Nuovi principi mineralogici

Rossi, L. M.

Venezia, 1857

1. L. M. Rossi, nuovi Principj mineralogici. Venez. 1857.

2. Ad. Theod. Kupffer, De Calculo crystallonomico. Goett. 1821.

3. Hessel, Üb. gewisse merkwürd. statische u. mechan. Eigenschaften der Raumgebilde. Marb. 1862 m. T.

4. a.b.c. Fred. Kuhlmann, Force cristallogénique. I–III. Par. 1864.

5. Des Cloizeaux, Note sur les formes cristallines ... du castor et du pétalite. Ib. 1863.

6. ——— ——— de l'Amblygonite. Ib. 1863.

7. L. Saemann, Sur les Météorite de Tourinnes-la-Grosse. Ib. 1864.

8. P. Harting, Description d'un Diamant remarquable contenant des cristaux. Amsterd. 1858. m. T.

9. Jos. Petzl, Üb. den glatten Beryll vom Rabenstein. Münch. 1809.

10. E. E. Schmid, Commentatio de Coelestino Jenensi. Jenae 1858.

11. C. A. Stein, Üb. das Vorkommen v. Phosphorsaurem Kalk in d. Lahn- u. Dillgegend. Berl. 1868. m. T.

12. W. Runge, Die Bernsteinräpereien im Samlande. Berl. 1869. m. T.

13. A. J. Kenngott, Üb. Dopplerit ... Zürich. 1864.

14. ——— Üb. den Dopplerit v. Öbirgen ... Wien 1865

15. Just. Websky, de Turfae compositione et formatione. Berol. 1858.

16. Leop. Heinr. Fischer, Das mineralog. geolog. Museum der Univ. Freiburg. Freib. 1866.

1.

NUOVI PRINCIPJ

MINERALOGICI

MEMORIA

DEL PROF. L. M. DOTT. ROSSI

Gesch. v. Herr. Rathsh. Peter Merian. 1864

VENEZIA,
NEL PRIV. STABILIMENTO DI GIUSEPPE ANTONELLI
TIP. DELL' I. R. LUOGOTENENZA VENETA.

M DCCC LVII.

Letta nell' Ateneo Veneto e pubblicata nel *Sesto Programma* dell' I. R. Ginnasio Liceale di Venezia.

I.

DISSERTAZIONE.

NUOVI PRINCIPJ MINERALOGICI

PARTE PRIMA.

CRITICA DEI SISTEMI.

Quando Cromstedt imprese di mettere la Mineralogia su quello stesso cammino sul quale ormai spedita procedeva la Chimica, poco eravi stato mutato da Teofrasto e da Plinio in poi; quasi la stessa povertà di suppellettile, ridotta alle sostanze adoperate nelle arti e nella Medicina; la distinzione spesso incerta e sempre empirica, tratta da caratteri variabili o mal definiti; la classificazione fondata ancora sopra la splendida, ma congetturale teorica dell' origine per sublimazione de' metalli, per precipitazione de' sali, per raffreddamento e per concrezione delle pietre e delle terre. Cromstedt bandiva la necessità d' attenersi ai caratteri invariabili porti dalle prove chimiche, meglio che a quelli continuamente mutabili della opacità, del colore, della aggregazione, e diceva che a conoscere la natura de' corpi meglio che supporre i fatti giova ricercarli. I saggi al cannello condotti con mirabile magistero, la bilancia introdotta a determinare la composizione de' minerali, la scoperta del niccolo, s' unirono a così nobili sforzi per illustrare una vita spenta in sul fiore. Wallerius già proclamato maestro amò chiamarsi discepolo del giovane riformatore; Gahn, Bergmann, Margraff, Lehman sopraggiunsero a segnare la via di scoperte (1).

Devesi al grande Linneo l' avere attratta l' osservazione sulle forme geometriche dei minerali. Prima di lui non avevano considerato con qualche ponderazione tale fenomeno senonchè Cesalpino e Davison. È mirabile vedere il fiorentino precursore d' Arveo e di Jussieu distinguere il regno minerale dall' organico per la cristallizzazione, e notare la costanza di forme per certe specie; e piace in Davison la precisa enumerazione di parecchi tipi; ma l' uno assegnò a causa del fenomeno un restringimento della materia all' atto di solidarsi; l' altro confuse le forme cristalline con quelle prodotte dalla vita. Nel

secolo XVIII erasi già cominciato a considerare nella cristallizzazione una legge della Natura, in virtù della quale le particelle similari d'un corpo disciolte e separate per interposizione d'un fluido sono determinate a ricongiungersi formando solidi poliedrici. Linneo propose lo studio delle forme come base del sistema lapidario. Ei primo fece costruire modelli in legno de' cristalli. Queste forme erano in tutte 18 nell'edizione del *Sistema Naturae* del 1772. Ma Romé de l'Isle nell'anno medesimo le portava a 110, e nel 1783 a 400. Romé dimostrava che ogni specie minerale possiede una forma primitiva regolare e distinta con angoli determinati, e che qualunque varietà di forme secondarie sotto cui si presenti la specie è legata per gradi e con relazioni numeriche al tipo primitivo. Egli aveva raffigurati tali passaggi mediante troncature, avvertendo però essere questa una espressione matematica del fatto, ma non voler significare con essa che la Natura faccia prima de' cristalli interi, e quindi li tronchi. Così preparate le vie, sopraggiunse Werner a disegnare tutta la tela della storia della natura inorganica (2).

I corpi del regno inorganico, secondo Werner, si distinguono in atmosferici e minerali. Quelli allo stato liquido od aeriforme ravvolgono la massa solida del globo, e i minerali costituiscono tale massa. La Mineralogia ha per oggetto la cognizione completa de' minerali nella loro composizione, nelle loro proprietà (specialmente caratteristiche), ne' loro giacimenti e nella parte che hanno nella costituzione del globo. Ecco i tre rami della Mineralogia, ai quali Werner diede i nomi di Mineralogia chimica, di Orittognosia e di Geognosia. Di queste tre parti Werner s'appigliò a trattare le ultime due. Quanto alla Orittognosia, stabilì cinque ordini di caratteri: esteriori, geometrici, fisici, chimici ed empirici. I primi sono apprezzabili col semplice uso de' sensi; al rilievo de' secondi fan d'uopo le cognizioni del geometra; a quello de' terzi gli argomenti del fisico; i chimici si manifestano al cimento de' reattivi; gli ultimi sono dati da alcune circostanze nelle quali suole trovarsi il minerale. Tali sono le macchie verdi od azzurre che si sviluppano sulle sostanze cuprifere, le associazioni di certe specie con altre, e così via. Werner trattò con particolare amore la storia de' caratteri esterni, essendo questi di più facile uso e quindi meglio servendo allo scopo ch'egli aveva di diffondere le cognizioni mineralogiche fra i minatori. Ei ne diede esatta enumerazione, opportuna glossologia, precise e chiare definizioni. Si valse poi di que' caratteri per costituire le specie e distinguerle fra loro. Nello stesso tempo aveva posto per principio che tutti i corpi d'una stessa composizione debbano riunirsi in una medesima specie, che quelli di composizione diversa si ripartiscano in diverse specie. Con che veniva implicitamente a stabilire che a differenza chimica debba corrispondere dissomiglianza esteriore, e a completa rassomiglianza esterna identità di composizione. Ciò per quanto si riferisce alla distinzione delle specie. Quanto alla loro associazione stabilì che certa analogia chimica dovesse sempre accompagnarsi con certa rassomiglianza esterna. Ciò spiega com' egli intendesse di stabilire la sua classificazione sul duplice fondamento della composizione e de' caratteri esterni. Senonchè nelle applicazioni frequenti insorgevano le difficoltà. Moltissimi composti simili fra loro pei caratteri esterni non hanno in comune che un qualche elemento, talvolta in proporzioni assai tenui. Credette egli di risolvere tale difficoltà colla ingegnosa distinzione degli elementi predominanti dai caratteristici. Sono i primi quelli ch' entrano in maggior proporzione ne' composti; i secondi, quelli che, ancorchè possano entrarvi in proporzione minore, prevalgono però coll' energia propria alla massa degli altri ed impongono a varii composti una fisonomia comune. Difficoltà più grave ancora era opposta da altri corpi che similissimi fra loro nelle esterne apparenze avevano composizione del tutto diversa. Egli credette di eludere tale difficoltà fondandosi sullo stato d'imperfezione della Chimica e sulla probabilità che analisi successive avrebbero trovato qualche principio comune in sostanze in cui fino allora non s' era trovato.

I progressi della Chimica non hanno giustificato i giudizii di Werner. Senza esporre partitamente tutti i luoghi ne' quali falliva l'applicazione della sua dottrina si può dichiararne l'assoluta gratuità ed insussistenza. Poichè se per le scoperte della moderna Chimica fu dimostrato che conservando le relazioni atomiche si può conservare certa analogia esterna, geometrica e fisica in composizioni differenti, nessun fatto chimico sta in appoggio della teorica che l'intervento d'un dato principio in una qualunque combinazione determini costantemente una particolare fisionomia.

Ciò basta a stabilire una volta per tutte l'impossibilità di formare una buona classificazione che riposi ad un tempo sopra analogie chimiche e sopra analogie esteriori. I due principii sono evidentemente inconciliabili.

Non è però che il sistema di Werner non offerisse importanti vantaggi pei ravvicinamenti delle specie aventi maggiori rassomiglianze ne' loro caratteri esterni, e ch' egli non avesse adoperato siffatti caratteri con singolare fortuna nella descrizione e distinzione delle specie; chè anzi quasi tutte le specie descritte da lui vennero poi conservate. Werner raggiunse lo scopo di diffondere le cognizioni mineralogiche ed un linguaggio uniforme in tutte le officine sotterranee; il suo sistema fece il giro del mondo, e una volta entrato nelle scuole della sagace Allemagna, vi tenne per quarant' anni il dominio (3).

Romé de l' Isle erasi ristretto a indovinare le forme primitive dall' esame comparativo di tutte le forme d' una stessa specie, senza interrogare la struttura de' cristalli. Bergmann, avendo rotto un cristallo di spato calcareo metastatico, lo scorse costrutto con lamine lucenti e polite disposte simmetricamente e decrescenti con certa misura: provatosi a distaccare queste lamine con piccioli colpi bene aggiustati per giungere al centro del cristallo, ne ottenne il romboedro dello spato d' Islanda. Non fu egualmente felice nell' estrarre la forma primitiva dalla varietà dodecaedra della stessa specie; s' arrestò a queste prime vedute, nè si volse a determinare le leggi della struttura.

Verso lo stesso tempo l' Haüy s' adoperava intorno al grave tema. Erasi staccato da un gruppo calcareo un prisma esagonale regolare; il prisma aveva una sola frattura al luogo d' uno degli spigoli orizzontali, pel quale aveva aderito al resto del gruppo; la frattura offeriva una faccetta liscia e splendente. L' Haüy tenta dividere per altri versi il cristallo, e trova che tre spigoli alternativamente della base stessa e i tre intermedii dell'altra base danno simili nuove faccette; continuando la divisione, il prisma si cangia per gradi in un romboedro ottuso, e, ripetutala sopra cristalli d'ogni forma dello spato calcareo, n' esce da tutti lo stesso nucleo colle identiche incidenze delle facce; estesa questa nuova anatomia al nucleo, e alla materia involvente, l' uno e l'altra si risolvono in particelle minutissime dotate di una forma determinata identica in tutte e in relazione colla forma primitiva. Non avendo ragione per credere che quel modo particolare di costruzione de' cristalli si muti al punto in cui finisce per impotenza l' osservazione, l' Haüy conclude che gli ultimi risultamenti visibili della divisione meccanica rappresentano la figura delle molecole integranti della specie; si propone allora di combinare le forme e le dimensioni delle molecole integranti con leggi di disposizioni semplici ed uniformi e di sommettere queste leggi al calcolo. Ne viene da ciò la teorica de' decrementi. Tentando di connettere mediante tale teorica le varietà cristalline d' altri minerali, s' accorge che erano stati collocati in una medesima specie corpi incompatibili in uno stesso sistema cristallino, e ch' erano stati disseminati in ispecie differenti corpi le cui forme si raccolgono intorno ad un nucleo comune. Ora possono corpi d' una stessa specie cristallizzare in differenti sistemi, e corpi di specie differenti avere una identica forma molecolare?

Per rispondere a siffatta inchiesta egli è condotto a ricercare su quali fondamenti deve poggiare la formazione e la distinzione delle specie, e riconosce che in tutti i corpi d' una stessa specie debbono avere un' essenza assolutamente identica, e che tale essenza dipende dalla composizione, vale a dire dalle qualità degli elementi, dalla proporzione di ciascheduno e dal modo con cui l' uno si unisce agli altri. Posto ciò, ogni elemento dovendo avere atomi d' una data forma e dimensione, questi atomi riunendosi fra loro in numero determinato e in dato modo, ne viene che le molecole integranti debbano avere forme e dimensioni invariabili; sicchè tutti i corpi d' una stessa specie non possono non avere una stessa molecola integrante ed una stessa forma primitiva. Ecco la diversità del sistema cristallino, o degli angoli del nucleo, accennare a diversità di natura e costituire differenza specifica.

Egli concepisce allora l' idea d' applicare la teoria matematica alla distinzione delle specie; dispone adunque dietro ciascheduna forma primitiva tutti i corpi legati con essa per le dimensioni delle loro molecole e per le leggi dell' aggregazione molecolare, e ne esclude quelli che a tali leggi non si sommettono per rimandarli ad altre specie.

V' hanno però forme molecolari e primitive comuni a più specie: in questi casi, se-

condo l' Haüy, le molecole elementari, benchè diverse di forma nelle due specie, si dispongono in modo che ne risultino molecole integranti colla stessa configurazione, a un dipresso come in Geometria si può comporre un quadrato combinando figure diverse. E v' ha da osservare che finora tutte le figure comuni spettano al sistema regolare: son esse quasi limiti ai quali la cristallizzazione arriva per diverse vie. Le sostanze minerali che hanno comuni le forme molecolari si lasciano distinguere fra loro per altri caratteri fisici e chimici di facile uso.

Spesso i minerali formano masse granulari o compatte che non si possono dividere geometricamente; ma spesso ancora queste masse sono continue ad altre cristalline della stessa sostanza: tali relazioni di posizione disvelano la comune natura di quelle e di queste. E ad ogni modo giovano gli altri sussidii. Corpi costantemente amorfi l' Haüy non considerava siccome specie mineralogiche, ma siccome misti prodotti dal concorso di più specie diverse.

Di tal modo l' Haüy giungeva ad una metodica distribuzione de' minerali in ispecie, appoggiandosi, fin dove poteva, alla Cristallografia; e al di là di quel limite, allo studio degli altri caratteri.

Poneva nel quadro d' ogni specie la somma de' caratteri, indi metteva in serie le varietà, cominciando da quelle di forma espresse con notazioni e disegni, e seguitando colle altre de' colori, della trasparenza e così via. A 141 ascendevano le specie così costituite dall' Haüy, ricchezza ignota prima di lui. Resta però che essendo sempre piccolo il numero delle specie minerali, una volta queste esattamente circoscritte, era spianata la via alla ricognizione, ed erasi per gran parte raggiunto l'altro oggetto del metodo di distribuire i corpi naturali in gruppi secondo le loro intime analogie e differenze. Per questa parte l' Haüy aveva fatto per la storia del regno minerale ciò che per la Botanica il fondatore delle famiglie vegetali.

Rimaneva per completare il lavoro che le specie fossero associate in generi, ordini e classi: tale officio spetta alla Chimica, secondo l' Haüy. Dove infatti trovare vincoli di più intima parentela fra le specie inorganiche di quelli che derivano dalla comunanza di un qualche principio, dove trovare più profonda separazione di quella posta dalla diversità de' loro componenti particolari? Lo che stabilito, trascelse con fino discernimento le nozioni chimiche meglio accertate al suo tempo e se ne giovò per comporre il seguente metodo.

Fra le varie sostanze del regno minerale ve n' ha di metalliche; ciascuno de' metalli ha caratteri così notevoli che di comune accordo fu sempre adottato come il punto fisso intorno al quale si raccogliessero tutte le combinazioni di esso; formati altrettanti generi quanti metalli, sotto ciascuno di que' generi vanno a schierarsi come specie il metallo nativo, la lega, l' ossido, il solfuro, il sale di quel metallo: così si compone la classe delle *Sostanze metalliche*. Fra gli altri minerali taluni sono combinazioni d' un acido con una terra: la uniformità del metodo vuole che, a simiglianza di quanto erasi fatto pei metalli, la terra dia il genere e l' acido la specie; andamento contrario a quello che pel loro scopo particolare conviene ai chimici: i nuovi generi si riuniscono in una classe detta delle *Sostanze acidifere*. V' hanno sostanze formate da terre sole o combinate con altre terre e non contenenti alcun acido: lo stato d' imperfezione dell' analisi di queste sostanze non permette di aggrupparle in generi, ed è forza accontentarsi di presentarne la serie; questa serie forma la classe delle *Sostanze terrose*. Sonovi ancora nella Natura corpi non metallici suscettibili di combustione: se ne forma la classe de' *Combustibili*. Di queste quattro classi si compone il regno minerale.

Il metodo d' Haüy incontrava opposizioni vivissime. La scuola empirica lamentava che, abbandonata la vecchia ma piana via che conduce alla ricognizione de' corpi per segni che risaltano agli occhi, si adottassero mezzi di difficile uso, che le specie si distribuissero secondo relazioni non apparenti, mentre si avvicinavano corpi aventi molte e spiccate dissomiglianze, ed altri se ne dissociavano aventi una comune fisionomia di famiglia; che finalmente la Mineralogia si facesse or della Chimica, or della Fisica e perfino della Geometria, e così cessasse di costituire un ramo della Storia Naturale, che per suo compito particolare dev' essere essenzialmente descrittiva.

Contro di che facili venivano le risposte. Quanto alla determinazione, è vero, diceva

l' Haüy, che l'alunno educato allo studio degli esemplari colla guida de' caratteri esterni giunge a riconoscere ogni altro pezzo che abbia non diverso aspetto; ciò avviene perchè l' esercizio d' interrogare gli oggetti cogli occhi e colla mano produce percezioni le quali si ridestano al comparire d' oggetti consimili. Ma non diverso benefizio prova l' alunno addestrato a più precisi rilievi: la vista delle cose una volta determinate parla a lui pure abbastanza senza che gli facciano d' uopo sperienze e stromenti. Che se al primo si mostra una varietà non descritta dal libro, la quale sotto accidenti diversi celi una stessa natura, essa deve rimanergli ignota, mentre il secondo possiede l'arte di penetrare al di là delle apparenze sin dentro al fondo della sostanza. Sicchè lo studio de' caratteri esclusivi e costanti, mentre giova a riconoscere le cose vedute, dà modo a determinare cose da quelle dissimili.

Quanto alla classificazione: quella è veramente naturale che non si fonda sui primi aspetti, ma avvicina od allontana gli enti, secondo le intime loro analogie o differenze: niun dubbio adunque che la Mineralogia debba preferire ad ogni altro il metodo chimico, il quale inoltre soddisfa meglio alla ragione; perchè non considera solo l' attualità de' corpi, ma assiste quasi alla loro formazione, perchè connette le idee, e le fa nascere l' una dall' altra.

Il difficile uso di certi mezzi non dà buon motivo a privarsene quando sono necessarii; il mineralogista ha bisogno della Chimica, della Fisica, della Geometria; dunque deve ricorrere ad esse.

Non possono dirsi estranei ad una disciplina i mezzi che la fanno progredire; nè certo saranno estranei alla Mineralogia que' sussidii della Chimica, della Fisica e della Geometria, pei quali soltanto è dato di avere esatta conoscenza de' minerali.

Falso è poi che ogni ramo di Storia Naturale debba, sol perchè tale, seguire un metodo esclusivamente descrittivo; ogni disciplina deve ordinare gli oggetti del proprio studio secondo essenziali analogie e differenze; soltanto a raggiungere questo scopo l' una può battere una via negata all' altra. Così il metodo botanico può appoggiarsi alla considerazione delle forme esterne, poichè queste hanno necessaria attinenza coll' intima struttura, ch' è costante in tutti gl' individui d' una stessa specie, e quindi ogni individuo può servire di modello comune a dipingere la specie intera; ma nel regno minerale tutti i caratteri esterni variano di continuo, le forme più scolpite non sono che fugaci travestimenti, e quindi nulla di ciò che parla agli occhi può servire di base al metodo.

Ma nemmeno ai chimici piacevano gran fatto le associazioni e gli smembramenti a cui conduceva la teorica dell' Haüy: pareva loro che la Geometria s' arrogasse le parti spettanti all' analisi. L' Haüy rispondeva che invece deve tornar gradito alla Chimica questo nuovo criterio, questo sicuro controllo delle sue operazioni. Il geometra pone differenze specifiche fra sostanze già accomunate dalle analisi; ma, rifatte le analisi, si trova ciò che prima non s' era trovato, differenza o di principii o di proporzioni. D' altra parte, date ad esaminare a più chimici saggi d' una medesima sostanza, e le sentenze riesciranno assai disparate. Lo che si spiega facilmente, senza tacciare di erronee le analisi e di inconcludenti le prove della Chimica: basta a ciò che si suppongano miste, in quantità variabile, alle molecole integranti della specie, molecole d'altre sostanze, e l'esame delle ganghe giustifica la supposizione. Ma, mentre i miscugli alterano i risultamenti dell' analisi, non riescono ad imporre alle molecole integranti un modo diverso di coordinamento, e quindi le non mutate forme attestano inalterata l' essenza della specie.

Così gl' indizii fisici insegneranno i pezzi più opportuni al cimento chimico, e quindi se la Mineralogia deve fare istanza alla Chimica perchè le comunichi i risultamenti delle sue analisi, la Chimica alla sua volta deve fare istanza alla Cristallografia perchè le trascelga i soggetti delle analisi da fare (4).

