentiti da quella legge. Come causa di tali variazioni ammettiamo senz'altro tutte quelle proposte dal Darwin nella sua *Origine delle specie*, e in generale tutti i fattori immaginabili di evoluzione nel regno organico. Soltanto a me pare che gli effetti di questa evoluzione non siano abbandonati intieramente a ciò che qui in un certo senso si potrebbe chiamare opera del caso. E mi trovo indotto a pensare che tali effetti siano regolati in parte da cause generali, e costretti entro certi limiti da leggi praticamente inviolabili. Una di queste, come abbiam veduto, è la legge di correlazione. Un'altra è quella della discontinuità dei tipi, della quale esempi manifesti si hanno nel mondo inorganico, e che tutto fa credere abbia pure a verificarsi nella natura organizzata.

24. Discontinuità dei tipi nel mondo inorganico. — Nei parametri delle curve le variazioni si riferiscono alla sola grandezza, la quale si può sempre immaginare variabile in modo continuo per gradi infinitesimi: tale è pure il modo di passaggio da un tipo ad un altro qualsiasi (§ 17). Ma in natura il continuo geometrico non esiste. Le stesse proprietà fondamentali della materia richiedono assolutamente la supposizione, che ogni porzione finita di essa sia composta di un numero finito di atomi discreti; la materia

forma dunque un sistema discontinuo. Quale sia l'importanza di questo fatto così semplice per determinare nel mondo fisico divisioni e classificazioni d'ogni genere, è facile vedere. In primo luogo si trova, che applicando gradi crescenti di calore ad una porzione di materia, si determinano in essa *tre* stati e non più; il solido, il liquido e l'aeriforme, dall'uno dei quali si passa all'altro non per gradi continui, ma per salti; gli stati intermedi essendo di carattere instabile ed accidentale. Ed in secondo luogo avviene che quando in un corpo solido le molecole si dispongono secondo il loro naturale equilibrio, esso non può cristallizzare che sotto forme geometriche, classificabili in *sette* sistemi di poliedri assai semplici e capaci di definizione precisa. E queste sono le forme naturali, che si potrebbero chiamare anche *organiche*, della materia; l'equilibrio nei corpi amorfi essendo sempre il risultato di azioni perturbatrici e non del libero sviluppo delle loro forze interiori. — Ed in terzo luogo osserviamo, che le varie forme, in cui può cristallizzare una data sostanza, oltre all'appartenere (generalmentè parlando) ad un identico sistema, sono collegate fra loro dalla legge di Haüy, secondo la quale i parametri omologhi di queste forme (quantità che determinano l'inclinazione delle facce del cristallo rispetto ai suoi assi principali) stanno fra loro in rapporti esprimibili per una *serie di numeri interi*. — Ma quando invece di uno si considerano due corpi (o due classi di atomi) e facendoli entrare in combinazione chimica, se ne forma un terzo corpo diverso dai due primi; la proporzione in peso delle parti componenti non sarà arbitraria, come in una miscela qualsiasi: ma dovrà farsi secondo uno od un altro di certi *determinati rapporti*; e questi rapporti (che soli danno luogo ad un organismo chimico propriamente detto) qualunque sia il loro numero, anch'essi sono rappresentabili per mezzo di *una serie di numeri interi* (legge delle proporzioni definite e delle proporzioni multiple di Dalton). Che se un corpo qualunque con sufficiente applicazione di calore riduciamo allo stato di gaz incandescente nascerà uno spettro formato da un certo numero di linee luminose

di posizione fissa: le quali mostrano che per ogni corpo così ardente la radiazione è possibile soltanto in determinate lunghezze d'onda. — Tutti questi fatti ed altri analoghi che si potrebbero citare, sono conseguenza immediate della costituzione atomica dei corpi, e sarebbero intieramente inconcepibili nell'ipotesi della materia continua. Essi ci fanno vedere in quanti modi dal solo principio della divisione della materia in parti discrete possano nascere differenze specifiche procedenti per salti in serie discontinua.

25. Il sistema chimico. — Ma di tutti i fatti di questo genere il più importante, come quello che offre rispetto alla natura organica un parallelismo sommamente istruttivo, è dato dal sistema degli elementi chimici, sul quale è fondata la struttura di tutto l'Universo accessibile alle nostre osservazioni. I corpi così detti semplici, in numero di circa 70, formano un insieme di tipi di materia perfettamente definiti ed assolutamente uguali a sé stessi in ogni tempo ed in ogni luogo. Essi sono capaci di produrre, combinandosi in fisse proporzioni, non già semplici e variabili mescolanze, ma nuove sostanze dotate di caratteri egualmente definiti ed egualmente costanti, capaci esse stesse di combinazioni ulteriori. Questo fatto è per sé medesimo ben degno di meditazione; perché se ciò non fosse e le diverse specie di materia non avessero tipi determinati e proprietà costanti, ma potessero per transizione continua l'una passare all'altra; difficilmente potrebbe aver luogo quella continua e mirabile alternazione di azioni reciproche che è la vita stessa dell'Universo.

Ma vi ha di più. Gli elementi chimici non esistono già, come una volta si poteva credere, indipendentemente l'uno dall'altro; essi costituiscono un sistema in sé connesso, capace di classificazione. Disponendoli infatti in serie secondo la grandezza dei loro pesi atomici, e percorrendo tal serie successivamente come i gradi di una scala, Mendeleieff e Lotario Meyer hanno trovato, che anche le proprietà fisiche e chimiche degli elementi non sono disposte a caso, ma si ripetono lungo essa periodicamente;

così che elementi di analoghe proprietà risultano distribuiti lungo la scala ad intervalli separati da un intero periodo. Inoltre risulta che gli stessi pesi atomici non sono regolati dal caso nella loro progressione, ma che i loro intervalli lungo la scala sono soggetti a certe proporzioni aritmetiche; al punto che dalla considerazione di tali intervalli fu possibile prevedere l'esistenza di elementi prima sconosciuti, e che poi l'esperienza verificò. Tutto questo sarebbe incomprendibile scientificamente, se i settanta elementi della chimica costituissero altrettanti dati primordiali, da assumersi ciascuno per sé come fatto d'osservazione isolato, semplice, ed inaccessibile a qualunque ulteriore indagine analitica. Anzi pare inevitabile la conclusione, che essi siano il risultato di antecedenti operazioni naturali avvenute in una sfera ancora impenetrabile ai nostri mezzi d'esperimento; operazioni probabilmente riducibili ad un principio generale, e delle quali i diversi prodotti è da credere non differiscano fra di loro che come specie diverse di un medesimo genere.

26. Così dunque nel regno inorganico vediamo emergere dal fondo generale dei fenomeni una spiccata tendenza alla creazione di tipi specifici bene determinati e distinti l'uno dall'altro, le cui serie o classi procedono per differenze notabili e non per gradazioni insensibili. Or questa medesima tendenza in misura anche assai più evidente e con numero molto maggiore di esempi si manifesta nel regno organico dove ogni animale, ogni pianta appartiene ad una specie, ed in essa si può classificare nel maggior numero dei casi senza incertezza, dietro esame dei suoi caratteri; onde la Botanica e la Zoologia sono fra tutte le scienze quelle che fanno una più larga parte allo studio della classificazione. In presenza di un simile fatto non credo che sia un error di logica il domandare a noi medesimi se per avventura nell'uno e nell'altro regno uguali effetti non risultino in uguale maniera; se pertanto la discontinuità dei tipi non dipenda anche nel regno organico (come è certo che nel regno organico dipende) dall'intrinseco carattere delle operazioni naturali che servono a

produrli? Studieremo adunque quest'ipotesi; cioè supporremo che la natura anche nelle sue creazioni organiche proceda per tipi distinti, determinati *a priori* da leggi esprimenti la necessità fisica delle cose, analogamente a quanto avviene nel mondo inorganico. Le conclusioni che si dedurranno da tale ipotesi, messe a cimento coi fatti osservati, ci daranno la misura della sua probabilità.

27. Consideriamo dunque un tal sistema discontinuo di tipi, e supponiamo che esso dipenda tutto da un'unica legge o formula fondamentale, secondo le cose esposte nel § 22. Le variazioni da un tipo all'altro essendo discontinue, se ne argomenterà una consimile discontinuità nei parametri determinatori, ed apprenderemo, che soltanto le combinazioni di certi speciali valori o di certe speciali qualità di quei parametri son possibili in natura. Un tale sistema adunque potrà esser comparato col sistema discontinuo di curve geometriche descritto qui sopra nel § 17, e si potrà rappresentarlo con una costruzione affatto analoga. Ed applicando qui le considerazioni svolte nel medesimo luogo pei tipi delle curve, giungeremo ad alcuni risultati degni di considerazione.

a) I punti esprimenti nello schema geometrico tutti i tipi (cioè le varietà) possibili del sistema saranno disposti in serie analogiche (§ 18). Ciò significa che i tipi degli organismi naturali anch'essi dovranno costituire un insieme di serie analogiche. Naturalmente non sarà da aspettarsi che tutti questi tipi esistano oggi effettivamente; molti di essi possono essere già andati estinti nelle epoche anteriori della Terra senza lasciar traccia; altri possono esser rimasti allo stato di fossili, altri non esistere ancora, ed esser riservati a popolare la Terra nei secoli avvenire. Onde può darsi benissimo che il mondo organico presente non contenga che sparsi frammenti di queste serie e di tutto il grandioso schema. — Queste deduzioni dai nostri principi sono confermate in modo luminoso dall'esperienza. Esistono anche oggi serie d'organismi formanti scala regolare di gradazione da un tipo all'altro conse-

cutivo (1); in altri casi una parte degli anelli della catena non esiste più, ma si è potuto ristabilirne la continuità coll'aiuto dei fossili. In tutti questi casi la relazione di sequenza è anzitutto, e certamente sistematica; la supposizione di una relazione genetica non è necessaria.

b) Esisteranno anche nei sistemi organici serie parallele di tipi; le quali partendo da forme diverse come origine, si continuano per gradi di modificazione simili; ad ogni tipo d'una serie corrispondendo nell'altra o nelle altre un tipo analogo avente qualche carattere comune. Di questo fatto un bell'esempio è riportato da Darwin. Tre specie del genere *Cucurbita* hanno dato origine ad un numero di varietà, che reciprocamente si corrispondono in modo così esatto da potersi, secondo Naudin, ordinare in tre serie esattamente parallele (2).

c) A questo genere sono da riferire anche i fatti classificati da Darwin sotto il nome di *variazione analogica o parallela* (3); e consistono in caratteri similari che appaiono in diverse varietà d'una medesima specie, più raramente in varietà appartenenti a specie molto distinte. Ciò significa semplicemente che quelle varietà, lontane o vicine che siano fra loro nel campo, si trovano per caso (che non dev'essere infrequente) corrispondere a punti diversi di una medesima serie analogica, onde loro deriva qualche carattere o proprietà comune. Cito l'esempio riferito da Darwin, di molte razze di bestiame portanti una larga zona bianca tutt'intorno al corpo (4).

d) Le varietà di una medesima specie imitano frequentemente i caratteri di altre specie distinte dalla prima (5). Questo fatto scoperto da Darwin, è una semplice ed ovvia

(1) Esempi presso DARWIN, *Variazione degli animali e delle piante*, Capitolo XXVI; e presso CANESTRINI, *La Teoria di Darwin criticamente esposta*, Cap. VII.

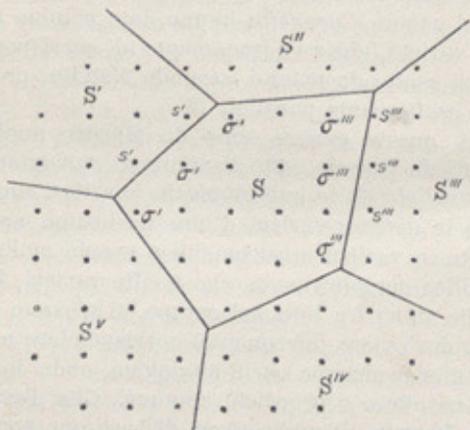
(2) DARWIN, *Variazione ecc.* Cap. XXVI.

(3) DARWIN, *Variazione ecc.* Cap. XXVI.

(4) DARWIN, *Variazione ecc.* Cap. XXVI.

(5) DARWIN, *Variazione ecc.* Cap. XXVI; *Origine della specie*, Cap. V.

conseguenza della collocazione sistematica di una specie, per cui essa viene ad occupare nel campo una posizione centrale rispetto alle specie confinanti. Sia S il campo di una specie qualunque, $S' S'' S''' S^{iv} S^v$ i campi delle specie confinanti. È manifesto che le varietà σ' trovandosi in parti del campo limitrofe alla specie S' , imiteranno facilmente i caratteri delle varietà contigue σ' della specie S' ; e che le varietà σ''' , trovandosi in parti del campo limitrofe alla specie S''' , imiteranno facilmente i caratteri delle



varietà contigue σ''' appartenenti alla specie S''' . Ciò tanto più facilmente, quanto che spesso si troveranno appartenere ad identiche serie analogiche, ed occupare in esse posizioni vicine; così σ' ed σ' e così pure σ''' ed σ''' .

e) Essendo n il numero dei parametri, ogni tipo organico del sistema apparterrà simultaneamente ad n serie analogiche, e sarà connesso coi tipi vicini in $2n$ direzioni, corrispondenti ad n maniere diverse di analogia (§ 19). Questo fatto d'importanza capitale ci spiega le connessioni multiple che talvolta si osservano collegare un tipo organico con altri poco dissimili. Nello stesso tempo dimo-

strano quanto sia erroneo il principio di riguardare senz'altro come effetto di derivazione genetica la relazione esistente fra i vari tipi di una medesima serie analogica. Infatti tutte le n serie analogiche a cui un dato tipo appartiene, hanno un significato sistematico, cioè sono conseguenze necessarie della disposizione di tutto il sistema. Ma di queste *una sola* in ogni caso ha potuto servire di veicolo alle generazioni successive per cui quel tipo si è venuto evolvendo da altro distante; questa sola avrà dunque, insieme al significato sistematico *necessario*, un significato genetico puramente *storico* e *contingente*.

CAPO IV.

Variazioni individuali ed accidentali nei tipi organici. Variazioni correlate. Selezione casuale. Mostruosità.

28. Abbiamo fin adesso considerato le varietà come intieramente rappresentate da quei punti del campo, che corrispondono alle combinazioni dei valori discontinui ammissibili nei parametri del sistema. Questo concetto, ove fosse seguito con tutto rigore, porterebbe a supporre, che ogni specie non possa avere che un piccol numero di tipi isolati, corrispondenti ciascuno ad una forma determinata e rigorosamente invariabile; e che tutti gli individui di un medesimo tipo (od appartenenti alla medesima varietà) siano rigorosamente uguali in tutto fra di loro.

Una simile perfetta eguaglianza di forme di un medesimo tipo, una tale assoluta uniformità entro i limiti d'ogni varietà, che farebbe rassomigliare, sotto un certo rapporto, il mondo degli animali e delle piante a quello dei cristalli, non ha luogo in natura. Come già sopra abbiamo osservato, un tipo normale e puro, quale sarebbe determinato dai soli parametri, non esiste. Gli individui che rappresentano quel tipo nella natura vivente, sono soggetti ad un processo evolutivo, e continuamente sono modificati da mille influenze perturbatrici, e da esse nascono fra i varii individui della medesima specie diversità di genere vario; le quali diversità poi si fanno per infiniti gradi, in modo che si può quasi dire continuo, da una forma ad un'altra pochissimo diversa, da questa ad una terza, e così di seguito. Risultati di queste influenze sono deviazioni più o

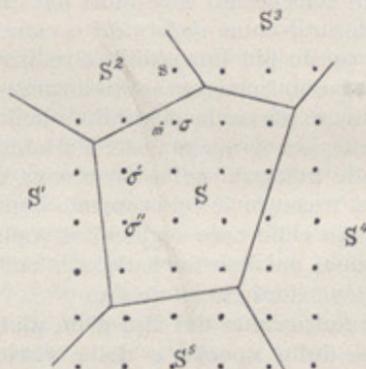
men grandi di ciascun individuo dal tipo normale. Di tali deviazioni quella parte che soddisfa alla legge di correlazione e non esce dalle condizioni imposte agli enti del sistema dalla sua formola fondamentale, chiameremo *variazioni correlate*. Ogni forma che risulta da queste variazioni correlate continuerà ad occupare il suo posto determinato nel campo della propria specie, e le sue variazioni correlate saranno da considerarsi come nell'ordine naturale delle cose; esse si potranno trasmettere per eredità ed anche accrescere o propagare da pochi a molti individui. Le altre variazioni che possono prodursi e per cui l'individuo considerato esce fuori dal tipo prescritto, devono considerarsi come *deformità* o come *mostruosità*; esse saranno per lo più impossibili a realizzare, o quando sian realizzate per un concorso specialissimo di circostanze, non avranno in sé stesse la possibilità della loro durata e della loro ulteriore propagazione. Pertanto non avranno alcuna sensibile influenza nella successiva evoluzione dei tipi, e si potrà trascurarle intieramente come se non esistessero. Quando nelle cose seguenti si parlerà di variazioni o deviazioni dal tipo normale, s'intenderà sempre di variazioni o deviazioni *correlate* (1).

29. **Rappresentazione dei tipi d'un sistema d'organismi; campo delle specie e delle varietà.** — Poste queste cose tentiamo di presentare alla nostra mente una immagine grafica di un sistema e de' suoi tipi, secondo le convenzioni fissate per le curve, §§ 10-16. Il campo dell'intiero sistema sarà l'intiero spazio di tante dimensioni,

(1) Questa definizione delle variazioni *correlate* e la loro separazione dalle *mostruosità* non apparirà completa agli occhi di un matematico. Infatti le variazioni indipendenti fra loro essendo tante quanti sono i parametri (§ 13, 14, 23), la legge di correlazione non stabilisce fra di esse più che una sola equazione. Non è possibile a noi sapere qual processo segua la natura in questa determinazione; ma certamente essa ha luogo in qualche modo. Forse dietro qualche principio di *minimum*; facendo cioè, che i residui classificati come mostruosità, complessivamente considerati, si riducano in qualche modo entro i più stretti limiti possibili. La questione è indifferente per il seguito delle nostre considerazioni.

quanto è il numero dei parametri. Tale spazio sarà diviso in regioni o compartimenti, che formeranno i campi delle singole specie. Ogni forma individuale sarà rappresentata da un punto di quello spazio. L'inversa però non ha luogo e sarebbe falso il dire che ad ogni punto di quello spazio corrisponda una forma reale della natura.

Nella figura vicina descriviamo, secondo la maniera schematica indicata nel § 8, il campo S di una specie, e i campi delle specie contigue $S^1 S^2 S^3 S^4$,...; i grossi punti di cui è sparsa la figura, rappresentino i tipi normali, quelli



cioè che direttamente derivano dalle possibili combinazioni dei parametri del sistema. I punti compresi entro il campo di S saranno i tipi normali delle varietà possibili entro i limiti di S , e formeranno per così dire, i nuclei o lo scheletro di tutta la specie, $\sigma \sigma' \sigma''$... Ogni forma individuale che appartenga ad una varietà sarà rappresentata da un punto m prossimo al nucleo σ di quella varietà, e tanto più prossimo quanto più essa forma si avvicina al tipo normale della varietà. Essendo ora le forme individuali altrettante, quanti sono gl'individui, intorno al nucleo σ avremo una nube di molti (per lo più di moltissimi) punti, e questa nube sarà la rappresentazione geometrica di tutta la va-

rietà in questione. Lo spazio occupato dalla nube intorno a σ sarà il campo della varietà.

La stessa costruzione potremo ora immaginare ripetuta per le altre varietà, di cui i tipi normali sono $\sigma' \sigma'' \sigma'''$ Ognuno di questi punti sarà il nucleo di una nube di punti rappresentativi. Faranno eccezione quei tipi normali, che non sono mai stati realizzati in natura, oppure corrispondono a varietà già estinte; ed è da ritenere che sian il maggior numero. Intorno ai punti rappresentanti questi tipi lo spazio sarà vuoto.

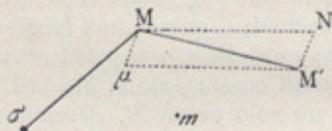
Quando due varietà contigue siano tra di loro interamente distinte e non offrano tipi intermediari, la nube dell'una sarà distaccata dalla nube dell'altra; al contrario le nubi si toccheranno e si confonderanno quando fra i due tipi corrispondenti non esista limite deciso, ed abbiano esistenza permanente tipi intermedi. Generalmente parlando però intorno ai nuclei la densità dei punti sarà molto maggiore che negli spazi intermedi ad essi nuclei. La ragione di ciò sta nel fatto che in natura le deviazioni minori da uno stato normale qualunque sogliono esser più frequenti e più numerose che le maggiori (1). Nel caso presente si comprende di questo anche la necessità. Perché se i punti fossero ripetuti con uguale o con indifferente frequenza nelle regioni vicine a $\sigma \sigma' \sigma''$ e nelle lontane; dove rimarrebbe il concetto di varietà e a che servirebbe, e come sarebbe possibile distinguere una varietà da un'altra dove tutto varia gradatamente da un luogo all'altro nel

(1) Citerò uno fra molti esempi. Se si confronta la statura di 100 mila soldati colla statura media di tutti, e si calcolano le deviazioni di ciascun soldato da questa media normale in più od in meno; il numero delle deviazioni fra zero ed 1 centimetro sarà maggiore che quello delle deviazioni fra 1 e 2 centimetri; questo sarà maggiore che il numero delle deviazioni fra 2 e 3 centimetri; e così successivamente. Le deviazioni maggiori diventano sempre più rare, fino alle deviazioni massime che son sempre pochissime.

L'importante proposizione enunciata nel testo è ben nota ai cultori della statistica, e risulta da molte esperienze fatte in campi diversissimi d'investigazione dei fatti naturali.

Questo problema è analogo a quello della perdita o del guadagno che si può fare al giuoco di croce e pila indefinitamente ripetuto. La probabilità che uno guadagni una volta sarà $\frac{1}{2}$: che guadagni due volte di seguito, sarà $\frac{1}{4}$: che guadagni 3, 4, 5..... 20 volte di seguito, sarà rispettivamente $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{16}$, $\frac{1}{32}$ $\frac{1}{1048576}$. Dunque un giuocatore ha per sé soltanto $\frac{1}{1048576}$ di probabilità di guadagnare 20 volte di seguito, e di ritirar quindi dal banco il ventuplo della posta. Ma se noi invece di un solo giuocatore ne mettiamo in azione un milione, la questione prenderà un altro aspetto; e se i giuocatori arrivano a mille milioni, potremo esser sicuri o quasi, che non uno di essi, ma parecchi e forse parecchie centinaia di essi, avranno vinto 20 volte di seguito. Come si vede, è tutto questione di grandi numeri. Così sopra una popolazione di mille milioni non sarà improbabile che di padre in figlio un influsso esteriore perduri qualche volta in un dato senso per 20 generazioni di seguito, producendo così ciò che imitando il linguaggio di Darwin si potrebbe chiamare *selezione casuale*.

31. Secondo caso. — Quando alla generazione si richieda il concorso di due individui, il procedimento sarà ordinato



diversamente. Sia σ il tipo normale; M , m figurino i due tipi cui appartiene la prima coppia generatrice. L'uno e l'altro concorreranno in una certa proporzione al tipo del fente generato; la quale proporzione però sarà diversa per i diversi caratteri di esso. Geometricamente ciò si esprime dicendo, che in forza dell'eredità pura, il tipo generato corrisponderebbe ad un punto μ collocato a poca distanza da Mm e probabilmente nella regione intermedia

a questi due punti (1). Ma anche qui avranno luogo cause perturbatrici, delle quali poniamo che l'effetto sia capace di spostare il punto M fino in N . Il risultato finale complessivo dell'influsso di m e delle cause perturbatrici sarà dato dalla retta MM' diagonale del parallelogramma costruito sulle rette MN $M\mu$. In ultima analisi il nuovo tipo, che se non fosse stato l'influsso generatore di m avrebbe avuto il suo rappresentante in N , in virtù di questo influsso sarà rappresentato da M' e (generalmente parlando) più o meno ravvicinato al tipo m . Tutto adunque sarà avvenuto come se alle cause perturbatrici ordinarie si fosse aggiunta una nuova, cioè l'influsso dell'elemento generatore m . E quando quest'ultimo influsso nelle generazioni successive si comportasse in modo indifferente, operando, al pari delle altre forze perturbatrici, ora in un senso ed ora in un altro, anche la perturbazione risultante avrà la stessa proprietà; così la considerazione di questo caso rientrerebbe in quella del caso precedente e le conseguenze sarebbero perfettamente identiche.

Ma in pratica tali conclusioni non saranno vere che sin a quando i punti $MM'M''$ rimangano nell'immediata vicinanza del punto σ , cioè fin quando i tipi $MM'M''$ ottenuti nelle successive generazioni non si scosteranno gran fatto dal tipo normale. Quando infatti uno di quei punti per effetto di singolari combinazioni si fosse scostato notabilmente da σ , soltanto per eccezione potrà avvenire, che l'altro elemento generatore m di cui il concorso è necessario, abbia anch'esso posizione ugualmente anomala, e si avvicini al medesimo tipo. Dobbiamo anzi supporre ch'è di regola m non si scosti molto dal tipo normale. L'effetto di ciò sarà manifestamente quello di ritirare verso

(1) Quando i due genitori concorressero sotto un rapporto costante a determinare tutti i caratteri dell'ente generato, il punto μ che lo rappresenta si troverebbe sulla linea Mm , o poco lontano da essa. Ma tale uniformità di proporzione non si può supporre in alcun modo; l'ente generato patrizzerà sotto alcuni rispetti, matrizzerà sotto altri, come spesso si osserva.

il tipo normale il prodotto nuovamente generato; e lo stesso fatto così ripetendosi, in capo ad alcune generazioni i caratteri anomali si saran venuti sempre più cancellando.

Dunque la presenza di un secondo elemento m nella generazione ha per effetto una tendenza maggiore del tipo a ritornare verso la normalità, tutte le volte che se n'è allontanato alquanto. È in certa guisa una forza centripeta, che finisce per impedire le grandi deviazioni che le cause accidentali potessero (come nel caso precedente) produrre nel decorso dei tempi. E la conclusione definitiva è questa: *che a parità di circostanze, nella generazione bisessuale le digressioni dal tipo normale derivanti da cause accidentali sono relativamente più difficili a prodursi, e sono contenute in limiti più angusti che nei casi in cui un solo individuo basta all'atto generativo.*

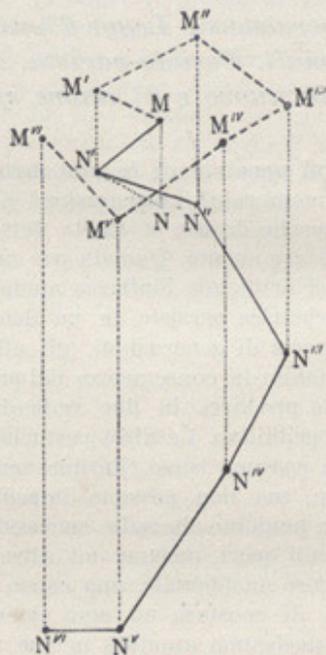
CAPO V.

Variazioni persistenti. Legge d'immanenza dei tipi normali. Pseudo-varietà. Apparizione di varietà nuove e di nuove specie.