In questo frattempo la Chimica ampliava il suo regno con nobili conquiste. Davy aveva appena svelato la natura degli alcali e delle terre, che Berzelius, continuando l' opera di Richter, di Dalton e di Davy medesimo, creava la teoria delle proporzioni, la teoria elettro-chimica e tutta una nuova classificazione de' corpi; l' analisi condotta per mano di lui ad insolita precisione scopriva modo di esprimere col linguaggio algebrico i proprii risultamenti, e, quel ch' è più, di controllarli ed appurarli col calcolo. Berzelius volse questi nuovi trovati della Chimica alla riforma del metodo mineralogico.

Secondo Berzelius la Natura opera in modo uniforme e costante; nè le combinazioni che avvengono nelle viscere della Terra possono essere soggette a leggi diverse da quelle che reggono le combinazioni de' nostri fornelli. Non è argomento in contrario la impotenza del chimico a riprodurre gran parte delle specie minerali; poichè la Natura dispone largamente d' un elemento che quasi manca all' uomo, il tempo; così essa nelle proprie officine accumula, colle età, gli effetti di minime correnti elettriche, e con un secolare processo di consolidazione ottiene cristalli netti e cospicui dove il chimico non potrebbe avere che una precipitazione confusa. Se dunque i minerali non sono che prodotti delle forze che la Chimica ha disvelato, e sotto leggi che la Chimica ha determinate, lo studio de' minerali è di spettanza del chimico, la Mineralogia è parte della Chimica, e la classificazione mineralogica dev' essere modellata sulla classificazione chimica. Perciò è ingiusta la guerra mossa dalla scuola empirica contro il metodo dell' Haüy: lo spirito che ha informato quel metodo è il solo veramente scientifico, e il metodo stesso era anche tanto perfetto quanto poteva esserlo nello stato delle cognizioni chimiche d' allora. La classe che si chiama de' metalli v' è ripartita in un modo sì conseguente che le vedute della moderna Chimica vi trovano ben poco a mutare: ma dal momento che le terre e gli alcali son esse pure degli ossidi metallici e che ogni combinazione fra corpi ossidati, compresa la silice, forma de' sali, non si possono più conservare nè la classe delle combinazioni di alcali e di terre con acidi, nè quella delle combinazioni d' alcali e di terre fra loro. Metalli antichi, terre ed alcali rientrano tutti in una sola grande associazione delle sostanze metalliche. Del pari, se le specie de' vecchi metalli furono raccolte intorno ad un comune principio elettro-positivo, e se si posero in un medesimo gruppo il metallo nativo, i suoi ossidi, le sue leghe, i suoi solfuri, i suoi sali, la stessa disposizione dev' essere data alle specie de' metalli nuovi, e debbono riunirsi in un medesimo gruppo un alcali od una terra, ed insieme tutte le combinazioni in cui quell' alcali o quella terra entra come elemento elettro-positivo, e quindi i suoi sali, e fra questi i silicati. Se s' inverte la serie pei nuovi metalli fa d' uopo invertirla anche pei vecchi: ma la prima disposizione sarà preferibile sotto l' aspetto delle applicazioni della Mineralogia alla Montanistica.

I varii gruppi delle sostanze metalliche possono essere distribuiti in due ordini: dei *metalli elettro-negativi*, gli ossidi de' quali tendono a fare la parte d' acido meglio che quella di base, e de' *metalli elettro-positivi* che di preferenza formano basi salificabili. Le altre sostanze, i cui radicali sono combustibili semplici, che non possedono i caratteri principali de' metalli, si riuniscono in un ordine posto avanti gli altri due col nome di *metalloidi*. Aggiunto in testa il principio elettro-negativo per eccellenza, o l' ossigeno, si trova compiuta la classe de' minerali costituiti da elementi e da combinazioni inorganiche. Un' altra classe è riserbata per le combinazioni organiche.

I gruppi che compongono i tre ordini della prima classe formano le famiglie distinte per un particolare elemento elettro-positivo; le collezioni de' corpi composti degli stessi elementi nelle stesse proporzioni formano le specie. Ma in que' casi, ne' quali la identità di elementi e di proporzioni si accompagna a diverso modo di unione degli atomi, e quindi a diversa forma primitiva (dimorfismo), la identità qualitativa e quantitativa de' componenti fornirà il carattere del genere, e la diversa forma primitiva fornirà quello della specie; poichè i minerali d'una stessa specie debbono sempre avere (siccome pensa l'Haüy) una medesima composizione ed una medesima forma primitiva.

Un anno dopo la pubblicazione del *Nouveau systéme minéralogique* di Berzelius, il Mitscherlich esponeva la dottrina che gli atomi de' corpi elementari di qualunque natura sono dotati della stessa forma, ch' è la sferica, e delle stesse dimensioni; per cui la riunione d' un dato numero d' atomi in un modo determinato dà sempre una molecola integrante d' una medesima forma, qualunque sia la natura de' componenti. È questa la legge dell' isomorfismo. Il Mitscherlich l' appoggiava ad esperienze di sostituzione in combinazioni saline d' uno ad altro acido, nella stessa proporzione, senza mutamento di forma; l' appoggiava pure ad esempii di forme identiche offerte da solfati e da carbonati di base diversa, e d' una medesima formola, e ad altri esempii dedotti da combinazioni minerali (5).

Tale dottrina toglieva al rilievo cristallografico ogni importanza per la determinazione e pel riconoscimento delle specie, per tutta conferirla al rilievo chimico. Con ciò

l' opera d' Haüy sarebbesi abbattuta per intero. Berzelius ch' erasi proclamato continuatore dell' Haüy, si mise in breve dalla parte di Mitscherlich (6).

L' Hauy già presso al termine della vita, rivendicava alla Cristallografia quella importanza ch' egli le aveva procacciata, e pesando uno ad uno gli argomenti che il Mitscherlich aveva dedotti dall' esame del regno minerale tutti li refutava con fine critica (7).

I trasmodamenti della scuola chimica provocarono una reazione in contrario verso. A Freyberg dal seggio stesso di Werner era proclamata la necessità di escludere dalla Mineralogia ogni considerazione chimica: banditore di siffatta dottrina era il Mohs; il suo nome era già chiaro per importanti osservazioni. Contemporaneamente alla sua classificazione egli svolgeva un'ingegnosa teorica cristallografica, metteva in relazione i sistemi cristallini colla rifrazione semplice, doppia ad un asse e doppia a doppio asse, perfezionava il goniometro a riflessione di Wollaston, che nelle mani di Brooke e Phillips erasi già dimostrato un sì prezioso sussidio orittologico, introduceva l' esattezza nel rilievo di caratteri che possono guidare egregiamente alla determinazione, e se ne giovava per fondare nuove specie, ammesse quindi da tutti i mineralogisti. La sua parola era animata, ricca d' imagini, abbondante e sempre istruttiva, sicchè presto gli crebbe la scuola all' intorno, convenendovi gli alunni da tutte parti dell' Allemagna: lo che valse a diffondere rapidamente le sue dottrine. Secondo il Mohs la Storia Naturale considera i corpi nello stato che hanno in Natura e deve condurre o a trovare la denominazione d' un corpo il cui stato naturale è conosciuto, o a trovare lo stato naturale d' un corpo di cui è conosciuta la denominazione. La Mineralogia è per la Storia Naturale generale ciò che il regno minerale è pel complesso delle produzioni della Natura; essa deve adunque avere non diverso metodo nè diverso intendimento; perciò non potrà valersi della Chimica per la classificazione, perchè la Chimica toglie ai corpi che studia le loro proprietà naturali.

Non sembra che zoologi e botanici si acconcino a simili definizioni della Storia Naturale. Per esse il metodo si appoggia su tutti i caratteri, ed offre il complesso de' principii sulla natura organica; la classificazione serve non solo a distinguere i corpi, ma ancora a concatenare le idee sulle leggi che determinano la formazione de' tipi e sulle loro modificazioni e successioni nello spazio e nel tempo. A che poi si ridurrebbe la Mineralogia senza la Chimica? senza la considerazione delle forze che agitano la materia inorganica? A null' altro che ad una coordinazione di pure apparenze, ad un artificio mnemonico, che nulla parla alla ragione. Ora tal parte non è, nè sarà, quella d' una scienza, e dichiarare che la Mineralogia, che la Storia Naturale debbono avere tal parte è negar loro il carattere di scienza.

Però, non ammesse siffatte sentenze del Mohs, resta cotal parte della sua dottrina che sarà monumento imperituro di gloria. Il sistema mineralogico proposto da lui è mirabilmente opportuno alla ricognizione della specie: l' alunno educato alla sua scuola diverrà un abilissimo mineralogista. Siffatta giustizia non v' ha alcuno che non l' abbia resa, e non la renda alla scuola di Mohs (8).

Necker de Saussure sedotto da certe vedute del Mohs, ma persuaso ad un tempo della necessità de' sussidii chimici per la Mineralogia, sperò conciliare le giuste esigenze delle contrarie scuole con una classificazione che riunisse i vantaggi del sistema a quelli del metodo. Le classi del Necker sono contrassegnate con due notazioni, l' una chimica di primaria importanza che indica le analogie essenziali delle specie pertinenti ad una stessa classe, l' altra fisica che conduce al facile riconoscimento; ma sta nella natura delle cose che i due principii non possano bilanciarsi per modo che l' uno non usurpi i diritti dell' altro. Così il carattere chimico, quello di primaria importanza, dovette essere completamente sagrificato al carattere fisico, e quindi le ragioni del metodo a quelle del sistema, per collocare la grafite nella classe de' metallofani in compagnia de' metalli nativi, di leghe, di solfuri, in luogo di collocarla nella classe degli infiammabili in compagnia del diamente. Lo stesso ripetasi per la separazione delle blende dalle piriti, e per la loro associazione alle ematiti. V' hanno esempii in cui analogie chimiche e rassomiglianze esterne furono insieme sacrificate ad un motivo secondario, quello cioè di ridurre nell' ultima classe tutte le sostanze saline. Confrontando i varii ordini della classe de' litofani, formati secondo vedute puramente chimiche, vi si trovano gruppi di specie tutte dissimili per l' aspetto, per la durezza,

ecc., sicchè nello stesso ordine si trovano il corindone ed il piombo gomma, la tormalina ed il talco, ecc. Nello stesso tempo le specie più vicine non sono le più affini dal lato chimico, le più lontane non sono le più disaffini; sicchè un silicato di calce (la Wollastonite) trovasi in un ordine istesso con un fluosilicato di magnesia (la condrodite) e in ordine diverso da quello della calce fluata, della calce fosfata, ecc. È però d'uopo convenire che l'opera del Necker, scritta con raro ingegno, ha servito a distruggere molte esagerate opinioni (lo che non è poco beneficio per una scienza), e che la sua classificazione facile dal lato descrittivo, non offre ravvicinamenti troppo repugnanti dal lato chimico (9).

È dovuta al Beudant una rigorosa e completa discussione sul valore de' caratteri e la conclusione logicamente dedotta che la composizione è quanto di più importante hanno i minerali, e che sola può essere base di classificazione, perchè tutte le proprietà fisiche, non esclusa la forma e la struttura, sono incostanti e perciò non essenziali (10).

Egli definisce la specie: « la riunione de' corpi formati degli stessi elementi e nelle medesime proporzioni. » Avverte come altri abbiano avuto riflesso, oltre che alla qualità e quantità de' principii, al modo di loro unione, dal che fecero dipendere la forma primitiva, ma si attiene alla prima veduta senza provarla migliore della seconda. Siccome però il dimorfismo si ripete in pochi casi, così avviene che nel maggior numero la definizione prima è buona quanto la seconda. Adottando la dottrina elettrochimica di Berzelius, Beudant preferisce come base di riunione delle specie gli elementi elettro-negativi: adduce a motivo della scelta che, parecchie basi essendo isomorfe, i minerali che hanno lo stesso principio elettro-negativo offrono il più sovente la stessa forma. Il genere dev' essere la riunione delle specie più affini tra loro che ad altre: sotto l'aspetto chimico sarebbero più affini fra loro quelle specie che contengono gli stessi principii combinati in differenti proporzioni: però nel complesso de' caratteri sono più affini le specie formate da basi isomorfe combinate nelle medesime proporzioni ad uno stesso elemento elettro-negativo: i generi sieno dunque associazioni di tali ultime specie.

L' isomorfismo può risultare, non soltanto dalla sostituzione d'una ad altra base, ma altresì dallo scambio de' principii elettro-negativi, per modo che v' hanno generi isomorfi sommamente affini fra loro e che si debbono riunire in una tribù mineralogica.

Fermiamoci a ponderare siffatte sentenze.

Pel principio generale di classificazione assunto dallo stesso Beudant, le differenze fra i gruppi debbono divenire tanto più forti quanto più i gruppi si elevano in dignità, sicchè siano minime fra due specie congeneri, e massime fra due classi; le differenze, in altri termini, debbono cadere per le specie sui caratteri di minima importanza, e per le classi sui caratteri di massima importanza. Il Beudant ha provato che i caratteri della forma e della struttura non sono essenziali, e che soli lo sono i chimici; ne viene adunque che i primi siano di minima importanza, e di tutta importanza i secondi. Se mai dunque si avessero da impiegare i caratteri fisici in qualche parte della classificazione, dovranno esserlo dove possono essere impiegati i caratteri di minima importanza, cioè fino al grado della specie, e non oltre. Beudant non ha adoperato il carattere della forma al luogo della specie, non essendosi curato del dimorfismo, e vuole poi adoperarlo al grado del genere e della tribù tenendo conto dell' isomorfismo: come mai ciò che non aveva alcuna importanza là dove solo poteva averne, ne acquisterà poi tanta da far preponderare ad un carattere chimico di prim' ordine un carattere chimico di second' ordine?

Fu conseguenza di questo falso principio che il Beudant riunisse in una stessa tribù specie che non hanno alcun elemento in comune, e rimandasse a tribù differenti specie composte degli stessi principii. Con ciò adunque si stabiliva che due corpi sono più simili fra loro quando sono eguali le proporzioni, ma diversi tutti i componenti, che non quando sono eguali tutti i componenti e diverse le proporzioni.

E questo, supposta la esistenza di un vero isomorfismo. Ma dall' esame di tutti i composti organici ed inorganici, naturali ed artificiali, di cui son note le forme, si rileva che fuori del sistema regolare non v' ha rigorosa identità di forme fra sostanze chimicamente non identiche, mentre vi sono non minori analogie e perfino

identità assoluta di forme primitive in corpi la composizione de' quali è rappresentata dalle formole le più disparate. S' aggiunge per ultimo non esservi sempre identità cristallina quando v' ha identità di forma primitiva; poichè una stessa forma primitiva può essere il prodotto d' una diversa aggregazione molecolare. A questa diversità di aggregazione si collegano le differenze nelle proprietà ottiche della doppia rifrazione. Giusta le osservazioni del Sènarmont, taluni corpi geometricamente e chimicamente isomorfi hanno proprietà birefringenti opposte; taluni altri, che non possedono nè l' isomorfismo chimico nè l' isomorfismo geometrico, presentano un' identità completa ed assoluta di proprietà birefringenti. Quest' anno il Descloizeaux ha confermato tali osservazioni colle proprie, ed ha insegnato a servirsi di caratteri ottici birefringenti per fare associazioni o dissociazioni specifiche, là dove a ciò non valgono nè la Cristallografia, nè la Chimica. Nel sistema regolare la diversità può rendersi manifesta per altri caratteri, come quello dell' asimetria, della emiedria e della tetartoedria, secondo le osservazioni di Delafosse e di Lemery (11).

Berzelius che refutava la classificazione di Beudant, preferiva egli pure il principio elettro-negativo per la formazione de' generi, in vista dell' isomorfismo delle basi, e suggeriva un mezzo termine pel quale si tenesse conto della forma senza violare le leggi della chimica: che il genere fosse determinato dalla formola di composizione e dalla forma geometrica, la specie dagli elementi. Con ciò aggravava l' errore di Beudant, perchè mentre questi aveva posto in una stessa tribù specie costituite da principii in tutto differenti, quegli le collocava in uno stesso genere.

Brongniart, dopo aver dichiarato che la base della classificazione mineralogica dev' essere esclusivamente chimica, riproduce, cangiati i nomi, le classi de' metalli, dei sali e delle pietre, ormai sbandite dai chimici; osserva che la ripartizione per basi applicata alla II.ª classe ravvicina sostanze che non hanno alcuna analogia, mentre, applicata ai minerali metallici, presenta tutti i vantaggi d' una classificazione naturale, e propone di schierare le sostanze metalliche sotto gli elementi elettro-positivi, le altre sotto gli elementi elettro-negativi. Le ragioni addotte dal Brongniart sono assai disputabili; sicchè si può chiedere con Necker « che cosa, p. e., vi sia di comune dal lato delle analogie a tutte le specie del genere *Ferro* di Werner e d' Haüy. Sembra al contrario che s' abbia voluto, ravvicinando i minerali che racchiude quel genere, mostrare tutte le varietà di forme, di proprietà chimiche, ottiche, ecc. che la materia inorganica può rivestire. » Sicchè senza più forti ragioni la formazione dei generi proposta da Brongniart è completamente arbitraria (12).

Il Dufrenoy segue Brongniart ed aumenta le arbitrarie divisioni, stabilendo una classe apposita pei sali alcalini ed una pei silicati. Però fra le considerazioni che lo indussero a distribuire i vecchi metalli secondo l' elemento elettro-positivo, ed a fare una classe de' silicati, ve n' hanno due che meritano riflesso, e che qui annunciamo per parlarne più sotto. Quanto ai metalli, osserva che tutte le sostanze, nelle quali entra uno stesso metallo, rame, piombo, ecc., hanno le medesime posizioni geologiche, e benchè, egli dice, la Mineralogia e la Geologia siano due scienze distinte, si deve non pertanto completare la descrizione delle specie minerali colle indicazioni della funzione che compiono nella Natura. Quanto ai silicati, adduce a motivo di collocarli in una classe ancora la funzione che compiono nella costituzione del globo.

Dufrenoy che non s' era lasciato imporre dal principio delle basi isomorfe per la divisione delle specie, cadde in errore più grave di quelli di Beudant e di Berzelius prendendolo in considerazione per la formazione delle specie. « La specie in Mineralogia, secondo lui, è formata dalla riunione d' individui spesso dissimili pei loro caratteri esterni, ma legati gli uni agli altri per una composizione identica. L' isomorfismo di certi corpi fa che l' identità di composizione sia soltanto atomica e non assoluta. Da ciò risulta una differenza fra la specie mineralogica e la specie chimica. »

Ma per legge di logica non si devono riunire in una medesima specie esseri aventi essenziali differenze, ed hanno differenze essenziali se si compongono di differenti principii. Seguendo la massima del Dufrenoy diverrebbe specie una serie di corpi binarii A B, A C, D C, D E...., ognuno de' quali avesse un elemento in comune coi due termini prossimi, e nessuno cogli altri (13).

Dufrenoy e gli altri mineralogisti che adottarono simili vedute, si lasciarono imporre dalle indefinite variazioni chimiche che presentano molte sostanze dotate di una medesima forma cristallina, variazioni prodotte, second' essi, dalla sostituzione reciproca in tutte le proporzioni delle basi isomorfe. Su di che è da fare una riflessione. I chimici sonosi abituati a non fondare le specie sopra le analisi de' corpi amorfi, se non con grandissima precauzione, per timore d' aver a fare con misti e non con ispecie. Ma non vi sono soli misti amorfi, chè frequenti son pure i misti cristallini: due sali formati da uno stesso acido e da una base diversa, e perfino talvolta con acido e base diversi, possono avere una stessa forma primitiva, e poco differenti proprietà fisiche; questi due sali trovandosi insieme commescolati allo stato liquido nell' atto di cristallizzare, non ricevono impedimento l' uno dall' altro; perciò in questi cristalli non si ha una combinazione con sostituzione chimica in tutte le proporzioni di basi isomorfe, ma si ha un miscuglio con sostituzione fisica in tutte le proporzioni di sali isomorfi.

Nè si creda ad isomorfismo vero fuori del sistema regolare, nemmeno pe' misti cristallini. Il Beudant fece un' osservazione importante riguardo alla dolomia: egli ha rilevato che quanto più di magnesia entra nella dolomia, tanto più questa si avvicina nella forma alla magnesia carbonata; e quanto più di calce, tanto più s' avvicina allo spato d' Islanda. Sicchè la misura d' un angolo corrisponde ad un' analisi quantitativa. Ciò deve rendere cauti quelli che si appoggiano sulla composizione e sugli angoli de' cristalli per la determinazione delle specie, affinchè non formino specie se non si sono assicurati che non hanno a fare con misti cristallini, altrimenti potrebbero avere tante specie quante le variazioni di proporzioni in cui due sostanze si sostituiscono in un miscuglio, e quanti i passaggi di un angolo ad un altro (14).

Dalla fatta analisi delle classificazioni chimiche tentate finora, appare che nessuna resiste contro la critica. Ma v' è di più grave ancora, che nessuna distribuzione fondata sulle analogie chimiche possa effettuarsi senza offendere il principio logico che i corpi riuniti in un gruppo siano più simili fra loro che non ai corpi spettanti a gruppi diversi. Infatti, eseguita la distribuzione per elementi elettro-negativi, si troveranno nelle differenti famiglie degli Arsenidi, degli Stibidi, dei Solforidi, ecc., specie assai più affini fra loro che con quelli della stessa loro famiglia; così il solfuro d' argento e l' arseniuro d' argento saranno assai più affini fra loro che non il solfuro d' argento col solfato idrato di allumina e di potassa, e l' arseniuro di argento con un arseniato idrato di rame. Lo stesso ripetasi per la ripartizione elettro-positiva: un solfuro di ferro è più vicino ad un solfuro di rame che non quello al tungstato di ferro, e questo ad un silicato idrato di rame.