32. Variazioni persistenti in una data direzione. —

Sono note le memorabili speculazioni e le ancor più memorabili ricerche dovute a Carlo Darwin in questa parte del nostro argomento. Quando per una causa qualsiasi naturale od artificiale l'influsso anche lievissimo di un'azione perturbatrice persiste in un determinato senso per una lunga serie di generazioni, gli effetti da questa prodotti si sommano in conseguenza del principio di eredità, in modo da produrre in fine radicali modificazioni rispetto al tipo primitivo. Le altre perturbazioni di carattere accidentale possono bensì ritardare temporaneamente un tale processo, ma non possono impedirlo. Sia M un tipo qualsiasi, e poniamo che sulle successive generazioni da esso procedenti operi, insieme ad altre cause perturbatrici di carattere accidentale, una causa speciale, di cui la tendenza sia di spostare ad ogni generazione il tipo sempre di una medesima quantità in una medesima direzione. E per fissare le idee poniamo che tale spostamento si possa rappresentare in quantità e direzione colla linea verticale MN , la cui lunghezza chiameremo ϵ . Alla prima generazione il nuovo tipo, che dovrebbe essere M' , si troverà invece rappresentato da N' più basso che M' della quantità $M'N' = \epsilon$. Alla seconda generazione invece di M'' avremo N'' , più basso che N della quantità 2ϵ . Alla terza generazione invece di M''' avremo N''' più basso che M'''

della quantità 31. Così successivamente nei due poligoni $MM'M''M''' \dots NN'N''N''' \dots$ la distanza verticale dei due punti corrispondenti crescerà proporzionalmente al numero delle generazioni, la serie dei tipi effettivamente generati sarà rappresentata dal movimento di M lungo il poligono $MN'N''N''' \dots$. Il poligono $MM'M''M''' \dots$ che



sarebbe stato prodotto dall'azione delle cause accidentali non può allontanarsi molto dal tipo normale e generalmente parlando si aggira intorno a quello (§ 30); ma ciò non impedirà che i punti del poligono effettivamente percorso possano allontanarsi dal tipo normale di qualsivoglia quantità, purché si ammetta un numero sufficientemente

grande di generazioni. E si comprende: le cause accidentali verranno col tempo compensando i loro effetti completamente o quasi; la causa permanente non si compensa, e va accumulando i suoi effetti in modo lento ma costante.

33. Noi potremo dunque far astrazione dalle cause accidentali in questa ricerca dell'effetto di una causa permanente o di più cause permanenti. L'essere queste cause una o più, nulla può cambiare alle nostre considerazioni; perché quando siano più, gli spostamenti dei tipi sempre si possono comporre in uno spostamento unico che sarà permanente anch'esso. Ciò posto è chiaro, che lo spostamento progressivo del tipo geometricamente sarà rappresentato da un moto costante di velocità, o almeno di direzione, che eseguirà il tipo M attraverso il campo della sua specie. Esso si allontanerà dal tipo normale σ della sua varietà, e accostandosi ad un altro tipo normale σ' assumerà per consecutive trasformazioni i caratteri della varietà appartenenti a quest'altro tipo. Così di forma in forma, di varietà in varietà, continuando il moto, potrà arrivare ai limiti del campo della sua specie; ed ove nulla lo arresti, potrà traversare anche questi limiti e passare ad una specie vicina, e da questa ad altre, mutando anche possibilmente di genere e di classe. Una tale corsa ipotetica rettilinea (che mutazioni di circostanze possono anche render curvilinea) attraverso ai campi delle varie specie non potrà tuttavia durare indefinitamente. Infatti, mutandosi la forma e costruzione del tipo M , muterà anche la natura e l'intensità dell'influsso che su di esso esercitava la causa perturbatrice costante. Quando in conseguenza delle variazioni subite il tipo M si trovi aver obbedito intieramente agli influssi in questione e siasi intieramente adattato all'ambiente, la variazione cesserà. Anche prima di tale arresto può darsi che cambi il modo di agire della causa perturbatrice e che le variazioni del tipo vadano prendendo poco a poco un'altra tendenza. Allora il moto di M attraverso al campo della specie cambierà poco a poco di direzione, cioè il punto M potrà anche descrivere una linea curva.

34. Ora è da notare, che queste cause permanenti d'influsso hanno il più delle volte il carattere di non limitarsi ad uno o pochi individui, ma si estendono facilmente a popolazioni intiere; tali la selezione naturale, gl'influssi del clima o del nutrimento. Ne consegue che i grandi movimenti descritti qui sopra non saranno soltanto casi eccezionali, ma potranno estendersi a masse intiere d'individui. Dobbiamo dunque immaginare di veder popolazioni intiere di punti M abbandonare il tipo normale intorno a cui erano aggruppate, ed aggirarsi pel campo con moti uguali e paralleli, come stormi di uccelli. Ed il caso di tali sistemi di punti vaganti non sarà l'eccezione, ma la regola; il lento giuoco delle cause permanenti operando ad ogni istante su tutti gli esseri della natura in continua vicenda. E vero che possono presentarsi tempi di quiete per queste masse mobili, quando succeda un adattamento temporaneo all'ambiente; ma il nostro pianeta vive anch'esso, compiendo il suo ciclo evolutivo. Questa sola causa, ove altre non fossero, basterebbe a render presso che impossibile una lunga stabilità di cose, e la conservazione inalterata per lunghi secoli di un ambiente qualsiasi.

Adunque l'immagine di un complesso di specie ci presenterà una moltitudine di sciame di punti procedenti in tutte le direzioni; i quali sciame compenetrandosi e traversandosi reciprocamente offriranno press'a poco l'immagine d'un polverio disordinato in continuo e confuso movimento. In tale stato di cose non vi ha alcuna ragione perchè intorno ai punti σ rappresentanti i tipi normali esista maggior frequenza d'individui, che altrove; nè vi ha ragione, perchè si formino dei vuoti piuttosto in una, che in altra parte del campo delle specie; nè perchè si mantenga una netta delimitazione non dico soltanto delle varietà, ma neppure delle specie stesse. In altri termini: non vi saranno più nè varietà, nè specie nettamente definite, e dove non si frappongano spazi vuoti, i tipi si fonderanno l'uno nell'altro in modo continuo, offrendo tutte le possibili forme intermedie, siccome avviene press'a poco nei ciottoli di un

torrente. Tale sarebbe l'ultimo risultato di una evoluzione dei tipi, illimitata riguardo al tempo e riguardo all'estensione delle variazioni, qualunque sia del resto la causa che le produce.

35. **Immanenza dei tipi normali.** — Ma in natura le specie sempre, e le varietà per lo più offrono delimitazioni franche e precise; franche e precise al punto da obbligar molti alla supposizione di una creazione speciale per ognuno di questi tipi supposti irreducibili. Contro questo fatto generale e palese poco vale esagerare il valore di alcuni casi che sembrano formare eccezione e forse non la fanno; sempre bisognerà ammettere, che l'immagine del mondo organico nelle sue linee generali rassomiglia non già a quella or ora descritta, ma bensì a quella descritta nel § 29. Questa contraddizione si scioglie osservando, che nelle precedenti considerazioni sulle variazioni dei tipi organici è stato ommesso un fattore essenziale.

Noi ragioneremo così. Poichè ai limiti delle specie e spesso anche delle varietà esistono in permanenza spazi vuoti; ciò significa, che qualche causa impedisce ai tipi di procedere in quelle regioni, o almeno di restarvi, malgrado l'influsso potente dei fattori di evoluzione. E poichè i tipi individuali si addensano con maggior frequenza intorno ai tipi normali; dobbiamo dire che qualche cosa li attrae di preferenza verso di essi. Vi è dunque una forza, la quale allontana le forme dalle regioni intermedie ai tipi normali contigui, richiamandoli al tipo normale più vicino. Questa forza noi la potremo rappresentare nel nostro schema grafico sotto forma di una attrazione che i tipi normali, cioè i punti $\sigma \sigma' \sigma''$... esercitano sui punti M rappresentanti le forme individuali vicine; attrazione che dobbiamo supporre tanto più forte, quanto più il tipo M si è scostato in precedenza dal suo normale σ (1). Questa

(1) Gli è il caso d'una molla piegata, che con tanto maggior forza resiste ad ulteriore piegamento, quanto più già è deformata e lontana dal suo equilibrio naturale. Di resistenze obbedienti a questa legge la natura offre infiniti casi: tutti i movimenti ondulatori ne danno cospicui e quotidiani esempi.

forza chiameremo *l'immanenza dei tipi normali*; e ne enunceremo la legge dicendo, che *quando un tipo individuale M si è allontanato dal suo normale σ per effetto di una causa qualunque perturbatrice, ad ogni ulteriore allontanamento da σ si opporrà una forza tanto più grande, quanto più grande è l'allontanamento precedente $M\sigma$. E di quanto l'allontanamento di M da σ è impedito, d'altretanto sarà favorito l'avvicinamento.*

36. Gli effetti d'una tal forza son facili a comprendere. Fintantoché M rimarrà nelle immediate vicinanze del suo tipo normale σ , le sue evoluzioni saranno press'a poco libere, piccolo essendo l'influsso di σ ; e dipenderanno principalmente dalle varie cause perturbatrici. Ma appena M si allontanerà dal tipo normale, entrerà come fattore in misura sempre crescente una attrazione verso σ ; la quale potrà in ultimo diventare sì potente e tanto col tempo accumulare i suoi effetti, da impedire ogni ulteriore allontanamento dal suo tipo normale; e potrà anche richiamarlo ad esso quando cessi l'azione che produceva l'allontanamento.

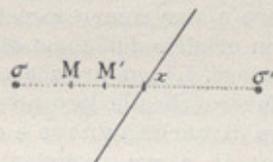
Una dimostrazione di fatto della tendenza, che hanno i tipi normali, di richiamare a sé i tipi individuali che da essi si allontanano, si manifesta nei fatti d'*ibridismo*. Nei casi in cui gl'ibridi sono fecondi si manifesta una irresistibile tendenza a regredire verso l'uno o verso l'altro dei progenitori; le varietà (o pseudo-varietà) ibride non possono esser mantenute che con grandi sforzi per mezzo di accurato isolamento.

Queste, che non sono supposizioni, ma ovvie deduzioni da' fatti osservati, si possono illustrare con riflessioni di carattere meno rigoroso. Non bisogna dimenticare infatti, che le vere matrici delle forme considerate stanno sempre nei parametri della formula fondamentale, i cui valori son quelli che danno origine ai tipi normali (§ 26) rappresentati da $\sigma\sigma'\sigma''\dots$. Questi adunque costituiscono le sole forme pure e consentanee alla legge di formazione; le sole che abbiano in sé la ragione della propria esistenza. Tutte le altre forme fuori di $\sigma\sigma'\sigma''\dots$ sono il risultato di anomalie

o di perturbazioni dovute ad influssi esterni; dei quali l'azione continuata, se fosse senza contrasto, potrebbe fors'anche condurre alla dissoluzione di tutto il sistema. Non è dunque fuori del probabile, che esista in natura una tendenza a richiamare verso quelle forme pure e normali le altre viziate più o meno da quegli influssi.

37. **Pseudo-varietà.** — Consideriamo ora i casi che possono presentarsi quando il punto M , per effetto d'influssi persistenti, si allontana dal tipo normale σ per avvicinarsi ad un altro σ' . A misura che M avvanzerà verso il punto x , che forma confine tra le due varietà rispondenti ai tipi normali $\sigma\sigma'$, esso subirà una resistenza sempre maggiore a continuare il suo movimento, come se σ lo richiamasse indietro con forza sempre crescente. Potranno allora nascere due casi.

Potrà in primo luogo la causa persistente, che spinge il punto M , diventare insufficiente a vincere quella resistenza;



ed allora dopo un certo tempo il moto di M sarà arrestato prima ch'esso giunga al punto x , per esempio in M' . Il punto M' si troverà in una specie d'equilibrio fra la causa che lo spinge verso σ' e la forza di σ che lo richiama indietro; un tale stato di cose durerà finché dura la causa in questione. Il punto M' rimarrà fisso, e non subirà che le consuete piccole oscillazioni dovute alle perturbazioni accidentali (§ 30). Avremo dunque creato un tipo relativamente fisso in una parte del campo lontana da ogni tipo normale. Che se invece d'un solo individuo si abbia una massa d'individui M soggetti alle stesse vicende o a vicende poco diverse, in quei dintorni sarà creata una

pseudo-varietà non appartenente ad alcuno dei tipi normali, la quale, come priva di base naturale, sarà condannata a dissolversi non appena manchino o si modifichino le circostanze che han servito a produrla. Un segno importante di tali pseudo-varietà sarà, oltre il carattere transitorio della loro esistenza, quello di trovarsi sempre vicine ai limiti fra le due varietà vere. Naturalmente la *pseudo-varietà* così creata apparterrà ancora alla medesima specie che la varietà genuina determinata dal tipo normale σ ; ma offrirà caratteri che sotto uno od un altro aspetto l'avvicinano alla varietà σ' , anche quando questa appartenga ad un'altra specie. Alla classe delle pseudo-varietà possono riferirsi tutte quelle create per addomesticazione e selezione artificiale. Ma un intervento intelligente non è necessario per questo; ed è probabile che innumerevoli pseudo-varietà continuamente si producano e si dissolvano per effetto di cause naturali costanti di perturbazione, specialmente per effetto di selezione naturale. — Però le pseudo-varietà, dovendo obbedire anch'esse alla legge di correlazione e star comprese nella formula fondamentale, non è in arbitrio dell'uomo di determinare *ad libitum* i loro caratteri. L'uomo non può che preparare le condizioni più favorevoli alla loro produzione.

38. Apparizione di varietà nuove e di nuove specie.

— In secondo luogo la causa persistente, che spinge il punto M da σ verso σ' potrà essere sufficiente per vincere la resistenza opposta al suo progresso dalla forza d'immanenza di σ . Il punto M potrà allora arrivare al confine x delle sue varietà, e d'un tratto la condizione delle cose sarà mutata. Cesserà l'attrazione di σ , e comincerà ad operare in senso opposto quella di σ' ; la quale invece d'impedire il progresso di M , gioverà ad accelerarlo. Il punto M entrerà nel campo delle varietà σ' , alla quale d'or innanzi il suo tipo dovrà appartenere. Quello che vale d'un individuo può valere manifestamente per un'intera tribù. Se il campo delle varietà σ' era già occupato da altri punti, cioè se la varietà σ già esisteva in natura, l'avvenimento sarà di poca importanza; un certo numero

d'individui, che avrebbero dovuto appartenere alla varietà σ apparterrà invece alla varietà σ' . Ma se il campo della varietà σ' era prima vuoto, cioè se la varietà σ' non era finora rappresentata da alcun individuo, *tal varietà ora farà per la prima volta la sua apparizione sulla terra*; e se il numero degli individui da cui è rappresentata è sufficiente, e l'ambiente buono, potrà fissarsi e diventar numerosa, e continuare per molti secoli, con ugual diritto che la varietà σ di cui è una colonia modificata.

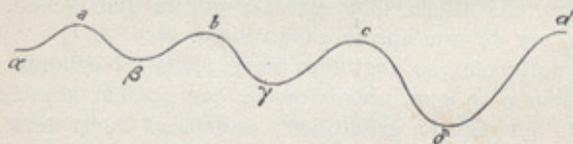
Come si vede, l'effetto delle cause persistenti di perturbazione può condurre a due risultati diversi: 1° alla creazione di pseudo-varietà di carattere transitorio; 2° al passaggio di un certo numero d'individui da una varietà ad un'altra, ed eventualmente all'apparizione di nuove varietà vere. La decisione fra questi due eventi dipende dal risultato della lotta impegnata fra la causa persistente, che spinge la forma M ad allontanarsi dal suo tipo normale e la forza d'immanenza, con cui questo tipo tende a richiamar quella forma a sé. Allorquando le due varietà appartengono alla medesima specie, è da presumere che la resistenza al passaggio sia minore, e che questo passaggio possa succedere con qualche frequenza. Ma se le due varietà appartengono a specie diverse (cioè si trovano ambedue al confine dei campi delle specie rispettive) la differenza dei loro tipi normali sarà differenza specifica; ed è a supporre che l'ostacolo prodotto dall'immanenza sia molto grande e tale da impedire per lo più la trasformazione, che allora non sarebbe più da una varietà all'altra, ma da una specie ad un'altra.

Ciò malgrado, se vogliamo tener fermo ai principi dell'evoluzione, e non abbandonare con ipotesi gratuite il terreno del metodo scientifico; dobbiamo ammettere che un tale passaggio sia avvenuto qualche volta; e può darsi che avvenga anche oggi, senza che noi siamo in grado di avvertirlo. Certo non sarà cosa frequente; la separazione delle specie è là per togliere ogni dubbio su questo punto. Dato pertanto in questo modo il passaggio di uno, o più, o anche molti individui dalla specie S alla specie S' , si

possono presentare due casi. Se la specie S' già esisteva, non molto sarà cambiato nell'economia della natura; una specie avrà perduto un certo numero di tipi, un'altra ne avrà guadagnato un certo numero. Se invece la specie S' non era ancora rappresentata da individui realmente esistenti, d'or innanzi essa lo sarà; una nuova specie avrà fatto la sua apparizione sulla terra. Dico che farà la sua apparizione, non che sarà creata; perchè nella sua forma ed in tutti i suoi caratteri il tipo esisteva già *a priori* nella formula fondamentale del sistema organico cui essa specie appartiene. Era dato il modello, ora esisteranno i tipi viventi che ad esso s'informano.

39. Resta a dire del caso non probabile, in cui M si arresti proprio sul confine dei campi delle varietà $\sigma\sigma'$, cioè proprio in x . In questo caso esso sarebbe soggetto a due azioni uguali e contrarie, e potrebbe rappresentare un tipo neutro non appartenente nè all'una, nè all'altra varietà, od anzi a tutte e due insieme. Ma un tale stato di cose non è facile che duri; ogni minima azione perturbatrice può spingere M verso un lato o verso l'altro, conducendolo così sul campo d'azione di σ o di σ' ; così che finirà per esser presto richiamato nelle vicinanze dell'uno o dell'altro punto.

Dopo tutto questo non è difficile comprendere il motivo per cui nelle regioni che servono di confine ai campi



delle varietà e delle specie, esistono spazi vuoti e perchè specie e varietà (particolarmente le prime) siano così nettamente definite. Il caso rassomiglia a quello di un campo perfettamente liscio, di cui la superficie sia piena di grandi

e piccole ondulazioni, come sarebbe la superficie delle onde del mare quando repentinamente si congelasse. Una grandine di palle perfettamente lisce che cada su di essa, si riunirà nelle cavità $\alpha\beta\gamma\delta\dots$ lasciando libere la sommità e i dossi delle onde $abcd\dots$; e se per caso qualche palla rimanesse in bilico sopra uno dei vertici, basterebbe la più piccola scossa o il più piccolo soffio per farla cadere da una parte o dall'altra. Qui i punti più bassi rappresentano i punti $\sigma\sigma'\dots$ corrispondenti ai tipi normali; le sommità e i dossi $abcd\dots$ rappresentano i confini fra i campi delle varietà corrispondenti ad essi tipi: la gravità che tira le palle al basso rappresenta la forza d'immunità dei medesimi.

CAPO VI.

Riassunto e conclusioni. Omologie. Unità del sistema organico e sua formula fondamentale.

40. Siamo ormai giunti al punto di poter riassumere in ordine logico i risultati delle discussioni e delle ricerche precedenti, e di desumerne qualche nozione generale sull'ordinamento del sistema organico vigente sulla Terra.

A questo fine prenderemo le mosse dalla legge di correlazione (§ 23), la quale qui considereremo con Darwin come semplice fatto di esperienza. Abbiamo veduto che in virtù di questa legge esiste una connessione nello sviluppo e nella variazione delle diverse parti e dei diversi caratteri di un organismo; appunto come succede nelle forme geometriche pure, in cui tutte, anche le minime parti sono strettamente coordinate fra di loro (§ 1). La dimostrazione più evidente di questa legge sta nella facoltà che hanno certi organismi di riprodurre le parti mutilate, appunto come un breve arco di curva contiene gli elementi necessari per ricostruire l'intera curva. Ne concludiamo, che allo sviluppo delle parti di un organismo, come a quello di una forma geometrica pura, presiede una legge o formula fondamentale, la quale ne determina completamente tutti i caratteri. È quello che Darwin chiama il *potere coordinatore dell'organizzazione*, ed al quale assegna la funzione di mantenere l'armonia fra le parti (1). Ogni

forma pura d'organismo (cioè non modificata da circostanze accidentali), dipende pertanto da una formula fondamentale, e gli organismi dello stesso tipo dipendono dalla stessa formula; mentre per organismi più o meno differenti le formule dovranno differire più o meno per variazione di qualche loro elemento.

41. Nelle forme geometriche appartenenti al medesimo sistema la formula fondamentale è unica per tutto il sistema, e rappresenta di quelle forme tutte le proprietà ed i caratteri comuni. Le differenze derivano da diversi valori che prendono i *parametri* od elementi discriminatori contenuti nella detta formula; e sono tanto più grandi e tanto più radicali quanto maggiore è il numero dei parametri non aventi lo stesso valore, e quanto più grandi son le differenze per ciascuno di questi parametri. Quindi diversi ordini di differenze: differenze di varietà, di specie, di genere ecc., le quali rendono possibile una classificazione gerarchica di tutte le forme del sistema. — *Noi proponiamo l'ipotesi*, che la classificazione gerarchica, interamente analoga, delle forme organiche naturali abbia pure un'origine analoga. Cioè supponiamo che un sistema d'organismi naturali dipenda da una formula fondamentale unica, rappresentante i loro caratteri comuni; nella quale i parametri ossia elementi discriminatori, colla diversità dei loro valori determinino le differenze di vario ordine e la classificazione gerarchica in varietà, specie, generi ecc. Questo modo identico di spiegare l' analogia d'ordinamento gerarchico nei sistemi di forme geometriche e nei sistemi di forme organiche, costituisce la base principale di tutti i nostri ragionamenti.

42. I sistemi delle forme naturali così inorganiche come organiche procedono per tipi discontinui. Come ben disse il professor Vignoli « la materia vivente non può manifestarsi che *specificata* sempre; cioè come un micro o macro-organismo definito, non mai come generica forma » (1).

(1) DARWIN, *Variazioni degli animali e delle piante*, Cap. XXIV.

(1) T. VIGNOLI, *Sui Musei di Storia Naturale*, (nel presente volume).

Questo ci mostra che ciascuno dei parametri di un tal sistema, per ragioni dipendenti dall'intima natura delle cose, non può prendere nella formula che un certo numero di valori o di qualità, procedenti per serie discontinua. A ciascuna delle possibili combinazioni che si possono fare con tutti questi valori corrisponde una forma speciale del sistema, diversa da tutte le altre; ognuna delle quali serve di *tipo normale* ad una *varietà*. Un certo numero di queste suole trovarsi aggruppata in un fascio d'ordine superiore, che chiamiamo *specie*.

43. Per mezzo di una semplice convenzione è possibile rappresentare un tal sistema sotto aspetto di uno schema grafico, in modo da facilitarne lo studio delle sue parti e delle relazioni reciproche dei suoi membri. Essendo n il numero dei parametri del sistema, questo potrà intendersi intieramente sviluppato secondo n dimensioni, una per ciascun parametro. In un tale spazio a n dimensioni la posizione di un punto è determinata, quando siano assegnati i valori delle sue n coordinate. Ogni forma organica del sistema, che risulti assegnando valori qualunque ai suoi n parametri, potrà esservi rappresentata da quel punto, di cui le coordinate siano precisamente quei valori degli n parametri. In tal modo, ad ogni punto dello spazio rappresentante il sistema potrà corrispondere una forma organica, e ad ogni forma organica del sistema corrisponderà sempre un punto di quello spazio. Quindi al concetto della forma di un organismo è surrogato quello più semplice della posizione di un punto, e al concetto del passaggio di un organismo da una forma ad un'altra è surrogato quello più semplice del movimento del punto corrispondente da un luogo ad un altro. — Allora il *campo* di una varietà è lo spazio comprendente tutti i punti che corrispondono a forme ad essa varietà attribuibili; fra i quali punti pure vi sarà uno che corrisponda al tipo normale di quella varietà. Le varietà vicine o contigue corrisponderanno a tipi organici poco fra loro diversi. Le varietà comprese nella medesima specie formeranno, coi loro campi insieme aggruppati e contigui, uno spazio o *campo*

maggiore, che sarà il campo di quella specie. Per simil modo i campi delle varie specie di un medesimo genere insieme aggruppati formeranno il campo di un genere, e così di grado in grado fino ad occupare tutto lo spazio a n dimensioni che per ipotesi è il campo dell'intero sistema.

44. Nel sistema così rappresentato nel tutto e nelle sue parti, i punti corrispondenti ai tipi normali delle varietà sono isolati l'uno dall'altro, e collocati nelle posizioni determinate da quei valori degli n parametri, che corrispondono rispettivamente ai vari tipi. Tali posizioni, per la natura stessa della costruzione, formano fasci di file parallele fra loro; e di tali file parallele ne esistono n fasci od n sistemi, di ognuno dei quali le file prendono nello spazio una direzione diversa. Cotali file o serie sono chiamate *serie analogiche*; perchè fra i tipi di una medesima serie esiste una stretta analogia, determinata da ciò, che per tutti questi tipi valgono i medesimi parametri, ad eccezione di uno, che varia da un tipo all'altro della serie. L'esperienza conferma queste deduzioni, quando si applicano agli esseri organizzati. Negli organismi, che han vissuto e vivono alla superficie della Terra, spesso si trovano vestigia di tali serie, formanti scale di gradazione regolare nelle loro forme; e più se ne troverebbe, se gli antichi organismi fossero meglio e più completamente conosciuti. — Esistono inoltre serie parallele di organismi formanti scale di simile progressione morfologica, quantunque derivanti da specie diverse come punti di partenza (*variazioni analogiche* di Darwin). Ciò risponde bene all'aggruppamento delle serie in fasci paralleli, che fu di sopra notato.

Ogni punto del sistema che rappresenti un tipo normale, fa parte di n serie analogiche diverse; cioè estende i suoi vincoli di parentela in $2n$ direzioni, corrispondenti ad n maniere diverse di analogia di caratteri. Ciò spiega le connessioni multiple, che talvolta vediamo collegare un tipo organico con tipi poco dissimili, ogni collegamento facendosi per mezzo dell'analogia di caratteri diversi.

45. La posizione di un punto del sistema essendo indice

della forma del tipo corrispondente, a punti vicini nello spazio corrisponderanno sempre forme relativamente poco diverse: a punti lontani forme molto differenti. Ciò nullameno, quando due punti lontani appartengano alla medesima serie analogica, malgrado ogni gran distanza, avranno comuni $n-1$ parametri, e malgrado ogni gran differenza di forme, certo alcuna cosa di comune. Ne risulterà quindi una specie di incongruenza bizzarra o combinazione insolita di caratteri, come negli uccelli dentati dell'epoca cretacea (*Ichthyornis*, *Hesperornis*) o negli uccelli con coda lunga a molte vertebre come quella dei serpenti, che si trovano nei terreni giuresi (*Archaeopteryx*), o nei serpenti che tuttora vivono, portanti presso la testa due piccolissime zampe (*Cheirotes Canaliculatus*).