E fatta astrazione dalla teorica elettro-chimica, in qualunque altro modo si poggiasse la distribuzione delle specie sulla base della loro composizione, si dovrebbero pur sempre riunire in una stessa famiglia sostanze aventi per lo meno un elemento in comune, e non si potrebbe giammai fare che specie di diverse famiglie non avessero esse pure uno o più elementi in comune. Perlochè di frequente si rinnoverebbe il caso che due specie di diversa famiglia fossero non meno affini o più affini fra loro che ciascheduna colle specie della propria famiglia.

Dal fin qui detto sembrerebbe impossibile ogni classificazione naturale de' corpi minerali: noi crediamo che sì sconfortante conclusione non sia giusta, essendovi a mettere in opera un nuovo sussidio, la importanza del quale in tutte le parti del metodo noi ci accingiamo ad esporre.

Laugier enunciando i risultamenti delle proprie analisi della grammatite del San Gottardo, delle anfibole del Capo di Gates e degli Attinoti dello Zillerthal, aveva fatto sentire la necessità che si consulti la natura delle ganghe per determinare quella delle specie incluse in esse, potendo avvenire che una porzione della ganga sia penetrata nella sostanza del cristallo. In conferma di ciò l' Haüy porgeva ad esempio un cristallo di tremolite racchiudente un nucleo di dolomia, e Berzelius uno smeraldo di Fimbo con entro particelle di serpentina e di talco. Beudant, in un grave capitolo concernente la discussione delle analisi, dimostrava la necessità dell' esame delle ganghe e talora perfino della visita delle località prima di dettare le formole. Com' esso, la

più parte de' chimici, siccome avvisa il Necker, ha dovuto ammettere cotali conseguenze, affine di poter escludere dalla composizione d' un corpo or questo or quel principio che non permetteva di arrotondare le formole, e che si considerava siccome accidentale. Marcel de Serres portava all' evidenza questa dottrina con una particolareggiata comparazione fra i silicati a base di calce e di magnesia e le rispettive lor ganghe. Perlochè è dimostrato che il lume geologico torna necessario alla rettificazione delle analisi per la formazione delle specie (15).

D' altra parte non si può dimenticare che la conoscenza chimica d' un corpo non è completa se non se n' ha che l' analisi, e che bisogna riprodurlo per dimostrarne la natura. A ciò pensava il Mitscherlich quando nel 1823 ricercava nelle scorie delle fucine sostanze cristallizzate analoghe a minerali, e ne fabbricava egli stesso. Con ciò egli arrecava alla scienza beneficio ben maggiore e ben più durevole del danno che avevale recato una fallace applicazione della sua teorica dell' isomorfismo (16).

La Chimica a meglio riuscire nella riproduzione delle combinazioni naturali, dovette tener conto delle condizioni in cui si formano, e quindi ricorrere alla Geologia pel rilievo di tutte quelle particolarità di struttura, di giacimento, di associazione, di mutua esclusione che potevano essere indizii del processo della Natura: ella così si condusse ad imitare i prodotti del focolare plutonico. Ecco adunque la sintesi eseguita sotto la scorta della Geologia servire di comprova all' analisi, controllata essa pure dalla geologia, e così la geologia concorrere per doppio modo all'opera di costituire le specie.

Sonvi i caratteri che Werner chiamava empirici dati da certe associazioni, da certo costante ripetersi di una specie in date ganghe, da certi passaggi o per alterazioni o per qualunque altra causa d' una specie ad un' altra. L' uso di tali caratteri è men raro di quanto taluno per avventura potrebbe credere. Infatti, per lo meno in una specie su nove ricorre o la necessità, o la opportunità di consultare il carattere delle associazioni. Come tutti questi son fatti geologici, così ai caratteri che se ne traggono possiamo dare in luogo del nome di empirici quello di *geologici*, ed allora diremo che oltre la Fisica e la Chimica giova alla ricognizione delle specie il sussidio della Geologia.

Resta l' aggruppamento delle specie. Su questo conto osserviamo non esservi soltanto la base delle analogie per la classificazione, ma avercene un' altra la quale può essere adoperata o sola od in concorso della prima. Questa seconda base è quella della figliazione o delle genealogie. E la genealogia che serve ai botanici ed ai zoologi per riunire in una sola specie individui e generazioni che considerati in sè stessi sarebbero assai meno simili fra loro che agli individui ed alle generazioni d'altre specie, come, p. e., nelle classi degli animali soggetti alla metagenesi. Nel regno minerale la genealogia offre quella base di classificazione che non potrebbe esser data dalla analogia: il corpo che mi sta sotto gli occhi non ha oggi la composizione che aveva jeri, nè quella che avrà domani. Vi sono specie prodotte dalla decomposizione di altre: è adunque ragionevole il rivolgere la contemplazione a quelle specie da cui le altre derivarono; bisogna ricercare queste *specie primitive*, e quindi aggruppare intorno ad esse le *secondarie*, e così la Geologia avrà fatto per l' aggruppamento delle specie quello che la Cristallografia ha fatto per l' aggruppamento delle varietà cristalline. Trovate le specie primitive, esse verranno classificate secondo le loro analogie di origine; ed ove questa sia comune, secondo le loro analogie di natura. Per queste considerazioni l' attuale condizione d' un corpo non forma più l' oggetto quasi esclusivo di studio del mineralogista, essa non è che breve pagina d' una storia che ampia si distende nello spazio e nel tempo.

Così pel progresso della scienza si arriva ad ammettere quel principio di classificazione fondato sull' origine delle specie, ch'era stato adottato per islancio di speculazione dagli antichi. Pensò ad una Chimica geologica l' Haüy quando disse la Chimica migliore fondamento alla classificazione della fisiografia perchè considera l' origine dei corpi e non la loro attualità. Nè Berzelius profferiva diverse sentenze. E quando Dufrenoy giustificava la separazione de' silicati pel loro officio nella Natura e la ripartizione delle sostanze metalliche secondo il metallo che ne forma il radicale per la comune loro giacitura, chiamava ancora la Geologia in soccorso del metodo. Resta adunque, concludendo, che il metodo mineralogico non possa essere nè fisico, nè chimico, e nemmeno fisico-chimico nel modo in cui s' intende dai più, ma che debba poggiare sopra una Fisica

ed una Chimica geologica, che debba tener conto della Geognosia, che insomma essere debba *geologico*.

Non è per questo che si vogliano escluse dallo studio del mineralogista tutte le altre classificazioni; si ammette anzi il merito di ciascheduna. Le classificazioni fisiografiche e le chiavi dicotomiche offrono il grande vantaggio di formare de' buoni diagnosti, e ne sia prova a quanto abbia bastato il metodo di Werner, quali abili mineralogisti siano usciti dalla scuola di Mohs, e quali ancora ne vengano e da essa e da quella di Necker. Ottime diagnosi diedero l'Haüy, il Berzelius, il Beudant, l'Hausmann, l'Haidinger, il Dufrenoy, il Naumann, il Rose . . . ; e tutte in somma le scuole. I metodi chimici di classificazione, sia che schierino le sostanze sotto l'elemento elettro-negativo, sia che le schierino sotto l'elemento elettro-positivo, espongono il quadro delle combinazioni chimiche della Natura in quei modi che più tornano opportuni a ricordarlo. Ciaschedun sistema serve ad associare idee che un altro non può prendere in considerazione. Torna anche opportuno per un certo genere d'alunni l'esercitarsi secondo uno, piuttosto che secondo altro di questi sistemi, e certo ne saprà di più chi avrà cercato di studiare i corpi secondo un maggior numero di tali classificazioni. Esse adunque hanno tutte la loro opportunità relativa, nessuna ha prevalenza assoluta sulle altre. Imporre un solo di tali sistemi è imporre lo studio d'un solo ordine di verità, o d'un solo lato della verità: il vero metodo può dirsi che si componga del complesso di que' veri che figurano solidarii ne' singoli sistemi, o, a meglio dire, che, dopo essersi giovato di tutti i sistemi, a tutti soprasti, subordinando ad un principio di più alta dignità ogni altra considerazione. Porre, non già i prodotti e gli effetti nella serie che conviene ad un dato ordine de' loro accidenti, ad una più o meno forte analogia, ma le forze stesse nell'ordine in cui la Natura le suscita, ricercare le relazioni reciproche e la funzione di tutte nell'economia terrestre, ecco il vero scopo della Mineralogia, e vero metodo è quello che ad esso risponde. Quello solo è metodo naturale, non potendo chiamarsi naturale nè un metodo che si limita a disporre le specie in un modo facile a riconoscerle, nè quello che le distribuisce secondo la costruzione delle loro formole, ma invece essendo metodo naturale quello che fa riconoscere e ricordare l'insieme delle cose nelle reciproche loro attinenze, in una parola, quello che abbraccia il sistema della Natura.

Siffatta riforma è destinata a produrre un felice progresso per la popolarità della scienza. La parte descrittiva era finora sommamente arida, perchè quasi per intero costituita da una leggenda di sconnessi particolari; l'alunno a mala pena volgevasi allo studio d'un cumulo frammentario d'esseri inerti, simili ai saggi raccolti ne' musei. Ma d'ora in poi tutto si cangia; poichè ogni cosa studiata in relazione a vedute generali diviene anello d'una catena, o maglia d'una rete; nello stesso tempo alle severe ed ardue bellezze de' veri matematici, alla selva sfrondata de' numeri chimici si aggiunge l'aspetto d'un nuovo regno, in cui tutti gli enti si succedono, si muovono, si tramutano; e i moti, i mutamenti, le successioni s'inseguono d'una in altra sede, e d'uno in altro periodo.

La Mineralogia ridiscende in quelle sotterranee officine che furono la prima sua patria, e vi ripiglia vigore a nuovi avanzamenti; ma nello stesso tempo ella può rendere il bene che le vien dato; perchè discerne e riordina quegli accidenti multiformi che la Montanistica assume in cumulo, sostituisce il legame causale all'aggruppamento empirico, i principii alle regole, e con ciò quello che non era stato che il rimaneggiamento d'una classificazione, diviene una feconda sorgente di progresso per l'arte ch'è fondamento a tutte le altre.

Potrebbe opporsi il dubbio che lo stato delle cognizioni geologiche sull'origine delle specie minerali sia ancora troppo imperfetto per poter servire di base ad una classificazione. E invero tale dubbio ha ritardata di qualche anno la enunciazione di queste idee; ma l'esame paziente degli studii fatti conforterebbe ad ammettere il contrario. Sui risultamenti positivi di quegli studii poggia la classificazione che qui si propone.

PARTE SECONDA

CLASSIFICAZIONE DE' MINERALI

FONDATA SULLA GEOLOGIA.

I.

Ricercare l' origine de' minerali non è, siccome avvisa il Favre, investigare ciò che s' operi nelle profondità della Terra oltre i limiti ai quali possono arrivare le osservazioni; ma studiare le forze e i processi adoperati dalla Natura per produrre le sostanze quali si trovano ne' luoghi dove possiamo giungere. (17).

La teoria deve appoggiarsi sopra i dati geologici e sopra la sintesi chimica: se determinato col mezzo de' primi un dato modo di origine d'una sostanza, se ne effettua poi in quel dato modo la riproduzione, si otterrà la certezza di siffatta origine.

I dati generali della Geologia sui quali noi ci siamo fondati, costituiscono ormai assiomi di Fisica terrestre: tali sono l'origine della Terra da una massa aeriforme, come Laplace l' ha determinato per tutto il sistema solare, e la progressiva riduzione di questa massa ad uno sferoide liquido di rivoluzione cinto da un' atmosfera, della quale rimasero le sostanze gazose che di presente vi sono. Lo sferoide tuttora liquido è ricoperto da uno strato solido di grossezza minore della 300.ma parte del raggio; quello strato ebbe nome di corteccia del globo. La corteccia è di continuo agitata dalle tempeste del rovente mare che la sostiene, del quale escono vapori e gaz che la rigonfiano, la squarciano e ne lasciano ricadere i brani per rialzarli di nuovo. Nelle frequenti esplosioni vapori e gaz proiettano in avanti porzioni della massa liquida che attraversano, le iniettano nelle fratture, le rigettano al di fuori. Nello stesso tempo l' aria e l' aqua, e con esse l' acido carbonico, reagiscono di continuo chimicamente e meccanicamente sulla corteccia, penetrano negli abissi ed estendono fino al focolare plutonico la propria azione; risalgono quindi lungo le vie sotterranee commescendovi i proprii prodotti a quelli delle forze centrali. Moro, Arduino, Fortis, Breislack, Marzari, Muraschini, De Buch, Humboldt, Daubuisson, Cordier, Beaumont, Marchison, Fournet, Bischoff fra i geologi; Humboldt e Arago tra i fisici; Fourier e Belli fra i matematici hanno posto in esame tutti i fatti del calor centrale, delle eruzioni vulcaniche, delle emanazioni gazose, delle aque termali, dei terremoti, della distribuzione e direzione delle catene montane su tutta la superficie del globo, ed accertata siffatta teoria. Contro la dottrina del Poisson che ammetterebbe la consolidazione e il raffreddamento della Terra procedenti dal centro alla periferia, sta, non ch'altro, la prova materiale delle lave che si raffreddano e consolidano alla superficie e rimangono lunghi anni liquide e roventi all' interno. La dottrina, già proposta da Davy e ripresa poi da Lyell e da Orioli, che la fonte del calorico centrale sia tutta chimica, fu già refutata da Lodovico Pasini. Sol resta salva la bella idea di Lyell che la variabilità dei climi nel corso delle età geologiche, con possibilità di temperature generali eccessive, sia l' effetto delle oscillazioni della corteccia, per la quale le terre sono or riportate tutte verso i poli, or tutte sotto l' equatore, ora distribuite uniformemente, ora in maniere intermedie a queste. Tale idea, fondata sulle leggi clima-

tologiche stabilite dall' Humboldt, rende ragione degli abbassamenti e rialzi successivi nella temperatura esterna generale del globo, come della grande invernata che ha preceduto la comparsa dell' uomo, testificata da una moltitudine di monumenti, e p. e. dalle conchiglie oggi viventi nel mar glaciale, gli avanzi delle quali si trovano disseminati nelle colline della Sicilia.

Ciò premesso, osserviamo quali sostanze minerali siano prodotte alla superficie del globo.

Io ho altra volta confrontati i prodotti della torbificazione con quelli della combustione imperfetta, e ne ho dimostrata l' identità; si trova p. e. fra i primi il creosoto e fra i secondi l' umina. Appoggiandomi sulle analisi di Wöhl ho dimostrato che l' ossigeno e l' idrogeno esistono nelle torbe in combinazioni fluide (quali aqua, ammoniaca, acidi acetico, butirrico, metacetonico, carbonico, ossido di carbonio, olii, ecc.), le quali possono essere eliminate colla distillazione. Mi giovai delle analisi elementari comparative di Regnault sui combustibili fossili per dimostrare che mediante la progressiva eliminazione delle sostanze fluide ossigenate e idrogenate si passa dalla composizione della torba a quella della lignite, del litantrace e dell' antracite, e ne dedussi che i combustibili fossili provengono da una progressiva distillazione naturale delle torbe sepolte e compresse fra gli strati del suolo, spesso accelerata dal calore vulcanico. A queste aggiungo le seguenti osservazioni.

Melleville ha dimostrato in Francia che alcune torbe possono presentare la composizione e tutte le proprietà delle ligniti; Jackson in America le ha vedute costituire un combustibile per nulla diverso da quella varietà di litantrace che gli Inglesi chiamano Cannel-coal.

Hannosi numerosi esempii di tramutazioni di ligniti in litantrace a contatto delle diche basaltiche. « Il carbon fossile scapiforme (Stangelkohle) del Monte Meissner in Assia s' è introdotto in tutti i sistemi di Mineralogia come un vero litantrace, mentre non è che una lignite modificata dall' azione del basalte (18). »

Si trovano piante determinabili, il cui tessuto è trasformato in litantrace. Hutton ha riconosciuto col microscopio nel carbone minerale cellule rotondate riempiute d' un bitume giallo, e dovute alla tessitura delle piante trasmutate in carbone (19).

La stessa origine dev'essere assegnata alla grafite. Martins ha osservato a Commentry gli schisti carboniferi rialzati da una trachite. A contatto di questa per un raggio di 4 metri il litantrace è diviso in colonne pentagone od esagone simili a quelle di basalte. Le colonne sono perpendicolari alla superficie della trachite ed a quella del soprapposto carbone, ognuna di esse è ricoperta d' una pellicola ferruginosa dovuta alla decomposizione del solfuro di ferro che si trova in quel litantrace; la frattura offre una lucentezza metallica analoga a quella della piombaggine (20).

La grafite è spesso accompagnata nelle Alpi da impronte vegetali. La grafite e l' antracite giacciono insieme nel bel mezzo del micaschisto e della beòla (gneiss) in parecchi luoghi de' Monti Vogesi. Al Colle di Chardonnet i banchi d' argilla carbonifera con impronte vegetali sono spalmati d' un intonaco più o meno grosso di grafite alla superficie di contatto con una roccia feldispatica che li ha contorti ed arricciati in mille guise.

L' antracite al fuoco degli alti forni può essere trasformata in grafite. Il carbone che si separa dal ferraccio fuso è grafite. La grafite artificiale per la viva sua lucentezza e per la difficoltà della sua combustione offre, secondo Karsten, una transizione dell'antracite e della grafite naturale al diamante (21).

In quattro contrade fu trovato finora il diamante: negli Urali, nell' Indostan, a Borneo e nel Brasile. Di tutte, eccetto Borneo, si conosce oggimai la costituzione geologica, si vede il granito come roccia sollevante principale circondato per grande estensione dal gneiss, questo ricoperto da micaschisti, i micaschisti da arenarie rosse. Tale condizione generale è tratto tratto modificata dall'apparizione di rocce anfiboliche o pirosseniche, in vicinanza delle quali si hanno frequenti ammassi di pietra ollare, ed allora il micaschisto passa a steaschisto. L' arenaria a contatto delle diche anfiboliche e pirosseniche si cangia essa stessa in micaschisto o steaschisto (itacolumite). Questi depositi più o meno metamorfici spettano negli Urali ai periodi Devoniano e carbonifero, siccome lo dimostrarono

Murchison, Du Verneuil-e-Kayserling. Gli altri non ne sono più antichi. Il Claussen, che primo ha riconosciuta siffatta costituzione geologica d' una contrada diamantifera, fu anche il primo a determinare la vera giacitura del diamante. Dopo quindici anni di ricerche egli l' ha trovata nel 1843, quando, essendogli stato presentato un pezzo erratico di roccia con entro piantati due diamanti, ei volle trovare la roccia in posto: second' esso nelle provincie di Minas-Geraes e di S. Paolo, alla montagna di Grammagoa, il diamante giace nell' arenaria metamorfizzata fra lamine di mica al modo del granato nelle Alpi, o inviluppato dal quarzo massiccio o subgranulare proveniente dalla saldatura de' grani arenacei per effetto del metamorfismo. Lo stesso giacimento fu poi trovato all' Indostan. Claussen ha pure discoperti tre fatti opportuni a mettere in chiaro la storia del diamante: il primo fatto è che i diamanti di quelle località non sono incrostati dell' intonaco argillo-ferruginoso che ricopre i diamanti erratici, e ciò dimostra che i primi non furono trasportati da altro luogo avanti il metamorfismo della roccia in cui si trovano; il secondo fatto è che i diamanti estratti dalla roccia hanno le impronte de' grani di quarzo ai quali aderivano, lo che solo si spiega ammettendo che la cristallizzazione del carbonio sia stata prodotta per effetto del metamorfismo, e in posto, al tempo stesso che i grani di arena si saldavano fra loro, sicchè là dove era il quarzo i cristalli di carbonio non hanno potuto farsi completi; il terzo fatto è che nella provincia di S. Paolo là dove gli strati finiscono di essere diamantiferi cominciano a divenire bituminosi, e nella provincia di santa Caterina contengono il litantrace. Egli è adunque dimostrato che la roccia la quale contiene il diamante nel primitivo suo giacimento è metamorfica, che il metamorfismo della roccia è contemporaneo alla cristallizzazione del diamante, e che dove la roccia non ha subìto tale metamorfismo, o l' ha subìto in minor grado, essa contiene il bitume o il carbone fossile (22).

L' esame geologico di quelle località fatto dal Lomonosoff conferma tali vedute. E le conferma l' esame cristallografico del celebre diamante brasiliano, la Stella del Sud, fatto dal Dufrenoy. Sopra due facce del cristallo osservò il Dufrenoy cavità dovute ad impronte di minori diamanti ottaedrici, e vide penetranti nella sostanza stessa della gemma lamelle nere di ferro titanato, minerale che di frequente s' associa ai cristalli di quarzo de' terreni metamorfici delle Alpi e dello stesso Brasile. Dall' insieme di questi fatti deduceva il Dufrenoy che la Stella del Sud avesse appartenuto in origine ad un gruppo di cristalli di diamante analoghi ai gruppi di quarzo, di spato d' Islanda, di pirite, ecc. Il diamante si troverebbe perciò in geodi nelle rocce metamorfiche, e il suo giacimento sarebbe analogo a quello della formazione geodica del quarzo che si rinviene nel marmo di Carrara (23).

Parrot scoprì negli Urali diamanti screpolati con macchie nere carboniose. Si trovano nel Brasile nella provincia di Bahia fra le sabbie d' una località detta La Sapada pezzi amorfi, compatti, opachi, appannati, neri, in placche irregolari, con cellule allineate al modo che si vede nell' ossidiana, e la polvere de' quali serve a polire il diamante: ebbero il nome di *carbonado*. Castelnau ne trovò taluno del peso di mezzo chilogrammo. Alcuni esemplari esaminati da Rivot gli offrirono densità varia secondo i gradi delle cellulosità, ma in medio eguale a quella del diamante: assoggettati al fuoco coll' apparecchio di Dumas per la combustione del diamante, si riconobbero composti di 96,84 a 99,10 di carbonio e di 2,03 a 0,27 di ceneri; le ceneri erano giallognole, e, per l' esemplare che ne abbondava, conservavano la forma dello stesso; il microscopio le mostrò costituite d' argilla ferruginosa e di cristallini trasparenti, la cui forma non potè venire determinata. Evidentemente questi frammenti erano d' una nuova varietà di carbonio, diamante alla durezza ed al peso, carbone al colore, all' amorfismo, all' opacità, all' aspetto appannato; evidentemente ancora quel tessuto d' argilla ferruginosa delle ceneri, colla stessa forma del saggio, non poteva avere avuta origine differente da quella del ferro e dell' argilla che si trovano nella grafite, nell' antracite, nel litantrace, nella lignite e nella torba (24).