46. Ogni specie contenendo nel suo campo un certo numero di punti corrispondenti ai tipi normali delle sue varietà; i punti posti presso al confine col campo di una specie vicina corrisponderanno a tipi aventi qualche analogia con detta specie. Quindi il fatto enunciato da Darwin, che le varietà di una specie imitano frequentemente i caratteri di altre specie diverse da quella.

47. Le omologie delle parti, che secondo il Darwin sarebbero prova di discendenza genealogica, nel presente modo di vedere sono anzitutto e soprattutto segni evidenti di connessione sistematica; lo studio loro è della più alta importanza per conoscere la struttura intrinseca del sistema in quella parte dove si manifestano. Più che di caratteri ereditari modificati, esse hanno l'aspetto di variazioni mille volte, e sempre diversamente, ripetute sul medesimo tema. Naturalmente queste omologie hanno luogo con molta frequenza fra specie vicine, ma spesso occupano anche grandi estensioni nel campo del sistema, collegando fra loro non solo specie diverse, ma generi ed ordini interi. Tale è per esempio l'omologia delle ossa nelle braccia della scimmia, nelle gambe anteriori del cavallo, nelle ali del pipistrello, e nella penna natatoria del vitello marino (1).

(1) DARWIN, *Origine delle specie*, Capo VI.

48. Fin qui si è parlato dei tipi normali, cioè di quei tipi essenzialmente fissi ed invariabili anche nei più minuti particolari, che sono esclusivamente determinati dalla formula fondamentale per mezzo dei valori discontinui assegnabili ai suoi parametri. Ma nessun organismo individuale corrisponde esattamente al suo tipo normale nella realtà delle cose. I numerosi e svariati fattori dell'evoluzione (sulla cui natura e relativa importanza intendiamo evitare qui ogni discussione), operano come cause perturbatrici che li fanno deviare ora in un senso ora in un altro. Quindi quel punto dello spazio ad n dimensioni, che corrisponde ad un dato organismo individuale, sarà bensì sempre vicino (e per lo più molto vicino) al punto che rappresenta il tipo normale; ma è infinitamente poco probabile, che alcuna volta con esso coincida. Tutti i tipi individuali si aggrupperanno intorno al rispettivo tipo normale, ed una varietà intiera sarà rappresentata da una numerosa agglomerazione di punti individuali, addensata intorno al punto normale. I gruppi di punti corrispondenti a due varietà contigue saranno per lo più separati da uno spazio vuoto indicante la deficienza di tipi intermedi.

49. Quando la legge di eredità fosse assoluta ed ogni tipo generato fosse assolutamente identico al tipo generatore, il punto rappresentante il secondo sarebbe identico di posizione a quello che rappresenta il primo. Ciò tuttavia non avverrà mai; mille cause potendo produrre una differenza più o men grande, ne risulterà una differenza di posizione dei due punti nel campo della loro varietà. Una nuova generazione darà luogo ad un tipo rappresentato da un terzo punto ancora diverso dai due primi, e così successivamente. Tutti i tipi individuali così prodotti in più generazioni formeranno una serie di punti, che potranno considerarsi come altrettanti vertici di un poligono; e questo poligono sarà l'immagine visibile delle successive trasformazioni avvenute in quella linea genealogica. Ove non intervengano azioni di effetto costante, quel poligono si aggirerà ed oscillerà intorno al punto o tipo normale, mantenendosi a poca distanza da esso. Ove però in quella

linea si presenti qualche carattere ereditario speciale, ciò si manifesterà per una sensibile deviazione di quel poligono verso una od altra parte del campo.

50. Ma quando entri in azione qualche causa permanente di evoluzione verso un dato carattere o insieme di caratteri; in mezzo alle casuali oscillazioni dovute alle cause di effetto passeggero o variabile, si manifesterà una tendenza in ogni punto del poligono a progredire rispetto al suo antecedente in una data direzione; il poligono, invece di ritornar su sé medesimo, si allontanerà dal tipo normale, e si allungherà in quella direzione. Così sarà segnata la via di una mutazione progressiva, la quale quando non sia sufficientemente contrastata dalla tendenza naturale al ritorno verso il tipo normale, potrà far uscire il punto e il tipo corrispondente dal campo della varietà a cui apparteneva; e dopo un certo numero di generazioni potrà passare ad un'altra varietà e anche ad un'altra specie. E se quest'ultima varietà o specie prima non era rappresentata in natura, d'or innanzi lo sarà; e così farà la sua apparizione nel mondo organico. *

51. Quale sia la natura del processo per cui questo passaggio si fa, non è qui il caso di disputare. L'osservazione dimostra che un tal passaggio ha dovuto avvenire abbastanza frequentemente per dar origine ad un numero stragrande di specie, che formano la popolazione antica e moderna della Terra. Per secoli innumerabili lo stame della vita è stato condotto dal Parca attraverso il campo del sistema organico di varietà in varietà, di specie in specie, probabilmente seguendo per lo più le vie segnate dalle serie analogiche, e scegliendo fra le molte possibili, quelle dettate dalla minima resistenza dell'ambiente e da altre circostanze del momento; diramandosi poi ad ogni tratto in varie direzioni, in modo da occupare vastissime regioni di quel campo. Ma non le ha occupate tutte ad un tratto; molte stazioni, rimaste vuote in principio, furono occupate più tardi, quando si aperse la possibilità di farlo. Molte certamente sono vuote ancora adesso; altre, già prima occupate, si son fatte vacanti per l'estinzione

dei tipi che le popolavano, come foglie disseccate di un albero sempre verde. Nel progresso dei tempi la vita scomparve da vaste regioni e regioni nuove furono occupate: cioè generi ed ordini intieri si estinsero, altri apparvero in loro vece. In qualche parte del campo fra mezzo a regioni fatte deserte è restato qualche avanzo isolato a modo di rovina: oggi li chiaman forme aberranti, come l'ornitorinco; e s'intende benissimo perchè sian rappresentate ciascuna da poche specie (1).

52. Adunque la regione popolata del sistema può e deve variare col tempo, estendendosi in certe direzioni e restringendosi in certe altre, secondo le condizioni di esistenza fatte al mondo organico da essa rappresentato. Così pare che sulla Terra il lavoro della vita abbia cominciato da tipi affatto rudimentali, e si sia sempre venuto estendendo a forme più complesse e dotate di maggior specializzazione negli organi delle varie funzioni; e difficilmente si può immaginare che avesse la cosa a succeder diversamente. Ciò non esclude però la possibilità che avvengano regressi in senso contrario. Possono altresì generarsi, nella region popolata del sistema, dei grandi e piccoli vuoti, e anche divisioni in più parti fra loro isolate, alle quali corrisponderanno soluzioni (temporanee o permanenti) di continuità nel sistema, apparenti lacune, e grandi intervalli fra le varie classi dei viventi, senza visibile transizione; siccome appunto si osserva fra gli uccelli e gli altri vertebrati, fra i pesci ed i batraci (2). — Distrutto un tipo per estinzione, questo può esser rinnovellato e riprodotto coll'aiuto dei tipi vicini; la vita può ritornare là, donde era scomparsa. Un medesimo tipo può apparire e scomparire più d'una volta, oppure indipendentemente prodursi in due luoghi diversi della Terra, fra i quali non esista possibile comunicazione. — Da ultimo, essendo provato, che nei corpi conosciuti dell'Universo prevalgono le stesse

(1) DARWIN, *Origine*, Capo XIII.

(2) DARWIN, *Origine*, Capo XIII.

leggi fisiche e lo stesso sistema chimico; ne concludiamo esser dappertutto identiche le proprietà fondamentali delle strutture organiche. Quindi la probabilità che anche la formula fondamentale degli esseri organizzati sia dappertutto la medesima. Ma le diverse circostanze d'ambiente possono far sì che la regione del sistema organico popolata dai tipi terrestri sia affatto diversa ed anche lontanissima dalla regione dei tipi viventi in un astro differente. Quindi in quest'ultimo il mondo organico potrà esser diversissimo, quantunque i suoi tipi sian rappresentati dalla medesima formula fondamentale.

53. Noi abbiamo finora considerato come unità suprema nel mondo organico il *sistema*, in cui tutti i tipi sono determinati da una medesima formula fondamentale propria e caratteristica di esso sistema. Si può ora domandare se tutto il mondo organico possa esser riunito in un solo grande sistema con una formula fondamentale generale unica; oppure se si debba ammettere che sia diviso in un certo numero di sistemi irriducibili l'uno all'altro, quali sembrano essere per esempio gli animali e le piante; e fra gli animali i quattro tipi principali, fra cui il Darwin soltanto con molta esitazione ammette come possibile una relazione genetica, mentre il Professor Vignoli l'esclude affatto (1). Non io certamente sarò chiamato a decidere sì ardue e complicate questioni, e meno che mai quella che riguarda il nesso fra il regno animale e il regno vegetale. Tuttavia per quanto concerne i quattro gran tipi degli organismi animali, la questione ridotta, come noi facciamo, a connessioni puramente sistematiche, e non genetiche, sembra ammettere senza troppa difficoltà una risposta nel senso affermativo di una unità completa di tutto il regno animale. Lo stesso Professor Vignoli ammette, che « la materia vivente, per condizioni intrinseche sue molecolari, fisico-chimiche, e biologiche non possa ordinarsi che in

(1) DARWIN, *Origine delle specie*, Cap. XIV. VIGNOLI, *I Musei di Storia Naturale*, ecc., nel presente volume.

quelle quattro forme fondamentali, come le varie sostanze numerali hanno un modo ciascuna di assetto cristallino tipico»; di che egli assegna la causa « nel rapporto della materia vivente con definite forme geometriche di struttura ». Con ciò è data la connessione *sistematica* dei quattro tipi del regno animale, e la possibilità della loro classificazione sotto un sistema unico almeno in senso analogo a quella dei cristalli. Allora la relazione fra quei quattro tipi si può descrivere in modo plausibile dicendo, che da un punto di questo sistema parti in origine la scintilla della vita in quattro direzioni diverse e divergenti, probabilmente determinate, fra molte altre, dalle condizioni d'ambiente che allora offriva il nostro pianeta; questi quattro cespiti moltiplicarono le loro ramificazioni in regioni diverse del sistema, ciascuno indipendente dagli altri e senza relazione reciproca apparente. Estinti i primi organismi, nei quali una certa analogia, dovuta alla comune origine, si sarebbe potuta forse osservare, rimasero troncati alla radice e disgiunti da grande intervallo i quattro sistemi parziali in apparenza isolati, e poco aventi fra loro di comune. — Non è esclusa poi la possibilità che in altri ambienti (quali possono offrire p. e. i corpi celesti) abbia potuto il seme vitale nascere in altri punti e propagarsi in regioni del sistema totalmente diverse, dando luogo a tipi di forme a noi ignote e forse anche per sempre inconcepibili.

54. Qualunque sia l'ipotesi che ci piaccia di ammettere, di un sistema unico, o di più sistemi parziali fra loro irriducibili; sempre alla formula fondamentale di tal sistema corrisponderà il più alto grado di generalità che si possa dare in natura. Entro un tal sistema la classificazione gerarchica porterà seco più ordini di divisioni e di suddivisioni. Ad ogni divisione di un dato ordine corrisponderà la sua propria formula meno generale; e come più suddivisioni di un dato ordine si raccolgono a formare una divisione d'ordine immediatamente superiore, così le formule particolari di quelle suddivisioni entreranno tutte a far parte, come casi particolari, di una formula più generale, da cui quelle altre particolari deriveranno per

mezzo di certe condizioni imposte ai parametri. Accadrà insomma, nella classificazione degli organismi, quello che si verifica nella classificazione delle forme pure della geometria. Così grado grado specializzando si verrà scendendo all'ultima specializzazione, che corrisponde alle formule determinatrici dei tipi normali delle varietà, cioè dell'ultimo grado della gerarchia. In queste formule dell'ultimo grado tutti i parametri sono perfettamente determinati in quantità e qualità.

55. Se da ultimo alcuno ci domandasse qual'è la fonte della formula suprema fondamentale (o delle formule supreme, se si vuole sian più di una), alla quale qui si attribuisce tanta importanza e quasi un potere sovrano: risponderemmo non trattarsi qui d'un concetto metafisico, nè di un *Deus ex machina*. Come in un sistema di forme geometriche la formula fondamentale esprime quella necessità logica che connette fra di loro tutti i tipi del sistema, e le diverse parti di ciascun tipo, e costituisce la legge determinatrice della loro esistenza e delle loro proprietà; così nel mondo organizzato la formula fondamentale è l'espressione della necessità fisica delle cose; necessità, che date le condizioni primordiali d'esistenza di un regno organico, ne fa dipendere con logica rigorosa tutti i fatti minori. La formula fondamentale degli organismi deriva quindi dalla stessa fonte, da cui derivano per esempio i tipi del sistema chimico, e le leggi delle loro combinazioni; dalla stessa fonte, che dà origine alla legge dell'attrazione universale ed a quelle che regolano i moti vibratorii da noi percepiti sotto apparenza di luce, calore, ed altre forme di radiazione. Questo concetto, che collega per mezzo di una sintesi unica tutte le leggi speciali del mondo organico, ci rende immediato conto delle strette correlazioni e corrispondenze che si osservano non solo fra le varie parti di un medesimo organismo, ma anche rispetto alle funzioni corrispondenti di enti organici diversi. Correlazioni e corrispondenze, che considerate dal nostro punto di vista subbiettivo, ci si presentano spesso sotto apparenza di causa e di conseguente effetto, e destano in

noi l'idea di *finalità*; mentre non sono che conseguenze corrispondenti e fra loro armoniche, procedenti simultaneamente da un fondamento unico, e già in quello stesso fondamento determinate a *priori*; come a *priori* in una breve formula matematica sono necessariamente determinate le infinite proprietà delle forme geometriche da quella derivanti, e determinate pure le armonie e le corrispondenze che da quelle proprietà hanno origine.

CAPO VII.

Comparazione della presente ipotesi con quella di Darwin.

56. Da quanto precede sembra dimostrato, che l'ordinamento sistematico della natura organica in tipi fissi e distinti l'uno dall'altro per caratteri invariabili, del quale abbiám tracciate le prime linee nei Capitoli III, IV e V, mentre già per ragioni intrinseche si presenta come abbastanza probabile, può ancora, meglio che altri non avrebbe sperato, render conto di tutti i fatti più importanti concernenti le mutazioni degli organismi; e questo senza ricorrere ad ipotesi che escano dal campo delle osservazioni e della quotidiana esperienza. Siamo qui in presenza di una teoria di evoluzione organica, della quale i risultati hanno molti punti di contatto con quelli della teoria Darwiniana, differendo tuttavia in parecchie cose importanti.

Prima differenza è, che mentre Darwin considera come causa preponderante e poco men che esclusiva di evoluzione la selezione naturale (1), fondata sulla lotta per l'esistenza, combinata coll'eredità di caratteri acquisiti; nel presente scritto non si fa alcuna ipotesi speciale sull'importanza relativa che possono avere i molti e vari fattori di detta evoluzione. Noi ci teniamo alla formula generale e comprensiva che segue: « Ogni specie, alla sua origine,

(1) Alludo alla forma, che Darwin diede a questa teoria nella sua opera principale *Origine delle specie*. Più tardi egli modificò non poco le sue idee, siccome si può vedere nell'opera *Descent of Man*.

coincide nel tempo e nel luogo con un'altra preesistente, ad essa vincolata da stretta analogia di caratteri; la nuova forma nasce dall'antica per mezzo di generazione modificata » (1); sia che tal modificazione derivi per eredità di mutazioni acquistate durante la vita dell'organismo generatore, sia che derivi da graduali ed impercettibili mutazioni subite dal primo embrione nell'atto stesso della generazione (eterogenesi graduale). Sotto questo riguardo noi non possiamo dire che le idee qui svolte si trovino in opposizione colle ipotesi darwiniane; l'un modo di vedere è più generale, e meno specificato dell'altro; ecco tutto.

57. Grande invece e veramente inconciliabile è un'altra differenza. Secondo la presente ipotesi un tipo trasformandosi non può convergere verso altre forme che di alcuno dei $2n$ tipi confinanti (2), spostandosi in una delle $2n$ direzioni segnate dalle n serie analogiche cui quel tipo appartiene; inoltre ciascuno dei tipi verso cui la trasformazione può esser diretta è assolutamente determinato a priori in tutti i suoi caratteri; così che l'ufficio dei fattori evolutivi non è quello di produrre un tipo nuovo ad arbitrio delle circostanze, ma di scegliere, fra $2n$ tipi possibili, quello che è più confacente al caso, e che nelle date circostanze può esser il più utile e il più conveniente al dato organismo. Qui non abbiamo *trasmutazione di specie*; le specie sono assolutamente invariabili nei loro caratteri; ma abbiamo *trasmigrazione d'un individuo o d'una massa d'individui* da una specie di tipo dato ad altra specie di tipo dato.

Si può dunque alla presente ipotesi dare il nome di *evoluzione regolata od evoluzione per tipi fissi*. Secondo i più avanzati Darwiniani invece l'evoluzione è affatto libera e senza freno alcuno. Veramente affermano che l'elezione naturale tende al perfezionamento di ogni creatura vivente per rapporto alle sue condizioni organiche ed inor-

(1) DARWIN, *Origine delle specie*, Capo XI.

(2) Ricordo che n è il numero dei parametri dell'organismo.

ganiche di vita, e per conseguenza, *nella maggior parte dei casi*, a quello che si deve considerare come un progresso nell'organizzazione (1). Ma questa tendenza che si traduce poi nella formula celebre del *survival of the fittest*, dipende sempre ad ogni momento dalle circostanze in mezzo a cui l'organismo vive e si sviluppa; circostanze legate a cause altrettanto complesse ed altrettanto variabili, quanto sono quelle che determinano la forma e disposizione delle onde nel mare in burrasca a ciascun momento: cause non soggette ad alcuna norma regolare e che pel nostro intento possiamo considerare come affatto accidentali. La nuova forma adunque, verso cui i fattori dell'evoluzione libera spingono un dato tipo, è il risultato di combinazioni accidentali anch'essa; ed accidentale sarà pure il nuovo carattere, od i nuovi caratteri assunti per il completo adattamento del tipo al nuovo mezzo in cui si trova (2). Questi nuovi caratteri, essendo determinati da circostanze esteriori, non saranno legati da alcuna legge: e per quanta possa essere la loro utilità, non si vede perché debba esistere alcuna connessione fra essi, ed i caratteri che si conservano. In una parola, la nuova forma non sarà soggetta alla legge di correlazione, anzi sarà sempre più o meno in contraddizione con questa legge; cioè sarà sempre una maggiore o minore *mostruosità*; la quale in virtù della legge d'eredità dovrebbe andarsi propagando nelle consecutive generazioni. Sotto l'impero assoluto dell'evoluzione libera il regno organico diventerebbe presto una popolazione di mostri. Per evitare un tal risultato siamo necessariamente obbligati ad ammettere con Darwin che le variazioni subite dall'organismo abbiano ad ogni modo da obbedire alla legge di correlazione. L'evoluzione dunque in tal modo non è più assolutamente libera, ma è legata ad una formula fondamentale; i suoi risultati sono

liberi soltanto entro i limiti concessi da una tal formula; il tipo trasformato si adatterà all'ambiente tanto, quanto da quella gli è concesso. Quindi, accanto alle variazioni utili si produrranno altre variazioni *correlate* colle prime; variazioni talvolta inutili, talvolta dannose, sempre però tali che sommata ogni cosa, l'utilità abbia il sopravvento e sia la massima possibile.

Coll'ammettere la legge di correlazione si sarà ad ogni modo guadagnato questo; che l'organismo continuerà a far parte del suo sistema, e che la sua nuova forma prenderà il suo posto nel campo di esso sistema, rappresentata da un punto. Mancando però affatto nell'ipotesi darwiniana i tipi normali fissi e una legge d'immanenza; le successive trasformazioni dell'organismo (benché sempre correlate), e il moto per gradi successivi del punto suo rappresentante non saranno soggetti ad altra restrizione, che quella di rimanere nel campo sopradetto. Il moto entro un tal campo, e la trasformazione corrispondente si faranno alla cieca e saranno determinati ad ogni momento dalle circostanze del momento.

58. In qual modo, seguendo un tale processo, si abbiano a formare specie sempre bene delimitate senza tipi intermedi; e come una tal divisione netta e precisa abbia potuto stabilirsi dovunque ed in ogni tempo senza alcun principio intrinseco che la determini (quale sarebbe per noi l'immanenza dei tipi normali); e come per solo effetto di combinazione di circostanze accidentali infinitamente variabili, dappertutto e sempre si sia raggiunto il medesimo risultato con un rigore poco meno che matematico; riesce difficile a comprendere. Da questa difficoltà confessa Darwin medesimo d'essere stato arrestato per molto tempo, e la via per la quale ha tentato di uscirne è uno dei tanti monumenti della sua meravigliosa sagacità (1). Le sue dimostrazioni si fondano sostanzialmente nella soppressione che avviene, sempre per fatto di selezione naturale, non

(1) DARWIN, *Origine delle specie*, Capo IV, n. 17.

(2) Così li chiama Darwin medesimo nel riassunto che forma la conclusione del Capo IV dell'*Origine delle specie*.

(1) DARWIN, *Origine delle specie*, Capo VI, § 2.

solo delle varietà intermedie che rappresentano i gradi antecedenti del successivo perfezionamento; ma in generale ed in qualunque circostanza, di tutte le varietà meno numerose e meno potenti, che sarebbero capaci di stabilire un'apparente gradazione di forme fra specie più numerose e più forti. Egli afferma che una simile eliminazione continuata di tipi intermediari ha luogo non solo in ambienti chiusi (per esempio in isole o laghi di limitata estensione), dove la lotta per l'esistenza può diventare molto accanita, ma anche nei grandi spazi aperti dei continenti e dei mari, dove variano gradatamente le condizioni della vita da un punto all'altro, dove quindi parrebbe doversi far luogo ad una specie graduata per minime variazioni. Ma se leggendo queste belle pagine si è costretti ad ammirare il genio dell'Autore ed anche ad ammettere molte delle conclusioni particolari da lui esposte; ad una convinzione chiara e completa non sono potuto arrivare, neppure dopo veduta l'abile difesa che su questo punto ha presentato il Wallace (1). Sembra, che molto preoccupato (ed a ragione!) degli effetti grandi e continui della selezione naturale, Darwin non abbia dato importanza sufficiente ad altri fattori, pur potenti e continuati anch'essi; quale sarebbe per esempio l'obliterazione continua, che delle piccole diversità di carattere ha luogo in conseguenza dell'incessante connubio di tipi pochissimo fra loro differenti. Io posso ammettere benissimo ciò che dimostra il sommo inglese, che quando la separazione dei caratteri di due tipi vicini e coabitanti nel medesimo campo sia giunta al punto da render notevolmente più rari e più sterili i connubii fra individui dell'uno o dell'altro tipo, questa separazione non possa far altro che progredire continuamente: la difficoltà sta per me nel comprendere come ad un tal grado di separazione si possa arrivare in seno ad

(1) Alf. R. WALLACE, *The Method of organic Evolution* nella *Fortnightly Review* Febr. and March 1895, vol. LVII, n. 138-139: riprodotto nell'*Annual Report of the Smithsonian Institution* 1894, p. 413-433.

una massa omogenea, posta in condizioni uniformi. Data per esempio una steppa di grande estensione in cui le condizioni di vita vadano variando per gradi continui e data in essa una popolazione di vegetali adattata in ciascun luogo all'ambiente, e quindi anch'essa variabile per gradi da un punto all'altro; non vedo come si possano produrre differenziazioni maggiori di quelle che già esistono. In ogni punto i connubi fra individui pochissimo differenti saranno continuati e fecondi; la gradazione delle forme non solo durerà ma si farà sempre più perfetta. La selezione naturale avrà luogo come dappertutto; ma fra gl'*individui*, non fra le *varietà*; e prevarranno in ogni punto e ad ogni momento in ciascun tipo gl'*individui* più forti e più adattati al rispettivo ambiente, ma i tipi dureranno nelle gradazioni di prima (1).

(1) Non è questo il luogo, nè può esser mio assunto di far qui una critica delle teorie darwiniane; cosa riservata a pochi maestri della più alta competenza. Mi sia però concessa una piccola osservazione rispetto al così detto *principio della divergenza dei caratteri*, del quale non mi par sempre legittimo l'uso che si fa. La divergenza o differenziamento dei caratteri è il risultato di vari fattori e può aver luogo in date circostanze e condizioni di cose: per esempio quando una specie si dilata in più regioni di clima o carattere diverso, oppure subisce col tempo l'influsso di mutate circostanze. Essa è un *fatto* che può avvenire o non avvenire; non un principio tale (quale p. e. quello dell'eredità), da potersi usare sempre e dovunque senza altro esame: quindi ogni volta che se ne fa uso si dovrebbe dimostrare che tale uso è concesso in quel caso speciale. L'adottarla come un principio equivale al supporre una tendenza naturale, insita negli organismi, a differenziarsi cioè a *mutare gli antichi caratteri* assumendone dei nuovi. Sarebbe dunque un principio precisamente opposto a quello dell'eredità; il quale ultimo insomma non è che il principio della *conservazione dei caratteri*. L'uso simultaneo di questi due principi opposti costituisce una macchina a doppio effetto, la quale, abilmente adoperata ora in un senso, ora in un altro, può servire a dimostrare tutto quello che si vuole.

Gli esempi del prato che può nutrire erbe di molte specie diverse, dell'albero su cui possono vivere insetti di abitudini molto differenti ecc. non fanno al caso. Certo qui la differenza di tipi ha luogo, e la ragione della possibilità di lor convivenza è chiara. Ma tali fatti hanno molte anteriori preparazioni e risultano dal concorso di cause esteriori. Quelle differenze di tipi conviventi nello stesso luogo non si son prodotte da

59. A questa si connette l'altra difficoltà analoga della mancanza di tipi intermediari nella fauna e nella flora delle epoche geologiche, quali ci son rivelate dai fossili. Darwin spiega il fatto coll'imperfetta ed incompleta conoscenza che abbiamo di questa fauna e di questa flora. Ma perchè una tal spiegazione sia plausibile, bisogna supporre che in ogni linea d'esseri il lavoro dell'evoluzione organica non progredisca uniformemente col tempo, nè si continui più o meno energicamente ad ogni momento; ma anzi che i periodi di trasformazione o d'instabilità sian stati, sempre e per tutti i tipi, molto brevi, e che fra l'un e l'altro di tali periodi vi siano stati grandi intervalli di stabilità; durante i quali, i tipi essendosi completamente adattati al loro ambiente (supposto costante!) il lavoro dell'evoluzione abbia posato per lunghi secoli, dando alla specie così resa stabile il mezzo di allargare i suoi confini e di diventar potente per numero, e rappresentata quasi esclusivamente nei fossili; sopprimendosi intanto poco a poco dopo breve esistenza i tipi intermedi a traverso dei quali la specie s'era venuta perfezionando; dei quali pertanto la rappresentazione fossile sarà poca e manchevole. Dovrebbero insomma i periodi di lavoro evolutivo (presa la cosa in massa e senza considerare i casi speciali) essere una piccola, molto piccola parte dei periodi di stabilità nelle forme; presso a poco come nelle evoluzioni degli Stati basta per lo più uno o pochi anni di guerra a determinare un equilibrio permanente di cose per molti anni od anche per più secoli. Se infatti così non fosse, ed i periodi di lavoro evolutivo uguagliassero in durata anche solo un quarto dei periodi di stabilità, noi dovremmo, secondo le

sè, nè in eterno potrebbero prodursi in conseguenza della sola selezione naturale da una popolazione originariamente omogenea o quasi omogenea! Qui sta il punto. Da masse omogenee poste in circostanze poco differenti non posson nascere che altre masse omogenee. Le piccole differenze (delle quali bisogna pur cominciare) son subito cancellate dai molteplici, continuati e fecondi connubi d'individui poco diversi fra loro.

probabilità, aspettarci di trovare nei Musei paleontologici i tipi transitori e di variazione graduale juguagliare per numero un quarto dei tipi stabili appartenenti a specie di limite molto definito. In realtà i primi mancano affatto, o se non mancano, son così pochi ed isolati da non potersi riconoscere nel numero prevalente dei secondi.