Che il calore possa trasformare il carbone in diamante ne abbiano la prova ne' diamanti che Despretz ha ottenuto assoggettando il carbone all' azione del calorico sviluppato da correnti elettriche: non si ebbe a vero dire che una polvere capace di pulire il diamante, e i granelli della quale avevano la forma dell' ottaedro regolare; ma non si deve badare alla massa de' corpi, bensì alla loro natura (25).

Fu questo finora il solo modo con cui si riproducesse il diamante. Quelli che lo sup-

pongono prodotto da una decomposizione del fluorido carbonico non hanno i fatti in appoggio: la esperienza si dichiarò contraria alla genesi della stessa gemma per decomposizione del clorido e del solfido carbonico (26).

Mediante la fusione il carbone ed il diamante possono essere trasformati in grafite: il carbone ed il diamante amorfo, la grafite, e il diamante cristallino non sono adunque che tre stati isomerici d' una stessa sostanza.

Sono pochi mesi che Wöhler e S. Claire Deville hanno potuto ripetere nel boro e nel silicio, dentro uno stesso crogiuolo, i tre stati isomerici del carbonio producendo silicio e boro adamantini, grafitoidi ed amorfi. L' analogia conduce ad ammettere che la Natura temperando in vario modo i suoi fuochi possa produrre col carbonio ora l' antracite, ora la grafite, ed ora il diamante (27).

Berthelot ha pur mo' dimostrato che i varii stati dello zolfo, del selenio e del fosforo liberi sono in relazione colla varia funzione elettro-chimica da essi compiuta rispetto ad altri corpi; sicchè divengano amorfi quando si separano da' composti ne' quali facevano la parte di elemento combustibile od elettro-positivo, o quando sono in presenza di sostanze colle quali sosterrebbero una tal parte; e assumano forma cristallina nel caso contrario: ricordò poi come il carbone cristallizzato divenga amorfo sotto l' influenza del fuoco elettrico, e come il carbone che si separa dal carburo di ferro sia cristallizzato. Anche questo giova a comprendere come sotto differenti azioni metamorfiche il carbonio abbia potuto produrre l' antracite, piuttostochè la grafite od il diamante (28).

Resine e bitumi giacciono ne' letti di torba e di lignite; nafta e petrolio scolano attraverso le fessure e le porosità delle rocce; dalle aque stagnanti, dalle torbiere e dalle carboniere si svolgono il gaz carburo tetraidrico ed il gaz acido carbonico. Quest' ultimo esce pure dalle bocche de' vulcani, dalle fumarole e dalle caverne all' intorno. Siccome i camini vulcanici attraversano ogni fatta di terreni e possono comunicare con cavità e squarciature aperte in qualunque roccia, anche a grande distanza dall'asse eruttivo, così è probabile che il gaz acido carbonico de' vulcani derivi esso pure dai combustibili fossili. Ned è ammissibile altra supposizione come i fatti seguenti lo provano.

S. Claire Deville studiando le emanazioni vulcaniche dell' Italia meridionale, delle isole del Capo Verde, delle Canarie e delle Antille, è venuto a conchiudere che siffatte emanazioni si effettuano lungo certe linee parallele fra loro e perpendicolari alla direzione delle catene vulcaniche, o irraggiate da un cratere di sollevamento: le trovò diversificate nella temperatura e nella qualità loro secondo la distanza di tempo e di luogo dal punto dell' eruzione. La temperatura è sempre minore quanto maggiori son quelle distanze; le emanazioni sono secche nell' acme o nel centro della eruzione, e consistono di soli cloruri alcalini o metallici; divengono quindi umide e contengono acidi cloridrico e fluoridrico, nonchè un po' d' acido solforico: a poco a poco cresce la copia di questo e del vapor aqueo, comincia a svolgersi l' acido carbonico e scemano gli acidi cloridrico e fluoridrico; più avanti le emanazioni si compongono di vapor aqueo, di vapori di zolfo e di gaz acido carbonico; l' acido carbonico si svolge solo verso il fine e il confine della eruzione. Risulta da ciò manifesto che i soli cloruri metallici derivano direttamente dal focolare vulcanico, non essendovi ragione perchè tutte le altre sostanze non escano in compagnia de' cloruri nell' acme e dal centro della eruzione se esistono in compagnia di quelli. Gli acidi cloridrico e fluoridrico sono evidentemente il prodotto della reazione sui cloruri del vapor aqueo che loro successivamente si mesce. L' acido solforico proviene dalla combustione del gaz acido solfidrico, il quale coll' abbassarsi della temperatura forma aqua e precipita zolfo; ed è a notare che l' acido solfidrico non potrebbe nemmeno esistere nel focolare vulcanico, poichè questo gaz ad alta temperatura si decompone completamente. L' acido carbonico entra nel cammino vulcanico dalle squarciature sotterranee communicanti con questo, subito che glielo permetta la diminuita pressione delle colonne che ascendono direttamente dagli abissi. L'innalzamento della temperatura che si propaga all' intorno aumenta ne' depositi combustibili, esistenti entro quella cerchia, la formazione dell'acido carbonico, e sollecita lo svolgimento del gaz medesimo (29).

Lo sviluppo dal gaz carburo tetraidrico dalle salse è certo in connessione coi fenomeni vulcanici; però nemmeno questo gaz può derivare dalle infocate viscere della Terra, poichè ivi nemmeno potrebbe esistere, bastando il calor rosso a decomporlo completamente.

Il gaz carburo tetraidrico a contatto dell' aria, e date certe condizioni, si va trasformando in acido carbonico; assorbono ossigeno anche tutti gli altri carburi d' idrogeno, e generano aqua ed acido carbonico. Ed ecco quindi nella Natura una serie di sostanze carbonifere, nate dalle metamorfosi de' vegetali, i cui componenti tolti all' aria sotto forma d' aqua e di acido carbonico, ad essa ritornano sotto a questa medesima forma. Siffatta serie noi la chiamiamo *Famiglia Carbonica.*

Devesi a Breislak la invenzione del più ardito apparecchio distillatorio che si conosca, una profonda fossa da lui fatta scavare a Pozzuoli per discendervi a studiare le trasformazioni dell' acido solfidrico. Ei riconobbe come questo gaz a contatto dell' aria, alla ordinaria temperatura, dia origine ad acido solforoso, ad aqua ed a zolfo. Lo zolfo si accumula in cristalli, in masse granulari, compatte, stalattitiche. L' acido solforoso, secondo le osservazioni di S. Claire-Deville, assorbito e condensato dalle rocce porose si unisce prontamente a nuova porzione d' ossigeno, e genera l' acido solforico; questo attacca la sostanza delle rocce, e si combina alle basi.

Si trova lo zolfo ne' terreni eoceni in Sicilia, nella Calabria, ed in altre località: fu supposto da taluno che quello zolfo vi sia penetrato nello stato di fusione; ma il suo giacimento nel mezzo di ligniti con succino insettifero, che non avrebbe potuto essere conservato sotto l' azione del fuoco vulcanico, e le frequenti pseudomorfosi delle conchiglie di planorbi e limnee in zolfo, quali si notano a Teruel nell' Aragona, provano ch' esso non ebbe siffatta origine. Il sig. Paillette ha supposto che lo zolfo di Sicilia fosse il prodotto della decomposizione del gesso, che gli si trova associato, per la reazione delle materie organiche contenute nelle marne, giovata dal calore vulcanico: tale supposizione sarebbe in accordo colle reazioni de' laboratoj, e col fenomeno della formazione di cristalli di zolfo nelle materie animali in putrefazione; ma non è giustificata dalle osservazioni geologiche. Nelle solfatare e ne' lagoni d' Italia per la decomposizione dell' acido solfidrico si producono zolfo e gesso ad un tempo: le due produzioni crescono insieme, lo che non avverrebbe se lo zolfo provenisse dalla distruzione del gesso. Questa interpretazione de' fatti che si compiono sotto i nostri occhi, siccome giustamente osserva il Coquand, s' applica in tutto ai depositi di zolfo di Sicilia. L'Abich vide nel ripiano di Dyadin all' ovest di Bayazid un tufo calcareo trasformarsi in gesso ed impregnarsi di zolfo in vicinanza ad aque termali contenenti acido solfidrico.

L' acido solfidrico, gli acidi solforoso e solforico e lo zolfo formano una famiglia alla quale diamo il nome di *Solfurea.*

Si annoverano fra i prodotti vulcanici i sali ammoniacali (solfato d' ammoniaca, e cloruro d'ammonio). Queste sostanze sono di facilissima decomposizione, e non possono avere avuta origine molto remota dai luoghi in cui si trovano; la loro base può essere prodotta da certi fenomeni di Chimica inorganica, quale la ossidazione de' metalli, e per esempio del ferro, sempre accompagnata da formazione di ammoniaca; ma probabilmente ha origine organica. Così è noto che il sale ammoniaco non si genera nel Vesuvio dove da esso sbocca la lava, nè sulla medesima lava che fluisce sulle aride pendici del gran cono, o nell' atrio del Cavallo, ma sulla lava ove questa più in basso incontra il suolo coperto di vegetali. Del cloruro d' ammonio e del solfato d' ammoniaca formiamo la *famiglia Ammonica.* Tre altre famiglie - *Clorica, Fluorica,* ed *Azotica* - saranno rappresentate dagli acidi cloridrico e fluoridrico, e dal gaz nitrogeno delle acque termali e delle Salse (30).

A tutte queste famiglie posta in cima l' aqua *(Famiglia Aquea)* se ne compone una classe che appelliamo Esogena, ovvero delle sostanze fluide che esistono o si formano nell' atmosfera, e dei prodotti delle reciproche loro combinazioni e decomposizioni.

II.

Le solfatare e i vulcani sono veri microcosmi ne' quali la Natura ripete gran parte delle proprie produzioni. Al Vesuvio si enumera un sesto delle specie minerali; taluna non si trova che là (come la periclasia). Occupiamoci pel momento delle sole sostanze metalliche.

Si trovano nel Vesuvio il ferro ossidulato, il ferro ossidulato titanifero, il ferro oligisto la prima volta osservato da Spallanzani nel 1788, il cloruro di ferro e il ferro solforato. Gay-Lussac ha ottenuto l'oligisto facendo reagire il vapor d'aqua sul cloruro di ferro, e tale appare l'origine dell'oligisto vulcanico. Scacchi e Palmieri riconobbero che il ferro oligisto s'era già formato in una lava, mentre questa continuava ancora ad emettere in copia vapori di cloruro di ferro. Le cavità delle lave che sono tappezzate di ferro ossidulato non mancano mai di ferro oligisto. Bunsen ha rilevato che il cloruro di ferro produce ad alta temperatura il ferro ossidulato magnetico, e quando la temperatura si abbassa il ferro oligisto (31).

La galena e la cotunnia (cloruro di piombo) sonovi ancora in quel vulcano: Pelletier nel 1792 ha enunciata la derivazione della prima da reazione dell'acido solfidrico sulla seconda. V'ha un cloruro di rame associato a bisolfuro ed a solfato di rame: Covelli ha dimostrato che dal cloruro si formano il bisolfuro ed il solfato. Così dal cloruro di manganese nascono ivi il perossido ed il solfato, e dagli altri cloruri altri solfati. Davy trovò il cloruro di cobalto in una cavità della lava uscita del Vesuvio nel decembre del 1820. Bergmann avea trovato l'arsenico solforato rosso e giallo. Dolomieu fa menzione di antimonio e di mercurio raccolti nelle emanazioni vulcaniche. Nell'eruzione vesuviana del 1850 ai cloruri metallici si frammischiarono i fluoruri. Vedendo ne' vulcani questo numero considerevole di specie metalliche, e le reazioni che le producono, non si può a meno di chiedere se i depositi metalliferi siano d'origine vulcanica.

Le osservazioni di Werner sul classico suolo di Freyberg lo condussero a stabilire che i filoni sono fenditure fatte a diverse epoche nella corteccia del globo e poscia riempiute da ganghe e da minerali; che i filoni d'una stessa epoca formano una serie parallela per lo più caratterizzata da ganghe e da minerali speciali, e i filoni di epoche diverse si diversificano nella direzione, nelle ganghe e ne' minerali.

L'esame de' varii distretti metalliferi del globo ha giustificato le vedute di Werner. Considerati i filoni come fessure, se ne poterono dedurre tutte le condizioni del loro andamento, le forme ondulate, le ramificazioni e i più minuti accidenti. E quasi questo fosse poco, il caso ha recato il suo appoggio ad una sì bella teoria. Avvenuta per manco di sostegni una estesa rovina nel filone di Halzbruck, il più potente del distretto di Freyberg, avvallarono le rocce della superficie, e si formò un sistema di squarciature che ripete ne' più minuti particolari le forme e gli andamenti de' filoni. La struttura e la posizione de' terreni incassanti influiscono sulle condizioni de' filoni; sicchè in un dato campo di frattura i filoni si trovano di preferenza nella roccia più fragile, e s'arrestano intorno alla più salda e compatta; e ne' terreni stratificati penetrano più addentro lungo i piani di stratificazione che non perpendicolarmente ai medesimi (32).

Qual è la causa che ha prodotto queste fenditure? I filoni sono subordinati nella più parte de' casi alle rocce eruttive. Frequenti sono i filoni posti nelle zone di contatto fra le rocce eruttive e le sedimentarie; la loro direzione è spesso perpendicolare a quella delle linee eruttive; talvolta s'irraggiano in fascio da un centro comune occupato da una dica plutonica.

Al Chilì, in quella zona lunga oltre 100 leghe che dalla costa corre al ripiano vulcanico delle Ande, si veggono tutte le ricchezze metalliche distribuite lungo le linee degli

affioramenti geologici. Nota il Pissis, come tratto più caratteristico della stratigrafia della parte meridionale delle Ande, l' esistenza d' un grande spostamento che comincia presso il 30.° di latitudine sud, e continua senza interruziono fin presso Chucuito, dove le Ande del Perù si dividono per formare da una parte l' Illimani e dall' altra la Cordilliera marittima. Ora è lungo questa linea che s' incontrano tutti i filoni argentiferi che dalla provincia di Santiago si succedono fino al nord di quella di Copiapo. Le osservazioni del Domeyko sulle Cordilliere provano che tutti i filoni vi sono distribuiti lungo il piano di contatto de' porfidi colle rocce stratificate (33).

I numerosi esempii di sterilità superficiale di filoni, congiunti a quelli de' depositi non aventi alcuno affioramento, la frequente penetrazione delle particelle metalliche per entro alle rocce sedimentarie all' intorno e fino ad una certa distanza dai filoni, l' assoluta mancanza di esempii di filoni chiusi dalla parte inferiore, fanno considerare il materiale metallico come provenuto ne' filoni dal basso in alto. Tutto pure dimostra che il riempimento si è operato con somma lentezza per una sublimazione, o per deposito d' aque termali, e non in modo subitaneo per una irruenza di masse fuse.

Si contano, specialmente in Sassonia, frequenti filoni dapprima riempiuti de' rottami delle pareti e successivamente riaperti. In tutti i filoni la disposizione delle materie in zone simmetriche parallele alle due pareti è un carattere generale solo turbato dagli scoscendimenti. Le zone presentano una regolarità di grossezza ed una simmetria notevoli ne' filoni poco potenti, mentre ne' più potenti appena se ne serbano indizii. In molti casi frequenti levigazioni insegnano che la disposizione listata fu prodotta da successivi spostamenti delle pareti.

Nel filone d' Aumale in Algeria il ferro spatico, la barite solfata, il rame grigio veggonsi in frammenti cristallini spesso separati da superficie rigate. Il rame grigio non si trova che nel ferro spatico, là dove questo è diviso da zone di barite solfata. Il ferro spatico è assai spugnoso, la baritina assai compatta: ciò spiega quella specie di affinità del rame grigio pel ferro spatico. Le convulsioni del suolo produssero una squarciatura trasversale nel filone, ed uno spostamento laterale, sicchè le due parti d' una stessa zona non si corrispondono più nelle due porzioni del filone. Ma una lista di rame grigio corre non interrotta da un capo all' altro del filone, e con ciò dimostra d' esservi giunta dopo lo spostamento. I cristalli di baritina sommamente fragili sonovi spesso incrostati dal rame grigio, che si è modellato su di essi: ciò dimostra che il rame grigio venuto dopo la baritina fu trasportato da azioni così lente che non ne rimasero spezzati cristalli fragilissimi (34).

In Toscana il metallo ne'filoni è sempre distribuito nelle salbande argillose o steatitose, prodotte dall'alterazione del serpentino, giammai nelle parti intatte. Lo che prova che in tutti que' punti una lenta alterazione della roccia ha preparata la via alle sublimazioni metalliche (35).

Nelle Ande tutta la linea di spostamento, lungo la quale giacciono i filoni, presenta chiari segni dell'alterazione subìta dalle rocce per l'apparizione de'metalli. Il porfido, che aprì il passaggio alle emanazioni, è trasformato in quarzo cariato per la distruzione del feldispato, gli elementi del quale si ritrovano nelle numerose vene di solfato d' allumina e di ferro che attraversano queste rocce; le arenarie furono scolorate, ed in parecchi punti il calcare fu cangiato in gesso. Tale fu l'alterazione secondo il Pissis che quando da una delle più alte cime si guarda l' insieme delle masse componenti le Ande, le si veggono tutte percorse da nord a sud, fin dove giunge l' occhio, da una lista rossiccia, la cui tinta più chiara risalta sopra il fondo oscuro delle roccie non alterate (36).

In Ispagna, nella Sierra de Los Santos, il minerale metallico consiste in ossidi di ferro carichi di malachite fibrosa e mammellonata che proviene evidentemente dalla decomposizione di una calcopirite della quale si trovano le tracce: il minerale è ravvolto da uno spato calcareo, e questo dalla parte orientale è impastato con un travertino, lento deposito d'aque termali. I due calcari sono contemporanei; perchè ora è lo spato che include il travertino, ora il travertino che include lo spato. Il cangiamento della pirite in malachite, il suo ravvolgimento nello spato, e la lenta formazione di questo contemporanea alla lenta formazione del travertino concorrono a determinare che il riempimento del filone siasi effettuato con estrema lentezza (37).

Reuss ha dimostrato che i filoni di Przibram furono riempiuti in ventiquattro periodi (38).

Nè furono il prodotto di eruzione quegli ammassi ferruginosi chiamati metamorfici perchè s' introdussero modificandole fra le commessure delle rocce stratificate. Il ferro oligisto di Rio è penetrato fra gli schisti quarzosi o calcarei già raddrizzati dall'eruzione del serpentino: tutti gli strati vi sono cristallini, e trovansi in mille modi accartocciati e impregnati della materia metallica. Le ganghe variano colle rocce di contatto; quarzo cristallino negli schisti quarzosi, attinoto e jeníte negli strati calcarei: lo che prova che le stesse rocce incassanti fornirono in parte il materiale per le ganghe medesime. L'azione del calorico e della pressione vi fu così energica in taluni punti che il terreno preesistente sparve disfatto dal minerale. Tutti s' accordano in ammettere che quel deposito è il prodotto di lente sublimazioni. Burat riconosce nell' ammasso di Stahlberg l' esistenza di linee parallele al tetto ed al muro; in una parola, una disposizione listata che indica una formazione assai lenta, e rappresenta l' ammasso come una moltitudine di filoncelli concordanti e interrotti (39).

Tipo de' depositi che si trovano nel piano di contatto fra le rocce eruttive e le sedimentarie, sono le miniere di Framont ne' Vogesi. Una massa porfidica ha sollevato gli strati all' intorno, i minerali di ferro salirono fra il porfido e le rocce sedimentarie, e spintisi fra gli strati raddrizzati verticalmente s' avanzarono ad enormi altezze su per que' singolari camini, penetrarono tutte le rocce e le impregnarono trasformando le calcaree in dolomie, le quarzose in diaspri, si concrezionarono ne' vani, e vi formarono geodi cristalline che riproducono le vaghe disposizioni, le tinte svariate, i vivi splendori degli oligisti del Vesuvio e de' vulcani d'Alvernia (40).

Chi non avrebbe creduto, trent' anni sono, che l' ossido di stagno sparso nella massa d' un granito, non vi fosse contemporaneo del granito? S' era preso argomento da tale giacitura per considerare i depositi di stagno siccome prodotti nelle epoche più remote della Natura: eppure un più attento esame ha fatto conoscere al Daubrée che l' ossido di stagno si trova distribuito lungo certe linee che attraversano tutta la massa del granito, e non si arrestano nel granito, ma si continuano negli schisti addossati ad esso, e sono vere fessure di ristringimento; che in tutti i luoghi in cui v' ha lo stagno, il granito ha perduto il feldispato e contiene un eccesso di mica, che in molti punti le nicchie già occupate da cristalli di feldispato, e che perciò ne conservano le impronte, sono occupate da cristalli d' ossido di stagno, o dalla tormalina fedele compagno di quel minerale metallico. Finalmente, non solo l' entrata dello stagno nel granito è posteriore alla consolidazione di questo, ma vi si è fatta a più riprese, perchè si trovano cristalli d' ossido di stagno e di tormalina spezzati, e i loro frammenti saldati da nuovi cristalli d' ossido di stagno e di tormalina; sicchè gli ammassi stanniferi non possono essere considerati se non come un' accumulazione di piccolissimi, ma veri filoni (41).