60. Questi argomenti, non meno che diversi altri riassunti sulla fine del Capo X dell'*Origine delle specie*, possono in sè contenere una parte di vero, od esser almeno applicabili in molti casi; ma molto hanno anche di ipotetico, e il loro valore ad ogni modo non si può considerare come assoluto. Io troncherò una discussione che potrebbe occupar qui troppe pagine, ed è stata intrapresa del resto già da scienziati assai più competenti; mi contenterò di far notare quanto ne risulta, cioè che l'ipotesi dei tipi non fissi e determinati volta per volta secondo il capriccio delle circostanze, se ha in sè qualche cosa di seducente per la sua (apparente) semplicità, non manca però di suscitare gravi difficoltà, risolubili soltanto con altre ipotesi sussidiarie più o meno gratuite. A questa necessità si sfugge intieramente coll'ipotesi qui propugnata dai tipi fissi essenzialmente discontinui, legati ad una formula fondamentale. Quest'ultima, malgrado il suo colore un po' metafisico, è ammessa anche nel sistema di Darwin sotto il nome di legge di correlazione; non si vede perchè data questa, si abbia da rifiutare la fissità e la discontinuità dei tipi che ne derivano, le quali sono conseguenze suggerite dalle leggi stesse che la Natura osserva nel mondo inorganico (§ 14-15).

61. Qualunque opinione però si voglia ritenere circa il modo di determinazione dei tipi delle specie; notevole è questo, che in pratica i risultati finiscono per non essere molto diversi nell'una e nell'altra ipotesi. Dato un tipo che sta per trasformarsi in conseguenza dei fattori di evoluzione, nell'ipotesi darwiniana esso si svolgerà nella direzione che richiedono in quel momento le condizioni in cui si trova; e seguirà, fra le infinite vie compatibili colla legge di correlazione, quella che gli assicura la maggior

utilità, o il migliore adattamento all'ambiente. Nella nostra ipotesi invece non potrà seguire propriamente la via della maggiore utilità; ma come il tipo farà parte di n serie analogiche, ad esso saran aperte $2n$ vie di trasmutazione; fra le quali potrà sempre scegliere quella della minore resistenza o della massima utilità. Or veramente quante unità possa comprendere in natura il numero n , è difficile giudicare, e potranno un giorno forse i naturalisti, studiando le serie analogiche, definirlo per approssimazione. Certo però, riflettendo alle multiple connessioni, che l'osservazione rivela, di un dato tipo con altri vicini e lontani; alla molteplicità delle funzioni, che da n parametri ricevono la loro differenziazione nei vari organismi ed alle complicatissima struttura di molti fra essi, si può inferire che tali unità sian parecchie. Pertanto la trasformazione del tipo potrà aver luogo, se non proprio nella direzione di massima utilità, almeno in una direzione non molto differente; appunto come il viaggiatore che da Milano partendo per Roma, si contenta pel momento di volgersi per la via di Lodi o per quella di Pavia; che fra molte vie incrociantisi a Milano son quelle la cui direzione differisce meno d'ogni altra dalla retta a volo d'uccello.

62. Da questa considerazione si deduce una bella e gradita conseguenza; cioè che malgrado la radicale diversità delle ipotesi fondamentali, il fatto dell'evoluzione si compie secondo le due teorie in modi realmente non molto diversi; così che una quantità di effetti osservati possono esser spiegati in modo identico nell'una e nell'altra. Tal è per esempio il fatto fondamentale della derivazione delle specie l'una dall'altra; la quale secondo Darwin si farebbe seguendo le ramificazioni di un albero genealogico molto simile ad un albero ordinario (1), secondo la presente ipotesi si farebbe secondo le linee di serie analogiche. Lungo queste la propagazione della vita può manifestamente farsi come sopra i rami di un albero, ma con una

libertà di direzione e di multipla connessione fra i rami, che un albero di forma ordinaria non permette. Su questi punti di concordia, dove ambe le ipotesi servono a dare una spiegazione sufficiente dei fatti, non occorre arrestarsi più oltre. Consideriamo ora le quistioni, dove l'ipotesi darwiniana è soggetta a qualche difficoltà, e vediamo quale luce può derivar per esse dal nuovo modo di considerare la materia. Il compito è relativamente facile, avendo Darwin egli stesso esposte tali quistioni, e messo a nudo le parti deboli del suo sistema con una imparzialità e probità scientifica degna veramente del suo gran nome, e della quale tutti gli dobbiamo essere grati.

(1) DARWIN, *Origine delle specie*, Capo IV in fine.

CAPO VIII.

Questioni diverse. Evoluzione dai tipi primordiali. Organi perfetti, rudimentali, inutili. Centri di creazione. Atavismo.

63. I. « Quando ci trasportiamo in ispirito all'alba della vita terrestre, all'epoca in cui noi dobbiamo rappresentarci tutti gli esseri organizzati come dotati ciascuno della più semplice struttura possibile; nasce la questione, in qual modo abbian potuto compiersi i primi passi verso la differenziazione e la localizzazione degli organi per funzioni sempre più speciali. Io non saprei risolvere completamente questo problema. Non avendo noi del resto alcun fatto per guidarci nella ricerca d'una soluzione, possiamo considerare ogni speculazione su questo argomento come vana e senza base ». Così Darwin nell'*Origine della specie*, Capo IV § 14.

Questa difficoltà è comune a tutte le teorie di evoluzione in cui si suppone che un tipo si vada evolvendo gradatamente da un altro; quindi anche la nostra non vi sfugge. Soltanto è a dire, che non avendo noi nulla definito circa la natura e la relativa importanza dei fattori d'evoluzione, possiamo trincerarci dietro la riflessione, che il passaggio dal 1° al 2° organismo non è per noi più difficile e più misterioso che dal 1000° al 1001°; la qual risposta non si può dare da chi vuol far dipender tutto dalla selezione naturale. In generale, per quanto posso vedere, sembra che la selezione naturale sia un potente mezzo per accelerar molto le differenziazioni già avviate a buon

punto; ma che sia per lo più impotente a spiegar il primo stadio di tali differenziazioni.

A chi propugna la teoria dell'evoluzione regolata si potrebbe domandare invece, perchè il soffio della vita abbia cominciato appunto nelle regioni del sistema che corrispondono ai tipi più rudimentali e meno sviluppati, mentre nella formula fondamentale già esistendo preordinati tutti i tipi possibili, si sarebbe potuto cominciare anche dai più perfetti. Io ignoro veramente, se i tipi del Laurenziano e del Cambriano inferiore siano i più semplici possibili ciascuno nella sua categoria; ad ogni modo credo di poter rispondere, che anche nel nostro schema la produzione dei tipi non si fa ad arbitrio, ma è subordinata alla possibilità della loro esistenza e della loro propagazione ulteriore nel dato ambiente. Ora tutti son concordi nell'ammettere che all'apparir della vita sulla Terra tale possibilità non avesse luogo che per organismi della natura più semplice e più rudimentale; e ciò basta a risolvere il quesito proposto.

64. II « A prima giunta, lo confesso, sembra singolarmente assurdo di supporre che l'occhio, così ammirabilmente costruito per ammettere più o meno luce, per adattare il foco dei raggi visuali alle diverse distanze, e per correggere l'aberrazione sferica e cromatica, possa essersi formato per selezione naturale. » A questa obiezione risponde Darwin col dimostrare esservi diversi gradi di perfezione nelle varie specie d'occhi, e che non è impossibile supporre che l'uno abbia potuto derivare dall'altro con successivi miglioramenti, dal semplice capo di nervo ottico ricoperto d'un po' di pigmento senza lenti od altro, fino alla struttura così artificiosa dell'occhio umano. Questa assai plausibile difesa si può in genere applicare a tutti gli organi più perfetti della natura animale e vegetale (1). — Nell'ipotesi dell'evoluzione regolata tale difficoltà non esiste; le varie specie d'occhio sono preordinate nella for-

(1) DARWIN, *Origine delle specie*, Cap. VI, § 6.

mula fondamentale del sistema, e adattate al resto dell'organismo secondo la legge di correlazione.

65. III. « Gli organi elettrici dei pesci offrono un'altra difficoltà ancor più seria: perchè essi esistono solamente in una dozzina circa di specie, fra le quali ve n'hanno d'assai lontane fra loro quanto a grado d'affinità. Generalmente quando uno stesso organo appare presso più rappresentanti della medesima classe noi possiamo attribuirne la presenza a tendenze ereditate da un progenitore comune; e la sua assenza eventuale presso altri, all'atrofia risultante dal difetto d'esercizio e dall'elezione naturale. Ma se tutti gli organi elettrici dei pesci sono derivati ereditariamente da qualche progenitore che ne era munito, tutte le specie di pesci elettrici dovrebbero essere abbastanza vicine le une alle altre; e tale non è il caso (1) ». L'obbiezione vale in genere tutte le volte che una specie ha un carattere raro (come quello dell'organo elettrico) comune con parecchie altre specie molto distanti fra loro, talvolta appartenenti a generi, ordini e classi diverse. Secondo il nostro modo di vedere questa difficoltà si risolve facilmente ammettendo, che i pesci dotati d'organi elettrici, benchè separati (forse) da notevoli intervalli nel campo del sistema ittiologico, formino parte di una identica serie analogica, o di serie analogiche parallele e vicine, in cui la presenza di un organo elettrico sia carattere distintivo. La rarità di tali tipi non deve formar difficoltà per la ragione, che tutta la fauna attuale non è che una minima frazione della fauna di tutte le epoche passate (probabilmente anche delle future), e quindi anche di tutto il sistema animale.

La stessa ragione o ragioni analoghe valgono per gli organi in apparenza inutili, o imperfettamente adattati al loro scopo presumibile, e per gli organi rudimentali; sui quali tutti sarà pericoloso entrare in troppo speciali discussioni, sintantochè le diverse serie analoghe del sistema

(1) DARWIN, *Origine delle specie*, Capo VI, § 6.

animale e del sistema vegetale non saranno state studiate nelle loro reciproche relazioni, e non sia stata studiata nelle sue linee fondamentali anche la legge di correlazione.

66. IV. Passando ai grandi fatti concernenti la *facies* locale delle produzioni di una medesima vasta regione (1); la meravigliosa parentela che esiste fra i morti e i vivi d'un medesimo continente (2); i parallelismi di distribuzione geografica nella successione degli esseri sopra vastissime regioni, e soprattutto nell'Antico e nel Nuovo Continenti messi fra di loro a paragone; si vedrà subito che la loro spiegazione nelle due ipotesi è presso a poco la medesima. Ripetiamo ancora qui, che la preesistenza di tipi normali fissi non impedirà mai che l'evoluzione si diriga con sufficiente libertà verso quelle direzioni, a cui l'attirano le circostanze dell'ambiente: come un viandante, benchè legato nel suo andare alle stazioni prenotate sulla carta geografica, potrà arrivare a Roma altrettanto bene, quanto un uccello libero di seguir nell'aria la via più diretta.

67. V. Nella celebre questione della unità o molteplicità dei così detti *centri di creazione* delle specie, Darwin, e con lui naturalmente tutti i propugnatori dell'evoluzione libera, sono schiettamente unitari. Nella bella trattazione ch'ei fa di questo argomento (3), Darwin pone come principio evidente, che nella sua ipotesi « tutti gli individui della medesima specie, benchè abitanti regioni isolate e distanti, debbono esser venuti da qualche luogo dove vissero i loro progenitori; essendo incredibile, che individui assolutamente identici provengano per elezion naturale da progenitori specificamente distinti ». Egli ammette dunque per ogni specie un punto unico d'origine; e conclude « che ogni specie abbia avuto principio in una sola regione, e

(1) DARWIN, *Origine*, Capo XI, § 3.

(2) Id. *Ibid.*, Capo X, § 9.

(3) Id. *Ibid.*, Capo XI, § 4.

che di là abbia emigrato tanto lontano, quanto i suoi mezzi d'emigrazione e d'esistenza lo hanno permesso, così nelle condizioni di vita presente, come in quelle di vita passata»: e suppone con questo, che tali mezzi di emigrazione e di esistenza non abbiano mai fatto difetto nelle specie disperse sulla faccia della Terra. A spiegare questa dispersione e questo accantonamento di specie identiche su punti lontanissimi ed isolati, egli considera l'influenza che dovettero esercitare sulla distribuzione geografica dei viventi la temperatura relativamente calda, che nella corona di terre circostanti al polo artico ebbe luogo in una certa fase dell'epoca terziaria, il conseguente raffreddamento che condusse all'era glaciale, e dopo questa, il ritorno di temperatura più mite. Da questa discussione, che è una delle gemme più brillanti dell'opera, si arriva ad intendere prima, come vivano tante piante identiche isolate sulle cime nevose delle Alpi e dei Pirenei, e segregate dalle loro congeneri dell'Europa boreale. E s'intende ancora, come nelle latitudini temperate dell'Europa e dell'America Settentrionale vivano alcune specie assolutamente identiche, ed altre congeneri e rappresentative, benché specificamente distinte. — Meno facile invece è a comprendere il fatto singolare di alcuni crostacei e pesci ed altri animali marini propri del Mediterraneo, che non si trovano altrove, fuor che nel Mare del Giappone (1); almeno sintanto che non si ricorra a speciali ipotesi circa la distribuzione dei mari e dei continenti nel tempo che precedette e seguì immediatamente l'era glaciale.

68. Più grave è la difficoltà di spiegare cogli effetti glaciali il fatto curioso notato da Hooker (2), « che 40 a 50 specie fanerogame della Terra del Fuoco, formanti una parte considerabile di quella poverissima flora, si trovano anche in Europa a dispetto dell'immane distanza che separa questi due punti del globo: alle quali si aggiungono

(1) DARWIN, *Origine*, XI, § 9.

(2) Id. *ibid.*, XI, § 10.

molte altre specie non identiche, ma di tipo affine»; e l'altro, « che sulle montagne dell'Abissinia crescono più forme di carattere affatto Europeo»; e l'altro, « che sulle montagne del Capo di Buona Speranza si trovano più forme rappresentative delle nostre, le quali non sono mai state trovate nelle parti intertropicali dell'Africa»; e l'altro, « che specie rappresentative delle Europee si trovano sugli Himalaya, nelle montagne del Dekhan e di Ceylan, le quali non esistono nelle regioni basse intermedie ». Per render ragione di tali fatti Darwin è condotto a supporre, che il periodo glaciale abbia esteso simultaneamente i suoi effetti su tutta la Terra, o almeno lungo certe zone estese da un polo all'altro nel senso del meridiano secondo una certa larghezza; ipotesi già molte volte enunziata, di cui però sembra difficile dare prova completa. Altre difficoltà anche maggiori ravvisa il Darwin nell'esistenza in diversi punti isolati dell'emisfero australe (Kerguelen, Nuova Zelanda, Terra del Fuoco) di più specie affatto distinte, appartenenti a generi esclusivamente propri delle regioni antartiche.

Ma una circostanza anche più imbarazzante sta in questo, che simili dispersioni di faune e di flore consimili in punti della Terra isolati e privi adesso d'ogni immaginabile comunicazione, ebbero luogo anche durante le epoche anteriori della Terra. Volendo mantenere l'unità dei centri di creazione, i naturalisti e i geologi si trovano obbligati a supporre colossali rivoluzioni nella distribuzione delle masse continentali e degli Oceani. Così per spiegare la parentela di una certa parte della fauna Africana australe nelle epoche giurese e cretacea e ancor più giù nell'eocene, si è supposto che una lunga penisola si estendesse dalla punta meridionale dell'Africa fino a comprendere una parte del Dekhan, a traverso del Mare Indiano; penisola a cui fu dato il nome di Lemuria (1). Simili analogie di fauna fra la punta meridionale dell'Africa e la costa del

(1) NEUMAYR, *Erdgeschichte* (1^a edizione). Vol. II p. 333 e 341.

Chili dettero origine ad un altro ancora assai più vasto continente, la Sudatlantide; la quale avrebbe congiunto l'Africa coll'America meridionale durante i periodi giuresse e cretaceo, sommergendosi poco a poco al principio dell'eocene (1). A questa dicono corrispondesse poi, forse fin dall'era paleozoica, la Nordatlantide; la quale vuolsi che dall'America del Nord, occupando l'area dell'Atlantico più settentrionale, arrivasse fin presso la Scozia e l'Irlanda, occasionalmente annettendole; e avrebbe durato, con qualche intermittenza, fino al pliocene (2).

69. Tutte queste così straordinarie mutazioni nelle linee generali del nostro globo, non molti anni sono erano dai geologi considerate come casi possibili e di non isolata evenienza. Ma dopo che si cominciò a studiare con qualche precisione il fondo dell'Oceano, e le sue relazioni colle zone perimetrali dei continenti, le suddette ipotesi apparvero come esagerazioni; ed ora sempre più si fa strada il concetto, che sin dalle epoche più antiche della Geologia la configurazione e positura delle tavole continentali, e la parte abissale delle aree oceaniche non abbiano più cambiato in modo sostanziale. Se questo modo di vedere risulterà il più conforme al vero, l'ipotesi dell'unità dei centri di creazione potrà esserne fortemente scossa, e con essa quella dell'evoluzione libera degli organismi; l'una e l'altra non potranno esser salvate che escogitando nuove ipotesi più accettabili.

70. Per noi la questione sarebbe affatto indifferente. L'ipotesi della evoluzione regolata si adatta tanto bene all'unità, quanto alla pluralità dei centri di creazione. Ab-

(1) Id. *ibid.*, p. 547 e 711.

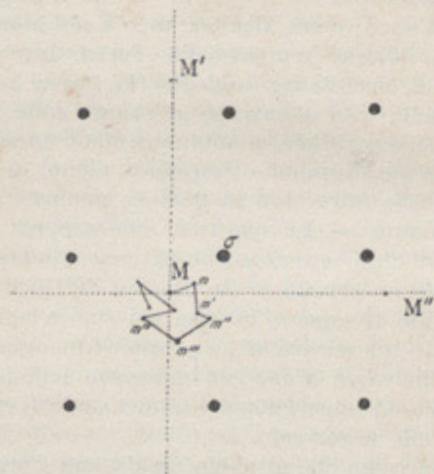
(2) Id. *ibid.*, p. 333, 335, 548, 549, 711. Sulla parte della Nordatlantide attingua alle Isole Britanniche vedi HULL, *Palaeo-Geological Maps of the British Islands* nelle *Transact. Roy. Dublin Society*. Vol. I 1882 p. 257-295. Sull'esistenza di ambe le Atlantidi in relazione colla Geografia botanica, NARONX, *Beiträge der Polarforschung zur Pflanzengeographie der Vorzeit* nella raccolta di NORDENSKJÖLD intitolata: *Studien und Forschungen veranlasst durch meine Reise im hohen Norden*, Leipzig 1885, principalmente p. 237 e seguenti.

biamo già accennato per incidenza, nulla esservi d'impossibile nell'ammettere, che lo stesso tipo specifico abbia fatto la sua apparizione sulla Terra più volte in tempi e luoghi differenti, anche seguendo nella sua generazione linee analogiche diverse (§ 52). Date dunque in due luoghi diversi le condizioni necessarie di esistenza e di riproduzione, non è impossibile che le stesse stessissime specie, oppure specie affini, abbian potuto manifestarsi al Capo di Buona Speranza ed al Chili; od in Europa ed alla Terra del Fuoco; o nel Mediterraneo e nel Mar del Giappone. Nelle diverse regioni della Terra, dove prevaleva l'influenza di circostanze analoghe, la Parca ha condotto gli stami della vita attraverso al campo delle specie per vie più o meno parallele, quantunque non coincidenti. Qual meraviglia, che di quando in quando alcuni di tali stami siansi per caso intrecciati in qualche punto?

71. **Atavismo.** — Le questioni concernenti ciò che è convenuto di chiamare *atavismo* si presentano nella nostra ipotesi sotto un aspetto molto diverso dall'ordinario. Essendo difficile di esporre la cosa nei suoi termini proprii e generali, io mi servirò di un esempio immaginario molto semplice, che varrà a dare un'immagine sufficiente, quantunque rozza ed imperfetta, del nuovo modo di considerare questo difficile argomento.

Noi supporremo che si abbia un sistema d'organismi in tutto uguali fra di loro, salvo che per due soli parametri, alle cui variazioni corrispondano direttamente le variazioni di due caratteri molto semplici; il colore, e la grandezza, per esempio. Un tal sistema di esseri potrà esser rappresentato con uno schema a due dimensioni, quale si vede nella vicina figura, con due classi di serie analogiche, formanti file orizzontali l'una, l'altra file verticali di punti o tipi normali. E supporremo che lo spostamento nel senso orizzontale corrisponda a diversità di colore, lo spostamento in senso verticale a diversità di grandezza; per modo che tutti i tipi normali formanti una delle serie analogiche verticali abbian tutti lo stesso colore, ma diverse grandezze; tutti i tipi normali formanti una delle

serie analogiche orizzontali abbian tutti la stessa grandezza, ma colore diverso. Le medesime relazioni varranno anche per tipi individuali diversi dei normali: cioè due tipi individuali rappresentati da due punti MM' posti sulla stessa verticale avranno lo stesso colore, ed avranno uguale grandezza due tipi rappresentati da due punti MM'' posti sulla medesima orizzontale.



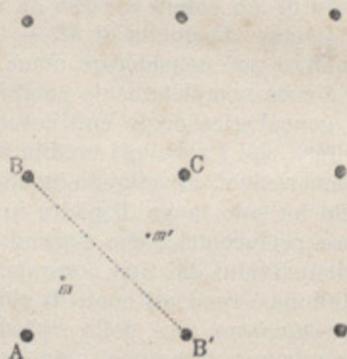
72. Ciò posto, mettiamo che un tipo qualunque individuale rappresentato da M , in conseguenza dei fattori dell'evoluzione si vada in successive generazioni spostando ora in un senso ora in un altro, rimanendo però sempre a poca distanza dal suo tipo normale σ . Il poligono $Mmm'm'...$ generato da questo spostamento (§ 30), nelle sue circonvoluzioni percorrerà la regione circostante ai punti M e σ intersecandola per ogni verso. In tale movimento potrà molto facilmente avvenire che alcuno dei vertici $m m' m''...$ del poligono (cioè dei tipi successivamente generati) si accosti alla verticale MM' , riproducendo

così nel tipo corrispondente il colore del tipo M ; e con egual facilità potrà avvenire, che alcun altro dei vertici del poligono si accosti alla orizzontale MM'' , riproducendo così nel tipo corrispondente la statura del medesimo tipo M . Avremo così dei casi di *atavismo* in alquanti individui della stessa linea genealogica, riproducendosi talvolta uno, talvolta l'altro dei due caratteri distintivi di M , in grado più o meno perfetto. Ma se il moto per caso da qualche causa costante sia spinto verso una special direzione progressivamente, l'atavismo dopo alcune generazioni potrà scomparire per l'uno o per l'altro dei due caratteri, o per tutti e due, e potrà invece accadere che succeda il rinnovarsi atavistico di un colore diverso da quello di M e di una statura diversa da quella di M . — Come si vede, tale atavismo non si può considerare come un fenomeno irregolare, ma è cosa completamente conforme alla legge di successione genealogica degli enti naturali. Né è necessario ammettere, che i caratteri ereditari si conservino qui per molte generazioni, diventando *latenti* in una parte di esse. L'eredità ha solo luogo di padre in figlio, il resto è opera di cause perturbatrici che determinano le deviazioni dei singoli individui dal tipo normale.

73. Né più difficile è rendersi conto di ciò che potrebbe chiamarsi *paleo-atavismo*, cioè della riproduzione di caratteri da lungo tempo scomparsi, già appartenenti *ab antiquo* a specie estinte più o meno affini ed anche supposte progenitrici. Simile ricomparsa ha luogo di quando in quando, e talvolta in occasione d'incrociamenti fra varietà distinte (1). Poniamo per spiegar quest'ultimo caso, che nello schema vicino A rappresenti una varietà estinta, da cui siano, o si credano, derivate le due varietà viventi B, B' . L'incrocio di queste due produrrà un tipo intermedio, il quale però generalmente non si troverà sulla linea BB' , ma devierà da una parte o dall'altra (§ 31), per

(1) DARWIN, *Variatione degli animali e delle piante*, Capo XIII; *Origine delle specie*, Capo V, specialmente § 9.

non esser, in generale, proporzionata per tutti i caratteri la parte, per cui ciascuno dei tipi BB' contribuisce alle qualità del prodotto. Sia dunque m il punto che rappresenta il risultato dell'incrocio di BB' . Se m giace dalla parte di A , potrà andargli abbastanza vicino per assumere qualcuno dei caratteri più salienti di A . Si crederà dunque che ciò provenga da una trasmissione dei caratteri di A , resasi latente per molti secoli. Ma a torto; perchè evidentemente le proprietà dell'individuo m sarebbero state le medesime, anche quando A non avesse mai fatto la sua



apparizione sulla Terra, e fosse rimasto allo stato di tipo possibile.

Ma il punto m rappresentante il prodotto dell'incrocio potrebbe anche essersi trovato in m' , derivando verso il punto C rappresentante un altro tipo, di cui l'esistenza o non esistenza in qualunque tempo è pure affatto indifferente. Quindi l'accenno che m' potesse dare di caratteri nuovi non conosciuti prima potrebbe servir di base a congetturare le proprietà di una varietà sconosciuta che occupasse il posto di C . E potrebbe anche il punto m' attratto dall'immanenza del tipo normale C accostarsi nelle

successive generazioni a C , dando così luogo ad una varietà nuova.

74. In generale e salvo casi particolari, nessun movimento del tipo M a traverso del campo delle specie nelle successive generazioni potrà farsi senza che gli accada di assumere di quando in quando caratteri già esistiti presso alcuno dei suoi antenati immediati: questo sarà un caso assai comune e niente affatto eccezionale. Inoltre tutte le volte che nella generazione il tipo generato può scostarsi molto dai tipi generatori (ciò che avviene spesso nell'incrocio fra varietà o specie distinte e ad ogni modo fra tipi notevolmente diversi), può il tipo generato entrare in parti del campo contigue ad altre specie od altre varietà in modo da poter assumere più o meno evidenti tracce di analogia con un terzo tipo molto distante dei due primi: il quale può essere od anche non essere stato un progenitore antichissimo dei due tipi che si sono incrociati. In nessuno di questi casi è necessario ricorrere all'ipotesi di una *trasmissione latente* di caratteri; la quale, nel caso del *paleo-atavismo* è tanto straordinaria, da non potersi ammettere che dopo le prove più manifeste e più convincenti.



FINE.

179086

12 DIC. 1958