Una enorme massa ferruginea sta incuneata fra gli strati schistosi e i calcarei al Capo Calamita nell' Isola d' Elba. Il calcare al disopra del minerale metallico è trasformato in dolomia bianca saccaroide o compatta, la quale s' incurva in una volta di cento metri di freccia. Si notano fessure riempiute di ferro ossidulato cristallino e infiltrazioni cupree che la colorano in verde. Spesso al contatto della massa ferruginosa colle rocce calcaree si mostrano impasti anfibolici e jenetici evidentemente prodotti da reazioni. La parte centrale dell' ammasso è composta di ferro ossidulato compatto e saldissimo. Di frequente zone ondulate e parallele anfiboliche, jenitiche, silicee, attraversano la massa, e sono indizio degli strati calcarei e schistosi che il minerale ha penetrati e scomposti: queste zone sono prova solenne che il masso non ha potuto essere prodotto dall'azione istantanea d' un liquido erompente. Poichè gli strati che in quelle zone si tramutarono o sarebbero stati tutti insieme respinti dal torrente metallico e cacciati in su l' uno a ridosso dell' altro; o sfranati, sarebbero stati travolti alla rinfusa dalla massa liquida, nè mai avrebbero potuto distribuirsi a giuste distanze in mezzo ad essa in zone parallele alle ondulazioni dei banchi sollevati. Il ferro ossidulato è accompagnato tutto intorno, siccome fu provato dal Savj, da emanazioni di ferro oligisto che penetrarono nell'interno delle rocce modificate: nemmeno qui dunque il ferro oligisto non abbandona il ferro ossidulato, alle sublimazioni del quale si associa sempre ne' vulcani. Le parti esterne del deposito con-

tengono l' ematite bruna, e, come fu detto dal Savj, l' ematite vi è prodotta dalla alterazione del ferro ossidulato. Ma nell'interno dei depositi si rinvengono racchiusi tutti intorno nel ferro ossidulato colle piriti di rame nuclei di ematite: anche ivi adunque l' ematite si è prodotta dal ferro ossidulato, e perciò il ferro ossidulato, che la riveste e la serra all' intorno, non ha potuto venire che quando i nuclei di ematite si erano formati (42).

Si addussero in prova solenne dell' origine eruttiva de' metalli esempj di rame, d' argento e d' oro nativi inclusi ne' trappi; ma osservazioni più attente depongono il contrario. Ecco infatti come si esprime il Rivot sui celebri trappi metalliferi del Lago superiore negli Stati Uniti d' America. I minerali di rame, il rame e l' argento nativi stanno in filoni bene caratterizzati o disseminati in banchi porosi di trappo in vicinanza immediata de' filoni. Alla punta di Keweenam nell'Isola Reale, e sulla costa settentrionale, i filoni sono sensibilmente normali alla direzione degli strati e attraversano i banchi di trappo, i conglomerati e le arenarie. In queste ultime due rocce la ganga è quasi interamente composta di calcare spatico bianco misto a un po' di quarzo e di solfato di barite; i filoni sono quasi sterili. Nel trappo la ganga è composta di calcare spatico, di quarzo, di feldispato, di clorite e d'una materia rossa argillacea prodotta dalla decomposizione del trappo. Il rame è allo stato nativo in piccoli grani disseminati nella ganga, in piccole masse di forme irregolari, ed in enormi macigni del peso di venti, trenta, quaranta e perfino cinquanta tonnellate. Una di queste moli era larga due metri, lunga da sette a nove, ed alta trenta. Il rame abbonda, e le sue masse sono più potenti nelle parti di filoni che corrispondono a banchi amigdaloidi; esso forma colonne irregolari inclinate verso il nord, come il trappo. I filoni sono quasi sterili nella roccia compatta, e nel trappo a tessitura cristallina. L' argento nativo si trova principalmente verso la superficie, e in vicinanza agli strati di conglomerati e d' arenarie in una ganga calcarea. Esso è talvolta purissimo, ma il più sovente è in intima mescolanza col rame, al quale aderisce fortemente senza essergli combinato. Nelle montagne di trappo porfiroide i filoni contengono il rame solforato nero, il rame piritoso e il rame grigio. Nella contrada di Ontonagon i filoni sono diretti parallelamente ai banchi di trappo, e presentano presso la superficie parecchie vene abbastanza regolari. La disposizione de' filoni in tutta la contrada induce il Rivot a considerarli siccome fessure riempiute per via umida e sotto l' influenza della elettricità (43).

Rubidge ha verificato che l' oro di Smithfield in Africa nella sovranità di Orange-River giace dentro vene di quarzo serpeggianti nel trappo, od in altro quarzo associato al trappo, od in una massa calcarea inclusa nel trappo. Stephen dichiara che nell' Australia l' oro è incluso nel quarzo, oppure include questo, ma che giammai esso è incluso immediatamente nel granito (44).

Posta come accertata l' origine de' metalli da sublimazioni simili a quelle delle fumarole vulcaniche, e da dissoluzioni in aque termali, è poi provato che tali sublimazioni si componessero di cloruri o fluoruri metallici?

Il Daubrée nel suo classico lavoro sugli ammassi stanniferi veniva alle seguenti considerazioni riassuntive:

1. In tutti gli ammassi i filoncelli sono essenzialmente composti di quarzo: l' esistenza del quarzo si lega talmente alla presenza dell' ossido di stagno che quando le rocce incassanti sono stannifere divengono più quarzose;

2. Il wolfram (tungstato di ferro e di mangañese) è un compagno sì fedele dello stagno che da secoli i minatori fanno ricerche dello stagno sopra indizj di Wolfram;

3. I più costanti satelliti dell' ossido di stagno sono i composti fluoriferi.

Le miche degli ammassi stanniferi si distinguono dalle comuni per la copia del fluoro; il topazio e la picnite che contengono ancora più fluoro delle miche sono frequentissimi nei plessi stanniferi; non vi è rara l' apatite o fluofosfato di calce, nè raro il fluoruro di calcio.

Questa costante associazione de' minerali fluoriferi allo stagno si ripete dalla Francia alla Svezia, dove allo spato fluore ed al topazio si uniscono i fluoruri di cerio e d' ittrio; dalla frontiera chinese della Siberia, dove lo stagno s' accompagna ai topazii ed allo smeraldo, all' Isola d' Elba, nel cui modernissimo granito coll' ossido di stagno si associano la tormalina, la lepidolite e lo smeraldo; infine, l' ossido di stagno della Groenlandia proviene dalla stessa località della Criolite o fluoruro d' aluminio.

In non meno della metà degli ammassi stanniferi s' aggiunge la tormalina che contiene l' acido borico, e talvolta l' ascinite, altro minerale con boro.

Da tutto ciò appare che il fluoro abbia avuta una parte importante nella formazione degli ammassi stanniferi. Il fluoruro di stagno essendo una combinazione stabile a tutte le temperature e volatilissima si può credere che questo metallo sia arrivato dagli abissi allo stato di fluoruro. Il boro avendo una grande affinità pel fluoro, e formando con esso una combinazione indecomponibile al fuoco e volatilissima, se ne conchiude che a quel modo siasi pure effettuato il suo trasporto. Dà peso alla supposizione il fatto che la tormalina non si trova giammai lontana dalle combinazioni fluorifere. La frequenza dell'apatite nei fluosilicati e borosilicati, e l' associazione del fluoro e del fosforo nello stesso minerale portano ad ammettere che anche il fosforo è passato per lo stato di fluoruro. Le reazioni del vapor d' aqua su questi fluoruri, e de' successivi prodotti sulle rocce preesistenti renderebbero conto della natura mineralogica degli ammassi essenzialmente quarzosi e del passaggio graduato dei filoni alla roccia incassante. La scomparsa del feldispato, e l' abbondanza della mica dov' è l' ossido di stagno, la sostituzione dell' ossido di stagno e della tormalina ai cristalli feldispatici, e l' origine di certe masse caoliniche in connessione coi depositi stanniferi e contenenti aghetti tormalinici nel posto de' cristallini feldispatici, conducono a determinare che i fluosilicati e i borosilicati aluminosi si formarono a spese del feldispato per l' azione degli acidi fluoridrico e borico (45).

Sì bella teoria geologica era confermata dalla sintesi chimica. La reazione del vapor d' aqua ad alta temperatura sopra il cloruro di stagno produceva cristalli d' ossido di stagno simili affatto ai naturali, e sopra il cloruro di titanio produceva il rutilio, uno de' compagni della cassiterite. La creta comune chiusa in un tubo di porcellana al calor rosso e attraversata dal cloruro di fosforo in vapori, in seguito ad una reazione accompagnata da incandescenza vivissima, dava cloruro di calcio e clorofosfato di calce con tutti i caratteri dell' apatite naturale. La silice al fuoco rosso sotto i vapori del cloruro di fosforo si decompone rapidamente e fornisce il cloruro di silicio. L' analogia determina che il fluoruro di fosforo avrebbe fornito il fluoruro di silicio. L' alumina pura, con o senz' aqua, sottoposta ad una corrente di fluoruro silicico, ripeteva il topazio; un aluminato di soda nelle stesse condizioni forniva la mica, la magnesia anidra, la condrodite. Il cloruro di tungsteno attraversando la calce dava cloruro di calcio e tungstato di calce (46).

Durocher generalizzando le conseguenze di questi fatti spiegava la formazione dei depositi metalliferi colla reazione fra due specie di emanazioni, le une da lui dette *motrici* contenenti i metalli per lo più allo stato di cloruri, le altre *fissatrici* contenenti un principio destinato a fissare i metalli, ordinariamente lo zolfo.

Le ricerche sperimentali da lui intraprese furono coronate di pieno successo; facendo arrivare dentro a tubi di vetro a temperature variabili da 110° fino al calor rosso-cupo correnti di gaz e di vapori metallici, ottenne saggi bellissimi di specie contenute ne'filoni; qualche volta la stessa specie potè essere riprodotta sotto parecchie forme secondarie; in alcuni casi i nuovi cristalli si formarono per la reazione di gaz sopra sostanze liquide, e perfino sopra solide. Alcune di queste specie non s' erano mai prodotte per via umida che allo stato amorfo. I cristalll aderivano ai vetri ed ai frammenti di quarzo postivi a disegno, al modo con cui i minerali aderiscono alle ganghe ed alle rocce incassanti de' filoni. Fra questi prodotti erano: la blenda in tetraedri modificati pellucidi d' un grigio chiaro volgente al giallognolo; la pirite magnetica, la galena in cubi, il solfuro di rame in tavole esagonali, il solfuro d' argento, quel di bismuto e quello di antimonio, l' ultimo in cristalli lunghi $^1/_2$ centimetro e larghi $^1/_2$ millimetro non discernibili dalla stibina naturale. Correnti miste motrici diedero solfuri multipli con antimonio e con arsenico, come il rame grigio antimonifero tetraedrico, gli argenti rossi solfo-antimoniale e solfo-arsenicale. Variando la natura delle emanazioni fissatrici si poterono produrre metalli nativi come l' antimonio in prismi esagonali, l' arsenico, il piombo, l' argento, ecc., e gli stessi corpi in combinazioni binarie come il cobalto arsenicale in esaedri, e finalmente alcuni ossidi, come la magnete in ottaedri regolari e l' oligisto già fabbricato da Gaylussac, e di cui Hochstetten osservò poi la produzione artificiale in simile modo nella fabbrica di soda di Hruschau (47).

Durocher emise quindi l' opinione che il vapor d' aqua e le aque termali ad una temperatura elevata possano riprendere le sublimazioni metalliche, reagire su di esse, e deporle in concrezioni ne' filoni. Esperienze imitanti questo processo della Natura gli servirono a riprodurre il solfato di barite, il ferro spatico in prismi esagonali e molte altre sostanze che si rinvengono ne' filoni (48).

Sénarmont aveva attribuito all' azione delle sostanze contenute nelle aque termali (Ac. carbonico, sali alcalini, solfuri, ecc.) ad una molto alta temperatura ed a grande pressione la formazione d' un grande numero di specie metalliche: era questo un processo per via umida e ad un tempo plutonico. Imaginò quindi un metodo di esperienze sintetiche conformi a queste vedute, e ne ottenne metalli nativi, come l' argento ed il rame misti nelle condizioni in cui si trovano in America presso il Lago Superiore; ossidi, come l' ematite rossa, il rame ossidulato in ottaedri rossi splendenti e diafani, il quarzo jalino prismato colle strie e collo sviluppo ineguale delle facce sì comuni nei cristalli della Natura; carbonati di ferro, di manganese, di zinco, di rame, di magnesia, solfati come quello di barite della forma primitiva, solfuri, ossisolfuri, come quello di antimonio, arseniosolfuri come il mispickel identico al naturale, l' argento rosso arsenicale, e antimoniale (49).

Kuhlmann ha dimostrato che rallentando le reazioni chimiche fra due liquidi col fare che s' incontrino attraverso un mezzo poroso se ne ottengono più facilmente prodotti cristallini: formò egli di tal modo l' argento corneo in dendriti (50).

Becquerel nel 1836 riproduceva la malachite a mezzo di debolissime correnti elettriche, e nel corso del 1856 allo stesso modo riproduceva il carbonato ed il solfato di piombo sulla galena in cristalli simili ai naturali, un arseniato ed un solfato di calce non diversi da quelli che si trovano ne' filoni, un fosfato di rame ed un fosfato di calce in cristalli analoghi ai naturali sopra il calcare, e perfino faceva subire al rame piritoso quella decomposizione superficiale per la quale si riveste dei colori dell' iride, divenendo il rame piritoso variegato. Ei dimostrò allora non esservi insolubilità assoluta dei corpi, e potersi avere dopo un prolungato contatto fra due sostanze dissoluzioni e decomposizioni doppie che danno origine a composti cristallini. Beaumont osservava che queste ed analoghe sostanze si trovano specialmente ne' filoni; che le fessure nelle quali si trovano i filoni attraversano strati di natura differente, e a differentissime temperature, lo che tutto deve stabilire fonti di elettricità. Ei ne traeva la conclusione che i filoni abbiano servito e servano tuttora di conduttori elettrici. Lo che fu dimostrato cogli esperimenti la prima volta da Fox nel 1830 ne' filoni di Cornovaglia. Se si congiungono mediante due piastrelle e filo conduttore due masse metallifere poste a nudo dal minatore e fra le quali è interposta per un centinaio di metri una qualche roccia, il galvanometro indica una corrente elettrica più o meno forte; e Reich ha dimostrato che riunendo con fili conduttori due parti d' una roccia che sia a contatto di due depositi metalliferi e chiuda il circuito, se ne ottengono correnti derivate (51).

Becquereel ha fatto conoscere in questi giorni che lente azioni chimiche danno effetti cospicui se si esercitino sotto la doppia influenza del calore e della pressione: produsse egli di tal modo il protossido di rame in ottaedri; il solfuro di rame in prismi a sei fronti articolati, coll' aspetto de' prismi naturali; i solfuri d' argento e di piombo in lamelle colla lucentezza metallica, il rame carbonato verde ed azzurro in piccoli mammelloni; i bromuri, e ioduri metallici insolubili e cristallizzati, l' arragonite, ecc. (52).

Ma a vedere più chiaramente quanto i processi della Chimica corrispondano a quelli della Natura giova studiare altri fatti geologici che possono dar lume sulla genesi delle specie metalliche.

È un fatto costante ed assoluto che le specie aventi uno stesso radicale metallico si trovano associate le une alle altre, e nella quasi totalità si ripetono negli stessi depositi: ciò assegna loro un' origine comune.

Si può anche ammettere come tesi soggetta a pochissime eccezioni che i cloruri, gli ossidi, i carbonati, i solfati, ecc. e perfino i metalli nativi costituiscono la parte minore ed esterna dei depositi, e che gli arseniuri, gli antimoniuri, i solfo-arseniuri, i solfo-antimoniuri, i solfuri, costituiscono la maggiore ed interna. Ciò tende a far supporre

che da queste specie siano derivate quelle. Occupiamoci prima della regola, e quindi delle eccezioni.

Non v' ha parte di sotterra, nella quale sia giunta l' osservazione, che non presenti chiari e frequenti segni degli agenti atmosferici. L' aqua stilla dalle fessure e dalle porosità delle rocce e de' minerali; una pioggia spesso acida ci bagna; sovente è d' uopo aprire canali a ruscelli e a grosse colonne d' aqua. Fournet vi addita in filoni di tutto il mondo l' azione meccanica de' torrenti sotterranei. Qui stanno in un filone pezzi di ganghe e di minerali che appartengono a filoni lontani, le ganghe, le rocce incassanti, i minerali si travono frammisti e impastati in breccie; spesso i frammenti sono angolosi, ma non di rado ancora sono rotondati; lo che attesta che il trasporto si è effettuato da lontano e per lungo tempo. Stalattiti calcaree, concrezioni quarzose, argille provenienti dalla decomposizione delle rocce vicine attestano altresì le azioni chimiche esercitate dall' aqua a quelle profondità. Là dove è penetrata l' aqua poterono pur penetrare l' ossigeno e l'acido carbonico. Questi agenti atmosferici sono dunque di continuo e dappertutto in presenza de' materiali metallici custoditi ne' sotterranei recessi, e debbono produrvi continue alterazioni.

Le alterazioni de' filoni, secondo la bella imagine di Romé ripetuta da Fournet, sono comparabili a quella delle vecchie monete e delle statue di bronzo che vengono corrose dall' acido carbonico, inazzurrite e inverdite, e si fanno irte di ottaedrini bianchi d'ossido di stagno, di cubetti rossi di ossido di rame, e di aghetti malachitici, giusta le belle osservazioni del Becquerel.

Tanto nelle collezioni quanto nelle miniere il solfuro di ferro si muta in protosolfato: questo sale è solubile e soggetto a perossidarsi. La perossidazione ha per risultamento la formazione d' un solfato acido o neutro di protossido e di un sottosolfato di perossido: il primo solubilissimo è portato via, l' altro insolubile resta e forma concrezioni. Questi prodotti costituiscono una serie di minerali ferruginosi idrati, quali la pittizite, la sideretina, ecc., nelle quali si mescono la silice, varii ossidi, gli acidi fosforico, arsenicico, solforico, cloridrico. Queste materie offrono tutti i possibili gradi di aggregazione, dallo stato polverulento alla compattezza vitrea o resinosa (53).

Alcuni sali di ferro hanno origine da reazioni di sostanze organiche; così il ferro fosfato vivianite in cristalli fu trovato da Nicklès in un cubito umano tratto dal cimitero di Eumont (54).

L' azione ordinaria delle sostanze organiche è di ridurre a solfuri ed a regoli le combinazioni metalliche ossigenate, a protossidi i perossidi. Kindler aveva già osservato che le piante in putrefazione scolorano i terreni ferruginosi: ciò dipende da una dissoluzione degli ossidi di ferro nell' aqua per opera de' prodotti della decomposizione vegetale. Se il suolo è fortemente permeabile tale dissoluzione può dare origine a numerose sorgenti ferruginose. Dovunque l' aqua coll' ossido disciolto scorre lenta a contatto dell' aria, si va deponendo una belletta glutinosa bruno-nerognola, formata di protossido e perossido di ferro, d'acidi carbonico e crenico, e d' aqua; l' acido carbonico si sviluppa di mano in mano che il protossido di ferro passa a perossido; una picciola porzione di ferro resta così allo stato di carbonato, poco si unisce all' acido fosforico che incontra nelle aque stagnanti e forma un fosfato, altra poca si unisce ad acidi organici, p. e., ossalico, e forma un ossalato; la maggior parte si combina all' aqua nello stato di perossido. La ricchezza del deposito minerale può giungere al 60 p. % in contenuto ferruginoso. Taluno di que' bacini vuotati del minerale, dopo dieci, venti, trent' anni ne sono riempiuti di bel nuovo. La massima grossezza dello strato ferruginoso può essere di un metro, secondo il Daubrée. Abbondano tali depositi nella Francia settentrionale, nella Germania, nella Scandinavia, nel Connecticut, nel Cordofan, ecc. L' Ehrenberg ha riconosciuto che varii di questi depositi son quasi per intero formati dai carpaci d' un infusorio, la *Gaillonella ferruginea* che popola le aque palustri. Certo che tali depositi formati in antico, e quindi assoggettati alle azioni metamorfiche, debbono aver prodotto minerali ferriferi d' apparente origine ignea (55).

L' Arduino fu già d' avviso che i minerali ossigenati di zinco prendessero origine dalla scomposizione della blenda, e ciò gli testificavano saggi raccolti in più luoghi del Veneto ch' erano per metà bleuda e per metà calamina. In seguito Zippe, Sille, Breit-

haupt, Haidinger, Bischoff, Volger e specialmente Reuss, illustrarono la storia epigenica dei minerali di zinco. Ed ecco le principali conclusioni dell'ultimo. Nella Silesia presso Tarnowitz il carbonato ed il silicato di zinco presero il posto di intere masse dolomitiche e calcaree; a Merklin si potè accertare che le sostanze di più filoni provennero tutte da una serie di decomposizioni e ricomposizioni della blenda; nel Monte Harka (principale risalto di quella contrada) nella miniera della Johan-Baptist-Zeche si vede la blenda immediatamente inclusa in un granito decomposto, o injettata in venuzze entro un petroselce zonato che attraversa il granito o insinuata nelle vicine masse calcaree. La blenda contiene buona proporzione di solfuro di ferro e piccola quantità di solfuri di cadmio e di manganese; la blenda stessa in molti punti è tutta screpolata e resa friabile; molti cristalli sono inalterati allo interno, al di fuori cariati e rivestiti d'un intonaco ocraceo. Spesso le screpolature della blenda sono riempiute di calamina cristallizzata o terrosa; l'alterazione procede per gradi fino alla completa trasformazione della blenda in calamina. La calamina è talvolta granulare, tal altra disposta in lamelle reticolate. Il perossido idrato di ferro colora le lamelle e ne riempie gl'interstizii. Talvolta negli interstizii medesimi si trovano ancora piccioli nuclei di blenda inalterata o friabile. Quasi dappertutto il calcare è scomposto all'intorno della blenda, sicchè restarono nel suo posto vani che furono successivamente riempiuti di incrostazioni di differente natura. Tutta la massa prese l'aspetto brecciato ed è tinta fortemente in bruno dall'ocra. Le incrostazioni consistono in parte di ferro idrossidato bruno, di minute concrezioni botrioidi di pirolusite, e talvolta di sottilissima pellicola di cadmina con pirite, in parte di carbonato, silicato, ed idrosilicato di zinco. Tutte queste sostanze si sovrappongono in straterelli concentrici sopra la blenda. L'idrosilicato di zinco e la calamina contengono picciola porzione di carbonato di calce. Evidenti sono in molti punti le epigenie del silicato di zinco sullo spato calcareo. Dove la blenda ha i suoi cristalli luccicanti ed intatti, mancano tutte le altre sostanze, ed anche questo fa prova che a tali specie diede origine l'alterazione della blenda. In più punti della massa si è riconosciuto la presenza dell'acido cloridrico.

L'agente della decomposizione fu evidentemente l'aqua coll'ossigeno, cogli acidi carbonico e silicico, e con picciola porzione di un cloruro alcalino, come quello di sodio, che non manca mai in alcuna vena d'aqua. La blenda fu cangiata in solfato di zinco; l'acido carbonico disciolse lo spato calcareo, e dall'incontro del bicarbonato di calce col solfato di zinco si produssero carbonato di zinco e gesso; il gesso fu portato via dall'aqua; il carbonato di zinco si depose in pseudomorfi ne' vani del calcare, traendo seco picciola quantità di carbonato calcare, perchè, come ha provato Bischoff, il carbonato di zinco e quello di calce sono solubili quasi nello stesso grado.

L'acido silicico ha potuto reagire sul carbonato di zinco e trasformarlo in silicato, il quale s'infiltrò poi ne' vani lasciati dalla blenda decomposta e dal calcare disciolto.

Il solfuro di ferro diede origine al ferro idrossidato bruno. Il solfuro di cadmio è derivato da quello contenuto nella blenda; esso divenne solfato, e per reazione di sostanze organiche divenne solfuro. Il solfuro di manganese si cangiò per l'azione dell'acido carbonico in carbonato, che più tardi passò a manganite, e finalmente a pirolusite (56).

Il giacimento de'minerali di zinco a Mendip-hill's in Inghilterra, alla Vieille-Montagne nel Belgio, ad Auronzo nel Bellunese, ecc. è identico a quello de' minerali di zinco nella Silesia.

La genesi della pirolusite dal solfuro di manganese dimostrata dal Reuss in Silesia deve ritenersi avvenuta anche in que' depositi manganesiferi dove lo studio tuttora incompleto de' particolari non ha permesso di determinare la presenza del solfuro di manganese.

La pirolusite, spesso in concrezioni e vere stalattiti, è costantemente associata alla psilomelana, minerale formato d'un miscuglio della prima sostanza con un manganito di barite. Egualmente la psilomelana è sempre carica d'un eccesso di perossido di manganese. Questi due minerali esistono negli stessi giacimenti in filoncelli di selce diasproide mista ad allofana rossa, in pisoliti agglutinate, in pezzi rotondi sparsi nelle argille, che si prenderebbero per ciottoli, ma che rotti si riconoscono formati di straterelli concentrici depositati al modo de' minerali geodici, e non di rado contengono nel loro centro un nucleo d'argilla. Contemporaneo de' minerali manganici è il solfato di barite; e infatti il manganito di barite è parte integrante dei depositi manganesiferi. Appare manifesto che

la decomposizione di un solfuro di bario associato al solfuro di manganese abbia dato origine così al manganito, come al solfato di barite. Fatto sta che la barite solfata nelle parti più basse dei depositi magnesiferi ha preso la forma delle conchiglie, lo che non ha potuto avvenire senza ch' essa fosse depositata lentissimamente dall' aqua.

Dimostrano la origine per dissoluzione del perossido di manganese la presenza in esso ora della potassa, ora di un silicato d' alumina idrato, e frequentemente del cloro e dell'acido carbonico, secondo le osservazioni di Ebelmen, Berthier e Vogel (57).

Frequenti sono le pseudomorfosi della pirolusite e della psilomelana sopra la calce carbonata, e bei saggi ne inviò Lippmann al Museo dell' Istituto Geologico di Vienna dall' Erzgebirge.

Il manganese carbonato giace in compagnia del solforato e dell' arsenicale. Certi ossidi di manganese derivano dalla decomposizione del silicato, e questa è un' epigenia d' altri ossidi a contatto de' terreni metamorfici contenenti anfibola, epidoto, granato manganesifero, ecc.

La galena è il minerale precipuo di piombo. Il piombo nativo di Alstoon-Moore nel Cumberland è disseminato nel quarzo in mescolanza alla galena. Il piombo ossidato giallo del Messico, ed il minio sono in sottili rivestimenti sulla galena. Il piombo solfato è senza contestazione il prodotto della decomposizione della galena. Haidinger ha indicato minerali che rappresentano tutti i passaggi della galena all' anglesite: gli stessi minerali ed altro di Siberia osservato dall' Hausmann presentano la prova d' una singolare decomposizione della galena; le cavità cubiche lasciate dalla galena decomposta sono riempiute di zolfo.

Dalla posizione occupata ne' filoni dai carbonati di piombo bianco e nero, risulta, come osserva il Fournet, ch' essi sono il prodotto dell' alterazione della galena. Infatti non si trovano che nelle parti decomposte, screpolate, drusiche e permeabili dall' aqua. I carbonati neri, e soprattutto i loro residui insolubili nell' acido acetico sono molto argentiferi, mentre le porzioni solubili dei carbonati neri non contengono traccia d' argento, e in genere non ne contengono i carbonati bianchi. Lo che dimostra che nella decomposizione il solfuro di argento ha resistito alle azioni che trasformarono la galena in carbonato. Talvolta in luogo del solfuro d' argento è un' altra porzione di galena che colora la cerusa. Qualche carbonato bianco, come quello di Cheronies analizzato da Berthier, contiene argento, benchè tutto solubile nell' acido acetico, lo che dimostra che anche il solfuro d' argento si è in questo caso trasformato in carbonato.

Il piombo fosfato presenta circostanze di giacimento analoghe in tutto a quelle della cerusa, e quindi deriva esso pure dalla decomposizione della galena. Il piombo gomma non è che un fosfato di piombo con idrato aluminico in proporzioni variabili, siccome ha provato il Damour. Il cloruro di piombo esiste nel piombo gomma, e nel maggior numero dei fosfati. L' arseniato di piombo contiene sempre in mescolanza il fosfato di piombo. Tutte queste sostanze non sono adunque che prodotti epigenici della galena. Il piombo antimonito giace sulla galena e sui solfuri di piombo antimoniferi. Hannosi insigni documenti delle azioni riduttive delle sostanze organiche sopra i minerali di piombo. Ossa di minatori che la morte ha sorpreso in posto furono trasformate in galena, siccome videro Walerius e Valmont de Bomare. Ad una tale specie di epigenia si debbono forse quelle varietà di piombo solforato che, percosse, mandano odore di bitume; le galene che nel Limosino giacciono dentro a depositi di piante bituminizzate, e gli arnioni di galena del terreno carbonifero di Zwickau, un de' quali fu veduto da Perl con impressione di foglia di neuropteris. Haidinger aveva opinato che alcune volte la galena fosse il prodotto dell' azione dell' acido solfidrico sul carbonato di piombo, ed Hausmann produsse appunto il solfuro di piombo colla lucentezza della galena facendo agire l' acido solfidrico sul carbonato di piombo e sull' ossicloruro dello stesso metallo (58).

Nelle miniere di rame i solfuri, gli arseniuri ed antimoniuri occupano le parti inferiori; gli ossidi e i sali le superficiali. Così, secondo Raby, ne' depositi cupriferi di S. Bel e di Chessy in Francia, la calcopirite compone la maggiore e più profonda massa de' filoni, e giace dentro una roccia afanitica inalterata; il deutossido, il protossido, il metallo nativo, i carbonati sono disseminati in arenarie ed argille provenienti dal detrito della roccia incassante. Il solfuro di rame e di ferro è accompagnato da

blenda e da galena, nel carbonato di rame si trovano il perossido di ferro, lo zinco carbonato, e la cerusa (59).

Secondo Domeyko non diversa è la disposizione dei solfuri, degli ossidi, degli ossisolfuri di rame del Chilì. Uno stesso filone si compone di ossidi nel suo affioramento, e di solfuri in basso. Gli ossisolfuri occupano la medesima posizione degli ossidi, e stanno chiusi fra liste di quarzo o di idrosilicati di alumina. Domeyko ha scoperto che la più parte del rame nativo nel Chilì, e parecchie varietà costituite da miscugli dello stesso metallo col suo protossido, derivano dall' ossisolfuro, i cui elementi ossido e solfuro reagirono fra loro, e reciprocamente si ridussero. Agli ossisolfuri si associano in tutte le proporzioni ne' medesimi giacimenti ossicloruri, idrosilicati, carbonati, solfuro carbonati, solfocloruri, e da ciò è chiarita la comune origine di tutte queste sostanze. Come il carbonato di ferro, anche quello di rame perde tutto il suo acido carbonico tostochè può assorbire nuovo ossigeno siccome vide l' Hausmann. Come tutti gli altri solfati, arseniati, solfati anche quelli di rame derivano dalla deposizione dei solfuri (60).

Trovansi a Chessy pezzi di legno incrostati di rame nativo proveniente dalla riduzione del vitriolo azzurro; essi fanno prova della virtù disossidatrice delle sostanze organiche sopra i minerali epigenici di rame.

Gli stessi fenomeni si ripetono all' Altai nei minerali di argento, di piombo e di rame, siccome vide il Rose (61). Le parti superiori dei depositi sono terre ocracee, argentifere, aurifere miste di carbonato di piombo e di rame, e in basso queste sostanze sono costituite da solfuri.

L' argento carbonato di Altenwolfach è il solo minerale ossigenato d' argento: esso esiste in compagnia dell' argento solforato, dell' argento nativo, del solfato di piombo e del rame grigio. Abbiamo già veduto come derivi dal solfuro d'argento. Sono ancora prodotti dalla decomposizione dei minerali arseniferi l' acido arsenioso, dell' antimonio solforato l' antimonio ossisolforato, e l' antimonio ossidato, dei minerali arseniferi di niccolo l'arseniato e l'arsenito di niccolo, del cobalto arsenicale il cobalto arseniato, del cobalto solforato il solfato, del bismuto nativo e del solforato il bismuto ossidato e il carbonato.

Non si è trovato per anco alcun minerale d' uranio solforato od arsenicale: se ne può presumere la esistenza tenendo conto delle circostanze di giacimento e delle associazioni delle specie note di uranio. L' uranio solfato e il sotto-solfato si accompagnano a solfato di rame e manifestano di provenire da una medesima serie di alterazioni; l' uranio ossidulato accompagna il cobalto arsenicale, l' argento solforato e l' arsenico; e l' uranio ossidato idratato è un' epigenia dell' ossidulato. L' uranio fosfato è misto ad altri fosfati di rame, di calce, a solfato di barite, a silicato di zinco, ad ossido di ferro.

Lo zolfo adunque, l' arsenico e l' antimonio sono in generale, i principî mineralizzatori della grande massa interiore ed inalterata de' depositi metalliferi. Talvolta il selenio tal altra il tellurio prendono il posto dello zolfo. L' arsenico e l' antimonio si sostituiscono l' uno all' altro in tutte le proporzioni, sicchè gli antimoniuri e i solfoantimoniuri contengono arsenico, gli arseniuri e i solfoarseniuri contengono antimonio, o gli uni passano agli altri; e nell' antimonio nativo si trova sempre qualche centesimo di arsenico, qualche volta fino al 45 p. % di tutta la massa. Si può perciò prendere l' una delle due sostanze come rappresentante dell' altra, o di tutte e due, e stabilire ch' esse hanno avuto origine comune ed officio eguale.

Egualmente o l' arsenico o l' antimonio, o tutti e due si trovano sempre o ne' sulfuri, o nei metalli nativi, o negli ossidi, o nei sali d' uno stesso metallo, o nelle specie de' metalli associati, o in vicinanza ai depositi di essi. Così l' argento nativo è sempre più arsenifero quanto più si discende nel filone, come se l' arsenico fosse stato in parte eliminato per volatilizzazione; più basso all' argento nativo arsenifero succedono l' arseniuro e il solfoarseniuro, l' antimoniuro e il solfoantimoniuro, ai quali fa passaggio il solfuro, come se ivi pure la maggiore volatilità d' un solfido arsenicale e antimoniale avesse permesso la formazione d' un solfuro d' argento a parte. Le quali osservazioni geognostiche sono specialmente del Domeyko sulle miniere argentifere del Chilì. In vicinanza ai depositi argentiferi si trova l' arsenico nativo, il quale a meglio provare d' ond' è venuto, porta non di rado nel suo interno un nucleo d' argento rosso antimoniale, o di argento

nativo. Il Reuss ha messo in evidenza a Przibram l'origine dell'argento nativo, della bournonite, dell'argento rosso, e dell'arsenico nativo da una galena argentifera (62).

V'hanno del niccolo: un solfuro giacente in vicinanza a minerali arseniferi, il niccolo arsenicale, il niccolo antimoniale, il niccolo antimonio-solforato, il niccolo arsenio-solforato.

La specie più abbondante bismutifera è il bismuto nativo, che quasi sempre contiene arsenico, e talvolta ne contiene il 40 p. % di tutta la massa: il bismuto nativo accompagna il cobalto arsenicale e l'argento nativo arsenifero: il bismuto solforato è ne' medesimi giacimenti.

Le specie principali di cobalto sono l'arsenicale ed il grigio (o solfoarseniuro); il cobalto giace con esse.

Gli stessi filoni che contengono i tellururi di oro, d'argento e di piombo contengono l'arsenico solforato.

Quelli sono pure i giacimenti del manganese arsenicale, del solforato e del carbonato.

Il piombo solforato contiene frequentemente tracce d'antimonio, e spesso d'arsenico, talora in tale quantità che si assoggetta ad un processo per la estrazione dell'arsenico. Tolte le combinazioni ossigenate che sono derivate da alterazioni, e il cloruro che è accidentale, restano tra le specie piombifere la geocronite, la boulangerite, la dufrenoysite, la iamesonite, la bournonite tutte contenenti l'arsenico e l'antimonio, o tutti e due.

Di ferro si ha la specie arsenicale, e solfo arsenicale, ma l'arsenico si trova come principio accidentale in tutti i depositi di ferro.

Il rame piritoso è spesso accompagnato dal ferro arsenicale: si ha poi il rame grigio arsenifero e l'antimonifero, nonchè il rame arsenicale.

La blenda esiste sempre in compagnia degli altri solfuri, di arseniuri, antimoniuri, ecc.

La cassiterite è frequentemente associata al ferro arsenicale.

L'arsenico e l'antimonio o tutti e due si trovano inoltre ne' crateri vulcanici, dove arrivano le altre emanazioni metalliche, nel basalto e nel porfido come nel calcare e nella marna, in vicinanza ai depositi metalliferi, in tutti i combustibili fossili che sempre contengono particelle d'altri metalli, nelle aque minerali, talvolta in così forte proporzione da prenderne il nome di arsenicali, e nelle aque di mare, come fu già dimostrato dal Daubrée. Di modo che si può determinare la universalità di questi due metalli in tutti i depositi metalliferi e stabilire che l'arsenico e l'antimonio, o isolati o riuniti, ebbero una parte principale nella produzione di tutte le specie metalliche (63).

Ricercando ne' dati della Chimica il modo di spiegare l'officio dell'antimonio e dell'arsenico, vediamo non aversi ancora esperienze per un grande numero delle loro combinazioni; ma se ci fosse permesso di avventurare qualche cosa, potremmo rammentare che vi hanno clorídi e fluorídi d'antimonio e d'arsenico, e che fra gli altri i fluorídi antimonioso ed antimonico possono fare de' sali aloidi doppî coi fluoruri degli altri metalli. Potrebbe adunque essere che le specie metalliche primitive fossero state di tali composti.

Finora non fu discorso de' minerali di mercurio. Le frequenti pseudomorfosi del cinabro in conchiglie, la sua mescolanza col bitume, la sua inclusione nella barite solfata rendono accertata la genesi di quella specie per dissoluzione. Si sa che il percloruro di mercurio sotto l'azione de' vapori d'acido solfidrico produce il cinabro. E quindi anche i depositi di mercurio solforato si possono immaginare prodotti al modo degli altri depositi metalliferi. La esistenza nella Natura di due combinazioni dell'argento col mercurio, e le tracce di mercurio rinvenute nell'argento nativo del Lago superiore in America da Hautefeuille e nel rame grigio di Kotterbach in Ungheria da Rath e da Scheidthauer, fanno supporre che il mercurio possa compiere nella natura per gli altri metalli officio analogo a quello dell'arsenico e dell'antimonio (64).

Alla regola da noi posta relativamente alla derivazione di tutte le specie che sono nei filoni da solfuri, solfoarseniuri, arseniuri, antimoniuri, solfoantimoniuri ecc. fanno eccezione alcuni ossidi, ed alcuni metalli nativi. Sono fra gli ossidi il ferro ossidulato magnetico, ed il ferro oligisto, ma noi abbiamo già dimostrato il loro modo di origine da un cloruro e probabilmente anche da un floururo di ferro. Quanto ai metalli nativi, il giac-

cimento dell' oro sempre in ganghe quarzose dentro filoni, la sua frequente associazione con minerali di ferro, di rame, d'argento, il suo costante contenuto in argento od in ferro, come ha riconosciuto il Rose, ci fanno prova d'un origine per via umida e da un cloruro o fluoruro in modo non diverso di quello degli altri metalli. Si associano al platino nativo costantemente l' ossido di ferro, spesso la pirite, e non di rado il rame grigio arsenifero, e da ciò si deve indurre che quella specie nasce al modo di queste. Ciò si ripeta per l' iridio, pel rutenio, pel palladio e pel rodio che sempre accompagnano il platino. Sembra solo che per questo gruppo di metalli l' osmio, metalloide similissimo in tutto all' arsenico, rappresenti l' arsenico stesso, o l' antimonio, o il mercurio. Esso infatti è costantemente combinato all' iridio (65).

Ai metalli ricordati finora se ne debbono aggiungere alcuni altri. Le specie dello zirconio, del torio, dell' ittrio, del cerio si trovano sempre associate, e sembrano essersi prodotte al modo degli altri metalli, nelle epoche di sublimazione del fluoruro o cloruro di stagno. In queste specie e non altrove si discoprirono il didimio, il lantanio, il niobio ed il pelopio.

Le specie del bario giacciono sempre insieme, e sono minerali di filone. Reuss ha distinto ne' filoni di Przibram due formazioni di barite solfata, l' una antica, l' altra recente. Il minuto esame de' particolari gli ha fatto conoscere che la baritina antica fu in molti luoghi disciolta e che il materiale di essa, trasportato altrove, ha poi dato origine alla baritina di recente formazione. I cristalli di baritina antica sono incrostati ora da quarzo ed ora da brunispato che si modellarono esattamente su di essa. In varii punti la baritina è ridotta a volume assai minore di quello delle cavità che la racchiudono e ne ripetono le forme; in altri punti essa è scomparsa affatto. Alcuni cristalli in parte distrutti di baritina sono attraversati da lame peritose inalterate, le cui teste toccano i limiti raggiunti prima dalla baritina. Lo che dimostra che le azioni chimiche per le quali andò disfatta la baritina non si esercitarono sulla pirite. Da ciò il Reuss fu indotto ad attribuire la distruzione della baritina alle sostanze organiche sciolte nell' aqua. Queste l' avrebbero mutata in solfuro di bario, il quale sarebbe poi stato convertito in carbonato di barite dall' acido carbonico e dall' aqua. Nell' aqua doveva essere disciolto del solfato di calce, poichè si trovano in varii punti cristallini aciculari di quella sostanza; perciò l' incontro del carbonato di barite col solfato di calce deve aver dato luogo alla formazione della baritina novella e del calcare spatico. E difatti queste due sostanze si associano con grande costanza e loro non di rado si accompagna la calcite, o carbonato di calce gessifero. Abbiamo già esposto come la coesistenza della baritina antica coi solfuri di ferro e di manganese, cogli ossidi e coi carbonati derivati da que' solfuri renda probabile la supposizione che anche la baritina antica sia derivata da un solfuro di bario. Questo alla sua volta sarà derivato da un cloruro di bario, che si rinviene sciolto in alcune aque minerali. La baritina in tutti i distretti manganesiferi ha assunto la forma delle conchiglie proprie de' terreni che ha attraversati; e ciò fa prova del suo lento trasporto in soluzione nell' aqua. Questo può essere stato facilitato dagli acidi; infatti Rose ha già fatto vedere che il solfato di barite non ha, siccome s' era creduto, una insolubilità completa, e in tutte le circostanze negli acidi allungati. Il trasporto potè anche essere operato da correnti elettriche, e tale è l' opinione generalmente abbracciata dai geologi (66).

Le specie dello strontio si associano fra loro e formano rispetto a quelle di bario una serie parallela. Montecchio Maggiore e Monte Viale nel Vicentino offrono esempii di pseudomorfosi di conchiglie e di polipaj in celestina. La celestina deve adunque avere avuta origine analoga a quella della baritina. La stessa specie si è rinvenuta in taluna solfatara, e, com' è ben noto, giace in Sicilia in compagnia dello zolfo. Sembra che abbia avuto origine da un cloruro di strontio che si rinviene in alcune aque minerali; il cloruro di strontio sarebbe passato a solfato di strontiana per l' azione dell' acido solforico e dell' aqua.

A queste specie s' aggiungono in modo dubitativo i cloruri di sodio e di potassio, che tanto abbondano nelle emanazioni vulcaniche e nelle aque, e possono provenire direttamente dal centro della terra, ma potrebbero anche prodursi per reazioni dell' acido cloridico sui silicati alcaliferi, come si vedrà più sotto. S' aggiunge per ultimo l' acido

borico, che si sublima ne' lagoni e in qualche cratere, e già vedemmo prodotto per la reazione del vapore d'aqua sopra un fluoruro o cloruro borico.

Ecco una classe numerosa di minerali, la cui storia può essere espressa nel seguente modo: per effetto del calor centrale emanarono dagli abissi vapori di cloruri o fluoruri; questi per le reazioni dell'aqua, del gaz acido solfidrico, dei gaz seleniuro e tellururo d'idrogeno si fissarono nelle fenditure della corteccia allo stato di ossidi, di regoli, di arseniuri, d'osmiuri, di solfo-arseniuri, di solfo-antimoniuri, di solfuri, di tellururi, di seleniuri, d'amalgame, di regoli; tali specie si conservarono inalterate, o si trasmutarono in altri ossidi, in acidi, in sali per una nuova serie di reazioni degli agenti atmosferici e della elettricità. Siffatta classe per antitesi a quella che la precede fu da noi denominata Endogena.

In questa classe, tutte le specie, nella composizione delle quali entra uno stesso metallo come elemento elettro-positivo, furono da noi riunite in una stessa famiglia, per ciò che tutte provennero da un ceppo comune. In ciascheduna famiglia, tutte le specie costituite degli stessi elementi furono riunite in una stessa tribù, perciò che furono il prodotto degli stessi fattori.

Oltre all'associazione di tutte le specie contenenti un dato metallo, vi hanno associazioni geologiche fra le specie di metalli differenti. Così il ferro giace sempre in compagnia del manganese, il cobalto del bismuto il cadmio dello zinco, lo zirconio dell'ittrio, del cerio, ecc. A queste associazioni aventi dignità di ordine diamo il nome di Alleanze, già adoperato da Lindley per la riunione di più famiglie vegetali.

III.

Torniamo ora alla considerazione de' fenomeni vulcanici, e discendiamo in uno di que' crateri attivi che si eleva di poco sul livello del mare, p. e. a Stromboli.

« La lava, dice Spallanzani, viene innalzata quando più e quando meno rapidamente dentro al cratere, e giunta alla distanza di 8 a 16 metri dal superior lembo, fa sentire di presente uno scoppio non dissomigliante ad un brevissimo colpo di tuono e in quel momento una porzione di lava in mille brani divisa, con indicibile prestezza è in alto lanciata con profluvio di fumo, di faville, d'arena. Qualche istante prima dello scoppio la superficie della lava si gonfia in capaci bolle, taluna delle quali ha il diametro d'un metro, le bolle poco a presso si gonfiano, e nell'atto della rottura generasi la detonazione e la grandinata. Seguìta l'esplosione, la lava dentro al cratere s'abbassa, ma da indi a poco siccome prima rialzasi, nascono novelli tumori, novelle rotture, e quindi nuove esplosioni. »

Enorme è la massa de' fluidi aeriformi ch'escono dal cratere d'un vulcano durante l'eruzione, e come osserva De Buch, si compone per la massima parte di vapori aquei (67). In mezzo al denso nembo frequenti guizzano le folgori; ai sotterranei muggiti, al risonare de' massi e delle bombe che nell'aria si ripercotono, ai tonfi delle pietre che ripiombano sul bollente vetro, al fracasso delle sciare cacciate avanti e rovesciate già per le spalle del monte s'accompagnano in alto gli spessi scoppii del tuono. Scrosci temporaleschi ne succedono e l'aque miste alle ceneri ed alle sabbie che incontrano in fangose fiamme si gettano sulla pianura minacciata ad un tempo da torrenti di fuoco. La lava segue il suo cammino dal monte nella valle e per la campagna la notte con una striscia di fuoco, il giorno con una nube. Le lave solidandosi continuano ad emettere vapori in copia. Spallanzani undici mesi dopo l'eruzione Vesuviana del 1788 trovò le lave arroventate e fumanti; Breislack sette anni dopo vide le lave in alcuni punti rivestite di licheni, in altri punti, rotte e scandagliate ad un metro di profondità, le trovò fuse, e le vide emettere un denso fumo; Humboldt quarantacinque anni dopo un eruzione del Xorullo non potè mettere piede sul suolo delle lave perchè tuttora infuocate, e

venuto in quella stessa contrada venti anni dopo il Bullock, trovò la lava che fumava ancora. Talvolta la lava che apparisce ormai tutta solida e fredda si rinfoca e diviene sede a nuove fumarole, con tale temperatura che può rammollire il vetro, come ha testè provato il Palmieri (68).

Da tutto ciò si rileva che l'aqua entra in forte proporzione nel liquido impasto di cui si compongono le lave.

Assoggettati all'analisi i prodotti vulcanici, si riconoscono tutti costituiti di silice, d'alumina, d'alcali, di magnesia, di calce. Hutton ha dimostrato, che tutti que' prodotti si rifondono a più o meno alte temperature; Berthier, che i miscugli di essi sono più fusibili che non le singole sostanze isolate; Gaudin ed Ebelmen, che la silice resta tenacemente combinata all'aqua e in istato vischioso. Le lave sono adunque un misto con mestruo aquoso-siliceo rimasto lungamente in istato di fusione.

I suaccennati principii tanto nelle rocce vulcaniche che si formano oggidì, quanto nelle rocce ignee che si formarono prima che l'uomo fosse, hanno costituito due serie di specie mineralogiche, l'una di silicati aluminoso-alcalini, come l'ortosia, l'albite, la riacolite, l'anfigena; l'altra di silicati di magnesia e di calce, come la labradorite, il pirosseno, l'ipersteno, l'anfibola.

Tra le rocce antiche formate dalle specie mineralogiche della prima serie si comprende il gruppo trachitico, fra quella formate dalle specie della seconda serie stanno i basalti. Il gruppo trachitico e i basalti formano parte anche de' terreni ignei moderni o lavici. Sono riferibili al gruppo trachitico le lave de' vulcani d'Irlanda, di Stromboli dell'isola Pomice. Nella regione Etnea la montagna della Motta, santa Anastasia, monte Finocchio, e la cima del vulcano sono formati da prismi basaltici, come annunciarono Ferrara e Gioeni; l'isola de' Ciclopi è un ammasso di tali prismi, come lo dichiarava il Dolomieu; di basalte colonnare sono le pareti del cratere di Vulcano, come riconobbe le Spallanzani; e De Buch ha provato che la natura di siffatte rocce è identica a quella dei basalti antichi (69).

Alle trachiti ed ai basalti si collegano per una moltitudine di transizioni mineralogiche e geologiche tutte le altre rocce piriche del mondo primitivo. Se ne deve conchiudere che tutte nacquero al modo delle rocce laviche, e quindi da un misto di fusione con mestruo aquoso-siliceo. Similmente lo studio de' varii membri de' terreni antichi può suggerire leggi applicabili ai moderni, ed insegnare ciò che si compie nelle fucine sotterranee, delle quali non arrivano a noi che gli ultimi prodotti.

Fra le rocce composte nella totalità o per buona parte di silicati aluminoso-calcarei, o calcareo-magnesiaci vanno collocati, oltre al basalte, il labradofiro, l'oligofiro, l'anfibolite, la sienite, la pirossenite, l'iperite, la jenite, il gabbro, la diallagite, il serpentino.

Quanto alle anfiboliti ed alle jeniti Paolo Savj non ha dubitato di considerarle ne' suoi studi geologici sulla Toscana e sull'Isola d'Elba siccome una dipendenza del serpentino. Ha osservato ch'esse sono prodotti secondarii delle eruzioni serpentinose, e che si trovano soltanto dove i serpentini attraversano rocce argillose e calcaree. Tutte le osservazioni fatte di poi in ogni altra contrada, nelle Alpi, negli Urali, al Brasile, conducono ad ammettere lo stesso principio; sicchè le rocce anfiboliche surriferite non possono essere considerate se non come amalgame, nelle quali elementi di eruzione si congiunsero ad elementi delle rocce preesistenti, e se ne produssero in posto nuove masse liquide che incalzate di sotto e premute dai fianchi furono poi iniettate nelle squarciature delle rocce sovrapposte, e così vi assunsero l'andamento delle rocce di trabocco (70).

Il labradofiro, sotto il nome del quale debbonsi pure comprendere l'ofite, il trappo, la diorite, il melafiro, merita anch'esso di essere considerato come una formazione metamorfica di simile natura. Paolo Savj fu condotto a stabilire che i melafiri dell'Apennino sono una dipendenza del terreno ofiolitico. Fournet, provandosi di refutare la teoria oggidì incontestabile di De Buch sull'origine della dolomia, ha enunciato che la maggior parte de' melafiri del Tirolo, dell'Alta Lombardia e dell'Alto Veneto sia metamorfica. Le circostanze indicate dal Fournet a sostegno di questa supposizione si spiegano ammettendo pei melafiri delle Alpi la dottrina del Savj sulle anfiboliti e sui melafiri dell'Apennino (71).

La Scozia e le regioni del Lago Superiore nell' America Settentrionale son le contrade che porgono più cospicui e più frequenti esempii di alternanza di banchi trappici con rocce sedimentarie. E fu lo studio geologico di quelle contrade che ha indotto a considerare la più parte di tali rocce siccome prodotti metamorfici (72).

Innumerevoli sono le transizioni del melafiro a dolerite, tanto che i geologi, i quali si occupano di studî locali, confondono melafiri e doleriti in una sola e medesima formazione. D' altra parte le doleriti si presentano come nulla più che un accidente mineralogico in mezzo ai terreni basaltici, essendo la grana più o meno grossa, più o meno fine che fa dare ad una roccia costituita de' medesimi elementi il nome di dolerite, o di basalte. Pezzi di diorite trovarono inclusi nel basalte Daubuisson in Sassonia, Cordier sul Cantal. Le dioriti passano frequentemente a sieniti (73).

Diday e Coquand chiamarono albitofiro una roccia non discernibile dal labradofiro per alcun carattere orittologico, ma solo per una differenza di composizione, contenendo albite in luogo di labradorite; tuttavia Coquand fa osservare che la storia dell' albitofiro si confonde interamente con quella del labradofiro, e perciò dichiara di non ammettere tale nuova specie di roccia che in via provvisoria. È degno di nota che spesso l' albitofiro faccia effervescenza cogli acidi, lo che prova che esso pure deve la sua origine ad un impasto igneo-nettunico. L' oligofiro si trova nelle stesse condizioni dell' albitofiro; di frequente la sua pasta e i suoi cristalli fanno effervescenza cogli acidi. Tutte queste rocce attraversano strati calcarei.

Lo studio de' terreni toscani fa egualmente conoscere che il gabbro è un prodotto metamorfico che si è formato al contatto de' serpentini colle rocce sedimentarie. L' iperite è una roccia poco estesa, la storia della quale si confonde colla storia del gabbro. Le pirosseniti hanno ai Pirenei la stessa parte delle anfiboliti colle quali si associano. Lo stesso si ripeta per la Toscana e per l' Algeria, siccome vide il Coquand (74).

Da tutto questo si viene a conoscere avervi due gruppi di rocce ignee; uno di quelle rocce, come il granito e la trachite, i materiali delle quali emanano tutti ed immediatamente dal centro, l' altro di quelle rocce, come le anfiboliti, i melafiri ecc., che si composero in parte de' materiali di eruzione e in parte de' materiali di sedimento. Noi diamo pel momento il nome di tifoniche alle rocce del primo gruppo, e il nome di metamorfiche alle rocce del secondo gruppo.

La consolidazione delle masse tifoniche s' è operata nel seguente modo. Avvenne prima una separazione del misto in due parti: l' una era anidra, e poteva rimaner liquida pel solo effetto d'una non molto elevata temperatura; essa cristallizzò per raffreddamento: l' altra conteneva aqua, senza la quale non avrebbe potuto rimaner liquida se nonchè ad altissime temperature; essa cristallizzò per evaporazione. Derivarono dalla prima parte del misto i silicati aluminoso-alcalini; sono infatti fusibili a fuoco non molto forte. Tra i minerali che derivarono dalla seconda parte del misto havvi il quarzo. La silice infatti non è fusibile per sè che alle più elevate temperature; invece sciolta una volta nell'aqua per la reazione di sali alcalini, ancorchè questi si separino, rimane liquida per lunghissimo tempo, e prima di solidarsi passa allo stato vischioso; nel solidarsi assume le forme geometriche del quarzo della Natura. Per tali cagioni la cristallizzazione del feldispato de' graniti ha potuto precedere di molto quella del quarzo: ciò spiega come di frequente si trovino ne' graniti i cristalli di quarzo improntati dagli angoli e dagli spigoli dei cristalli feldispatici, o deformati in causa dello spazio rimasto pel loro svolgimento, mentre ben rari sono gli esempî di feldispati colle impronte de' quarzi.

Le specie minerali della parte anidra del misto tifonico costituiscono una classe da noi denominata Ipogena. Noi la definiremo: una collezione di specie minerali che si formarono per raffreddamento della parte anidra d' un liquido a mestruo aquoso-siliceo proveniente dalle profondità della Terra.

IV.

Di presente giova che si ricerchi in qual modo siasi effettuata la eliminazione dell' aqua nella solidificazione delle rocce ignee.

All' esterno delle ossidiane, che si producono oggidì, si presentano grandi masse scoriacee che debbono l' origine loro allo sviluppo de' vapori e de' gaz. Le pomici stesse non sono che ossidiane cellulose, come l' ha dimostrato il Knox che trasformò pomici in ossidiane mediante fusione e rapido raffreddamento.

Dalle minime porosità fino alle caverne tutte le cavità de' terreni vulcanici ebbero la stessa origine, come l' ha messo in piena evidenza il Breislack. In molti punti i vani della roccia sono riempiuti di nuclei calcarei aragonitici, silicei, zeolitici ed hannosi allora vere amigdaloidi. In altri punti l' ossidiana assai compatta prende un aspetto grasso o perlaceo e si trasforma in una perlite, od ossidiana idrata, oppure in fonolite, miscuglio di feldispato e di una zeolite analoga al mesotipo, secondo le analisi di Gmelin.

Le rocce basaltine moderne si trasformano esse pure allo esterno in masse scoriacee, cavernose, amigdaloidi. Hannosi basalti zeolitiferi all'Etna; la zeolite a detta del Breislack è disseminata per modo nella pasta di talune lave di questa natura da divenirne parte integrante. Talvolta la lava è così ricca d' analcimi che i geologi siciliani le diedero il nome di analcimite. Vere amigdaloidi si rinvengono nel Vesuvio. Maclure ha trovato la stilbite nelle lave di Torre del Greco, Thomson la sarcolite, o l' analcimo trapezoidale carnicino, nelle lave erratiche del Monte Somma, e in quelle di Capo di Bove presso Roma; Breislack, il mesotipo nelle lave di M. Somma. Una lava dello stesso monte aveva secondo Thompson cavità tappezzate di cristallizzazioni calcaree ed altre piene d' aqua.

Ciò che si è detto per le formazioni vulcaniche attuali si ripeta per le formazioni piriche antiche. La amigdaloidi occupano la periferia delle rocce basaltine antiche; le pomici, le amigdaloidi, le fonoliti, le perliti occupano la periferia delle rocce trachitiche, e questo si ripete ai colli Euganei come in Ungheria, al Pico di Teneriffa come sulle Ande. La retinite è una roccia idrata che ha nel terreno del porfido quarzifero la parte che la perlite ha nel terreno trachitico. Questo porfido è pure qualchevolta vacuolare nelle sue parti esteriori ed altra volta passa ad una amigdaloide come si vede nel dipartimento del Varo ad Esterel. La stessa cosa si ripete pei porfidi magnesiaci, com' è provato da una moltitudine di esempi, specialmente nel Tirolo e nel Vicentino.

Mentre le parti periferiche di tutte queste masse sono scoriacee, retinitiche, perlitiche, amigdaloidi, nelle parti centrali sonovi appena indizii della presenza dell' aqua. Di rado il quarzo vi contiene ne' suoi cristalli qualche goccia di vera aqua, e un po' meno infrequentemente esso vi ha una lucentezza grassa, ch' è sempre carattere di minerali e di rocce idrate.

Dietro di che conviene ammettere che nella solidificazione del misto di fusione, d' onde trassero origine le rocce ignee, l'aqua sia stata eliminata quasi totalmente dalle parti centrali, ed una porzione di essa sia rimasta nelle parti periferiche, in causa della più bassa temperatura e della maggiore abbondanza del liquido stesso.

I filoni di quarzo grasso, di calcedonia, di casciolongo; gli arnioni resinitici, idrofanici, opalini; i silicati idrati, che si trovano alla periferia di tutti i terreni ignei, fanno conoscere che in combinazione coll' aqua si è spremuta dalla massa centrale buona porzione di silice allo stato gelatinoso, talvolta combinata alle basi, tal altra libera.

Cerchiamo ora di spiegare come abbia potuto prodursi tutto questo insieme di fenomeni.

Nell' atto della parziale consolidazione che produce il feldispato la massa tifonica si restringe, le parti sollevate ricadono sopra di essa; la materia sovrabbondante d' a-

qua, e per questo più scorrevole, ne viene spremuta al di fuori; s' inietta nelle fessure delle rocce preesistenti e forma piccole diche e venuzze di quarzo, per lo più grasso, che attraversano in tutte le direzioni gli strati de'micaschisti e delle arenarie, e passano fino agli strati calcarei, penetrano fra le loro commessure, e vi danno origine agli arnioni ed ai letti di piromaco disseminati qualche volta nel trias, meno di rado nel jura, e quasi sempre nella creta dal Senoniano al Neocomiano. Non di rado le diche di quarzo provenienti dalle masse granitiche assunsero l' andamento eruttivo, rigettarono o penetrarono altre diche. Così il granito tormalinifero di S. Pietro in Campo nell' Isola d' Elba, che ha sollevato e squarciato il serpentino, emetteva filoncelli di quarzo casciolongo che penetravano per ogni verso la massa del serpentino. È questo il classico esempio porto dal Savj, quando primo dimostrava la modernità del granito dell' Elba (75).

La silice gelatinosa non è sempre prodotta nel modo da noi enunciato; essa proviene ancora dalla decomposizione de' silicati per azione d' acidi più potenti, fra i quali va collocato l' acido carbonico quando la temperatura è bassa. La silice che nell' un modo o nell' altro rimane disciolta nell' aqua allo stato gelatinoso, all' atto di consolidarsi a poco a poco si dispone in forma ellissoide, e si coagula dalla superficie al centro in istraterelli concentrici con cristallizzazione confusa. Così hanno luogo le concrezioni agatacee, cornaline, calcedoniose, sardoniose, ecc. All' atto della consolidazione i corpi respingono le eterogeneità, perciò mano mano che uno strato si consolida, le impurità ch' erano sciolte in esso si raccolgono in uno strato fuori o dentro di quello, e con ciò si spiegano le varie zone colorate. Quando la silice fu completamente disciolta in liquido scorrevole, essa ha cristallizzato producendo il quarzo jalino.

In questa fissazione della silice conviene riconoscere l' influenza non infrequente dei corpi organici, che concentrarono in sè medesimi, e intorno a sè il materiale siliceo siccome lo provano i fatti riferiti dal Brongniart nella sua bella Memoria sugli orbicoli silicei. Quando conchiglie o i loro nuclei, dice Brongniart, quando zoofiti tutti interamente silicei si mostrano disseminati nel bel mezzo di una roccia calcarea, come le conchiglie della calcarea di Sèvres, come i nuclei d' ananchite, ecc., nella creta, come, infine, le ostriche, le grifee, le terebratule ad orbicoli silicei nella calcarea compatta, è difficile respingere l' idea che la materia organica abbia avuto influenza sopra questa separazione e concentrazione della silice. Questa teoria sembra spiegarci perchè gli orbicoli siano molto più comuni nelle conchiglie bivalvi che nelle univalvi, e perchè più ancora nelle ostracee. La struttura generalmente laminare e lassa di queste ultime ha permesso alla materia animale di restare più abbondantemente nel guscio di queste conchiglie che non in quello delle univalvi a tessitura serrata; e ciò fa manifesta l' influenza della materia organica sulla fissazione della silice. In una conchiglia bivalve la parte la più organizzata dopo l' animale, e la più resistente alla decomposizione, è il legamento; esso è dunque la parte che si deve selcificare di preferenza; e questo appunto si scorge in una conchiglia il cui guscio è fatto calcareo mentre il legamento solo è interamente selcificato (76).

La parte del liquido aquoso-siliceo che rimane alla periferia delle masse tifoniche, ne ritarda la consolidazione, ne modifica la struttura; vi produce gli ammassi di lucentezza grassa, perlacea e resinosa, e ne' vani prodotti dallo sviluppo de' gaz e de' vapori la silice unita a particelle di alumina, di soda, di potassa, di calce, di barite, di strontiana, di magnesia, ecc. ed all' aqua, dà nascimento a' silicati idrati di queste basi che si conoscono sotto il nome di zeoliti. Dolomieu ha di già dimostrato che tali sostanze non possono essere state prodotte quando la lava era ancora ad alta temperatura. La stilbite soprattutto che si sfoglia e diviene opaca per l' azione d' un calore moderatissimo non avrebbe potuto rimanere intatta e meno ancora conservare la trasparenza che presenta qualche volta la varietà anamorfica.

Sono conformi a queste vedute le celebri osservazioni del Brocchi sui trappi di valle di Fassa. Il Durocher ne' suoi studii sulle zeoliti d' Islanda, della Scozia e d' altri paesi ha sparso nuova luce su questo argomento. Secondo le analisi di lui i trappi divengono sempre più idrati quanto più s'avvicinano alle zeoliti: queste generalmente formano geodi cristalline all'interno delle rocce trappiche, talora vi si trovano in vene. Dal-

l' esame del maggior numero degli esemplari è facile convincersi che le zeoliti sono posteriori alla consolidazione de' trappi. Talvolta le cavità sono in parte riempiute dalle zeoliti ed in parte da una materia nera o verdiccia, a frattura ceroide, difficilmente fusibile, e costituita da un silicato di magnesia e di ferro con aqua. Nei trappi zeolitiferi di Monte Baldo e di Fassa si trovano pirosseni cangiati in terra verde, ma vestiti tuttora della forma cristallina lor propria, e in altri punti la stessa terra verde riempie od intonaca i vani della roccia e non di rado si mesce in mille modi alle zeoliti ed allo spato calcareo contemporaneo a queste, in guisa da dimostrare che le zeoliti si sono formate non solo dopo la consolidazione della roccia, ma anche dopo che alcuni degli elementi di questa erano stati alterati da lente azioni chimiche. La più parte delle geodi ne' trappi è il risulmento dello sviluppo d' un fluido aeriforme: esse furono riempiute posteriormente, e parecchie rimasero vuote. In molte geodi le zeoliti sono disposte in istrati concentrici, che si danno mutuo appoggio. Vi hanno parecchi saggi ne' quali le zeoliti ricoprono lo spato calcareo in concrezioni, e la calcedonia gocciolare. Finalmente in Islanda caverne larghe più centinaia di piedi sono incrostate di zeoliti che si presentano nelle stesse condizioni delle stalattiti calcaree.

Benchè le zeoliti abbondino specialmente al contatto delle rocce trappiche colle preesistenti calcaree e nelle fenditure di restringimento avvenute ai confini delle due specie di rocce, non è però vero ciò che sostiene il Durocher, che, cioè, le zeoliti manchino nell' interno stesso delle rocce ignee. Kirwan ha già da oltre mezzo secolo messo in rilievo la esistenza delle zeoliti in cavità di basalte tutte chiuse all' intorno; questo fatto è osservabile da noi nel basalte di Altavilla nel Vicentino che racchiude in siffatto modo nodi raggiati di mesodipo. Il Gimbernat ha riconosciuto che la natrolite, varietà di mesotipo, forma vene in un porfido, chiuse da tutte parti dalla sostanza della roccia (77).

Il calcare che si rinviene nell'impasto de' trappi, e che ne riempie i vani in forma di concrezioni, deriva dall' amalgamazione della roccia trappica ancora liquida colle rocce calcaree preesistenti. Ne fanno prova le turbiniti calcaree benissimo conservate dentro il trappo amigdaloide di Finkuenhiebel, saggi del quale depose il De Buch nel Reale Museo di Berlino. Ciò prova pure che le zeoliti si formarono a freddo.

Oltre che alla formazione del quarzo cristallino nel granito, l' aqua fu talmente necessaria alla formazione della serpentina, e di tutta una serie di minerali magnesiaci, che essa è rimasta come elemento essenziale della loro composizione.

Per la decomposizione de' silicati aluminosi operata dagli acidi si ottengono residui idrati, quali argille ed idrati di alumina.

Una classe da noi denominata Perigena comprende il quarzo, gli idrosilicati zeolitici, magnesiaci, aluminosi, gli idrati di magnesia e di alumina; ossia: 1.° tutte le specie che nacquero intorno ai minerali ipogeni, dalla parte idrata separatasi dal misto tifonico; 2.° tutte le specie che sono residui di decomposizione dei silicati. Questa classe si divide nelle famiglie: *Silicea, Zeolitica, Datolica, Argillacea* e *Diasporina*.

V.

Cade ora in acconcio di fare una breve istoria dei processi chimici pei quali si decompongono i silicati.

Le forze chimiche dell' atmosfera e degli acidi alterano di continuo i prodotti plutonici e vulcanici. L' acido solforico proveniente dalla decomposizione dell' acido solfidrico assume le basi de' silicati, e ne forma solfato d' alumina, solfato di soda, solfato di potassa, solfato d' alumina e soda, d' alumina e potassa, d' alumina ed ammoniaca, solfato di magnesia. L' acido fosforico produce i fosfati, l' arsenicico e l' arsenioso,

gli arseniati e gli arseniti. Ebelmen ha dimostrato che per la decomposizione de' silicati operata dall'acido carbonico in unione all'ossigeno ed alle materie organiche, la maggior parte della silice, la calce e la magnesia sono eliminate, e così gli alcali, mentre l' alumina rimane, ritenendo con sè porzione di silice e fissando certa quantità d' aqua. Il prodotto finale della decomposizione si costituisce in un silicato idrato di alumina, in un' argilla. Siffatto principio comprende come caso particolare la decomposizione dei feldispati e la loro trasformazione in caolino. Di questo modo hanno origine i carbonati di calce, di magnesia, di soda, di potassa. L' azione dell' acido cloridrico sui silicati dà formazione ai cloruri di sodio, di potassio, di calcio, di magnesio; quella dell' acido fluoridrico dà i fluoruri. Il carbonato di soda è volatile, e Dolomieu assicura d' averne raccolto in parecchie correnti di lava sublimato sotto la crosta delle scorie. Il suo incontro con vapori di cloruri terrosi può forse influire in date circostanze a generare cloruro di sodio e carbonati terrosi. Il carbonato di magnesia, sotto certe condizioni sarebbe volatile, poichè Monticelli attesta di averne raccolte le sublimazioni nel Vesuvio. Sia in istato di vapore, sia in soluzione allo stato di bicarbonato, questo sale penetrando una roccia calcarea la potrà trasformare in dolomia. Devesi al Rose l' aver chiarita l' origine dell' aragonite da quella medesima dissoluzione di bicarbonato calcare da cui può derivare lo spato, solo variando le condizioni della temperatura, e della pressione. La Beche e Necker hanno dimostrato che il carbonato di calce delle conchiglie e de' polipaj è riferibile all' aragonite. Haidinger aveva opinato che l' azione del calorico fosse capace di trasformare l' aragonite in calcare spatico impartendole la struttura laminare. Rose l' ha dimostrato cogli esperimenti sull' aragonite d' origine inorganica, ed Hausmann su quella d' origine organica e così ha spiegato, mediante un metamorfismo, la spatizzazione delle conchiglie e de' polipaj fossili (78).

L' azione dell' acido solforico sul carbonato di calce dà origine al gesso. Fu questione se il gesso potesse essere il prodotto di tutt' altra azione. Lo studio de' lagoni di Toscana permette di osservare il processo della gessificazione. I lagoni sono aperti tutti nel calcare, e il progresso della trasformazione del carbonato in solfato può essere verificato con prove dirette. L' alterazione comincia sulle pareti delle fessure che danno passaggio ai vapori sotterranei. Di là si propaga a poco a poco all' intorno, e finisce per gessificare una massa rotondeggiante, l' asse della quale è dato dal lagone. Talvolta la gessificazione può essere accompagnata da apparenze ingannevoli. La roccia mutandosi di calcarea in gessosa aumenta di volume, si gonfia in ammasso e solleva gli strati sovrapposti al modo di una roccia eruttiva, offerendo l' aspetto d' un vero cratere di sollevamento. Tale osservazione venne fatta dal Beaumont in Algeria nella montagna di Zouabi. Vengono in conferma di ciò le osservazioni de' signori Sterry Hunt, Murray e I. Hall sulle sorgenti acide del Canadà presso il Lago Ontario, e sulla formazione del gesso ne' terreni vicini. Il gesso vi si trova sempre presso la superficie del suolo e si presenta invariabilmente sotto forma di enormi mammelloni, la base de' quali ha talvolta un diametro di 100 metri ; queste masse riposano sovra letti orizzontali, mentre i banchi superiori, evidentemente sollevati dal gesso, restano inclinati dai fianchi e sembrano essere stati in gran parte disfatti ; esiste perfino in un luogo un cilindro di gesso che traversa parecchi letti calcarei, e finisce in un mammellone che soprasta al calcare ed è circondato dalle argille terziarie. Altra prova della recente origine del gesso è la testimonianza degli abitanti di que' luoghi, che pei sollevamenti della superficie le muraglie degli edifizi si fendano ed escan di piombo, e questi fatti furono sempre tenuti come indizio certo d' una gessaia. Quanto all' acido solforico esso è prodotto della decomposizione dell' acido solfidrico, e non di un bisolfuro di ferro, troppo tenue essendo la proporzione dell' ossido di ferro che dovrebbe esserne provenuto. L' Hausmann ha dimostrato che l' anidrite per assorbimento dell' aqua si cangia in gesso, e che il gesso sotto le azioni perdendo l' aqua si cangia in anidrite (79).

L' analisi de' fatti geologici dimostra che i silicati calcarei si produssero da metamorfosi del carbonato di calce esistente alla parte superiore della corteccia, e che il carbonato di calce naque dall' alterazione de' silicati calcarei egualmente giacenti verso la superficie rispetto alle masse eruttive. Potrebbe chiedersi quale sia stato nel principio de' tempi il minerale da cui è incominciato questo circolo di alterazioni e

di metamorfosi, e donde sia provenuto. Ma alla risposta mancano i dati, e a noi basta che sia fermata l' origine delle rocce che esistono attualmente.

I nitrati di potassa, di soda e di calce si formano là dove esistono sostanze vegetali ed animali in decomposizione. Rivestono essi di loro minimi aghetti alcune rocce calcaree anche dove non appariscono le accennate condizioni, e si è riconosciuto che trassudano dalle porosità medesime di quelle rocce. Ma essendo i calcari depositi di aque popolate da miriadi di esseri organici, è ragionevole il supporre che le sostanze vegetali ed animali generatrici dei nitrati esistessero un tempo nella stessa roccia.

Un acido di origine organica, l' acido mellitico, si è combinato all' alumina ed all' aqua e produsse la mellite.

Tutte le specie formate all' esterno e superiormente alle masse ignee dopo la consolidazione di queste, dagli acidi colle basi de' silicati decomposti, costituiscono la classe che denominiamo Epigena.

Le famiglie di questa classe si distingueranno per l' acido che loro ha data origine, e quindi avremo le famiglie de' cloruri, de' carbonati, de' solfati, de' fosfati, de' fluoruri, fluofosfati, ecc., le quali riceveranno il nome dalle specie tipiche, e perciò si diranno *Apatitica*, *Fluorina*, *Nitrosa*, ecc.

VI.

Resta per ultimo a discorrere intorno alle reazioni esercitate dalle emanazioni piriche sopra tutte le sostanze preesistenti.

Veggonsi pezzi di ferro lavorato fusi e cristallizzati in ottaedri nelle lave, calcaree dolomitizzate, arenarie fatte quarziti, argille ridotte a schisti, ecc. Le carboniere ardenti da qualche secolo in talune località, come p. e. nella montagna di Riccamarie presso S. Etienne nel Delfinato, alterarono fortemente e per grande estensione i sovrapposti terreni. Gli schisti sono indurati e rossi, le argille trasformate in porcellaniti, le arenarie divise in prismi irregolari, lucenti; altre sostanze sono scorificate. Tuttavia l'incendio non s' annunzia allo esterno che per alcune fumarole emettenti odore bituminoso, e per alcune sublimazioni fra le quali si raccoglie il sale ammoniaco. Tutti gli enunciati fenomeni di metamorfismo furono adunque prodotti da un' azione non molto energica, ma di lunghissima durata. Del pari, il calore plutonico, i gaz e i vapori provenienti dal centro reagirono in ogni tempo sui minerali e sulle rocce prodotte per decomposizione delle antiche, e generarono nuove rocce e minerali nuovi. Le argille si cangiarono in filladi, argille ed arenarie alternanti divennero micaschisti; questi per la introduzione della massa liquida feldispatica si trasformarono in gneiss allo esterno, in granito schistoide nel profondo. I calcari divennero anfiboliti, pirosseniti, ecc. Nello stesso tempo il porfido ravvolse nella sua massa pezzi di litantrace, come a Brassac, il granito s' impregnò qua e là delle materie volatili idrocarboniose d' origine vegetale, e queste nella successiva lentissima consolidazione della roccia restarono poi imprigionate ne' cristalli di quarzo chiamati erroneamente enidri, su di che è a vedere quanto ne disse il Brewster. Altrove massi calcarei furono impastati nel granito, nel porfido, nel basalte, il granito divenne effervescente cogli acidi per lungo tratto all' ingiro, li serpentini si trasformarono in oficalci, ecc. La metamorfosi non si ristrinse in un gruppo speciale di rocce, ma a tutte largamente si estese. Sicchè non mancano i graniti metamorfici: tale è il granito de'Vogesi, secondo le belle osservazioni del Delesse, e il Rose ha fatto vedere come tale granito metamorfico si ripeta nelle formazioni ignee di tutta la Terra (80).

Fra i minerali d' origine indubbiamente metamorfica va collocato il corindone. La telesìa giace costantemente iu una roccia feldispatico-micacea affine al gneiss; lo smeriglio nel micaschisto, l' armofano nella dolomia. E sappiamo che Senarmont ha riprodotto il corindone riscaldando a forte fuoco una soluzione acida di idroclorato d' alumi-

na; Gaudin, cimentando l' alume ammoniacale alla fiamma alimentata dal gaz tonante; Brongniart, arroventando la stessa sostanza in un tubo di porcellana nelle fornaci di Sèvres; Gaudin, una seconda volta, esponendo l'alume potassico e il nero fumo al fuoco avvivato mediante il cannello di platino; negli stessi modi Böttger ed Elsner; Aimè, spingendo a fuoco violento il cloruro di aluminio in un tubo chiuso; Daubrée, facendo passare i vapori di cloruro d' aluminio attraverso la calce a calor rosso; Ebelmen, cimentando coll' acido borico e con un borato volatile l' alumina; Fremy, decomponendo il solfuro di aluminio col vapor d' aqua, e finalmente per una terza volta il Gaudin, affuocando l' alume ed il solfato potassico in un crogiuolo brascato di nero fumo. I cristalli ottenuti così dal Gaudin hanno la lunghezza d' un millimetro e la grossezza d' un terzo di millimetro (81).

L' acido borico ad altissime temperature e pressioni reagendo sull' alumina e sulla magnesia riprodusse nelle mani di Ebelmen lo spinello, il peridoto, il pirosseno; la calce d' un calcare col borato di magnesia generò la periclasia, o magnesia nativa, in una dolomia, come quella della Somma scoperta da Scacchi. Le scorie di molte magone della Germania e della Svezia presentarono al Mitscherlich il peridoto, il pirosseno, l' anfibola .... in una parola una quarantina di specie che si rinvengono ne' terreni e soprattutto ne' basalti. E Mitscherlich trovò che molte di quelle scorie erano divise in prismi a foggia di colonne basaltine. I miscugli che il fuoco della fornace cambia in tali sostanze, l' incendio sotterraneo, li rinviene ne' luoghi dove emanazioni metalliche ed eruzioni serpentinose s' incontrano con letti calcarei.

Con simili processi ottennero la cimofana od aluminato di glacinia Gaudin ed Ebelmen, ed essa giace in condizioni analoghe nella Natura; ed infatti la si trova a Ceylan e nel Brasile in quelle medesime sabbie che contengono i corindoni, i topazzi, i diamanti, e che debbono essere perciò il detrito d'una roccia metamorfica; e ad Haddam nel Connecticut è disseminata in cristalli in una roccia feldispatico-quarzosa in compagnia del granato. Lo smeraldo non può avere diversa origine dal momento che lo si trova o in graniti rigenerati o in micaschisti o in dolomie, od in calcari e gessi saccaroidi, come a Blidah nell' Africa francese. Le analisi recenti dell' euclasia fatte da Damour accertarono la presenza in questa gemma glucifera del fluoro e dello stagno, e giustificarono la sentenza ch' esso appartenga alla serie di minerali prodotti per l' azione de' fluoruri e cloruri volatili sulle rocce cristalline di varia natura. E infatti l'euclasia è raccolta quasi esclusivamente nelle alluvioni che contengono il diamante, e si riguarda come associato alle itacolumiti schistose del Brasile (82).

La produzione metamorfica di buon numero di specie per una rigenerazione completa od incompleta delle rocce preesistenti dà ragione della presenza del talco ne' cristalli di smeraldo, fatto enunciato da Berzelius; della serpentina nella tremolite, siccome attesta l' Haüy; de' prismi di quarzo che servirono di supporto alla cristallizzazione d' uno smeraldo e che per questo lo attraversano, siccome ha visto il Patrin. Egualmente la riproduzione delle miche, delle tormaline, dei topazî, dei silico-titanati, ecc., fatta da Daubrée, e le sue osservazioni sulla rigenerazione del granito ci spiegheranno come le nuove miche poterono cristallizzare in lame dentellate e curve sui quarzi della pegmatite di Montigny, mentre le vecchie miche insinuarono le loro lame ne' cristalli di quarzo. La serie di formazioni d' ossido di stagno e di tormalina in una medesima vena jalomittica, c' insegna che varie furono anche le formazioni de' cristalli di quarzo, e quindi si potranno avere tormaline vecchie circondate dal quarzo che ne ha ricevuto le impronte, e tormaline nuove cristallizzate sul quarzo, come pure ha osservato il Fournet a Montigny. E come il quarzo si coagula in una materia vischiosa avanti di cristallizzare, si potranno rinvenire sospesi e in vario modo bilanciati e aggruppati nell' interno dei suoi cristalli aciculi tormalinici, come vide l' Hutton a S. Agnese in Inghilterra, tremolite, asbesto, e via dicendo (83).

Anche l' ascinite ebbe una origine metamorfica. Essa esiste in filoncelli quarzosi dentro alle rocce anfiboliche e in geodi ne' filoni stanniferi, e Daubrée l' ha pur rinvenuta entro un' arenaria fossilifera de' monti Vogesi (84).

I fatti osservati da Dufrenoy, Boblaye e Coquand hanno chiarita l' analoga origine della macla che giace sempre negli schisti. Si osserva un passaggio nelle rocce schistose

che corrisponde allo sviluppo della cristallizzazione di quella specie e ciò è in rapporto colla maggiore o minore vicinanza delle rocce ignee. Spesso la macla è appena indicata da contorni; se si rompe, si vede l'interna sua sostanza in continuazione con quella della roccia. Si raccolsero saggi contenenti lunghi cristalli di macla associati ad Orthis ed a Calymena. Havvi a Stazzamena in Toscana una breccia calcarea i cui frammenti sono mutati in marmo salino e legati insieme da un argillo-schisto. Nel cemento sono sparse a profusione le macle, e mancano affatto ne' frammenti calcarei. Siccome la macla è stata identificata all' andalusite, che giace in un granito, bisogna dire che l' andalusite come le varietà di granito che la contengono sono d' origine metamorfica (85).

Si trova in calcari modificati la couzeranite a Cazanous in compagnia dell' Ammonites bifrons; nelle rocce calcaree modificate dalle eruzioni esistono costantemente la tremolite, la grossularia, la Wernerite. Il disteno, la staurotide, il dipiro, ebbero eguale origine in rocce argillose metamorfiche.

La grossularia, il granato topazolite, l'idrocasia, la diopside, il corindone, lo sfeno, la Perowskite giacciono insieme allo zircone, al rutilio, al ferro ossidulato alla clorite, alla ripidolite, alla pennina ne' terreni serpentinosi delle Alpi piemontesi, e queste specie si ritrovano cogli identici giacimenti nella parte degli Urali posta verso il distretto di Achmatowsk, presso Slatoust in Siberia. Tale è la similitudine d' aspetto, secondo Damour, offerta dai saggi di località così remote fra loro, che si potrebbero credere provenuti da un solo e medesimo giacimento: ciò dimostra ancora una volta che la Natura ha agito dappertutto secondo le medesime leggi, e che le basi da noi assunte per determinare la genesi de' minerali non possono temere di essere distrutte da fatti scoperti in località non ancora esplorate.

Le specie così formate per rigenerazione delle antiche rocce sotto l' azione delle emanazioni tifoniche si riuniscono nella classe delle sostanze METAGENE.

Questa classe comprende molte famiglie ch' ebbero nome dalle specie tipiche di ciascheduna e perciò si chiamano: *Distenica, Trifanica, Labradorica, Granatina, Jolitica, Berillina.* L'analogia delle reazioni che produssero le specie d' una stessa famiglia, oltre che dalla identità de' giacimenti e dalle sintesi chimiche, è accertata dalla identità di tutti gli elementi o dalla identità degli uni e dalla forte analogia chimica degli altri.

La classe delle sostanze metagene viene da noi posta immediatamente di seguito a quella delle ipogene, la classe delle perigene accanto a quella delle epigene, e questo per essere le due prime classi il prodotto della più energica azione ignea, le altre due il prodotto di azioni chimiche esercitate per via umida e a bassa temperatura.

Delle sei classi ESOGENA, ENDOGENA, IPOGENA, METAGENA, PERIGENA ed EPIGENA si compone l' intero metodo mineralogico che da noi viene proposto.

CONCLUSIONE.

Gettando ora uno sguardo sull' insieme della nostra classificazione è facile riconoscere:

1.° che tutti i fatti concorsero a produrla, sicchè vi sono concatenate nozioni numerosissime, rilevantissime, che concernono i giacimenti, i fenomeni geogenici, le sintesi chimiche, le quali erano state trascurate affatto nelle anteriori classificazioni;

2.° che le rocce e i minerali in esse contenuti si trovano riuniti nel quadro della classificazione mineralogica, come lo sono nella Natura, e come debbono esserlo nella mente del mineralogista, che deve e non può non essere ad un tempo geologo ed orittologo sotto pena di non essere nè l' uno, nè l' altro;

3.° che pur comparando questa classificazione colle altre appoggiate sulle nozioni della Chimica pura, essa sarebbe buona per lo meno quanto quelle. Infatti la classe prima è costituita presso a poco dai metalloidi; la seconda, dai metalli antichi; la terza, la quarta

e la quinta, dai silicati; la sesta, dalle altre sostanze saline con radicale alcalino e terroso. Quelle che sarebbero deviazioni da tale distribuzione chimica trovano una moltitudine di esempi negli stessi metodi chimici. Le sostanze metalliche della seconda classe si veggono distribuite secondo l' elemento elettro-positivo, siccome aveva proposto il Brongniart, e come era stato fatto da tutti i mineralogisti fino a Beudant. Le altre sostanze metalliche sono distribuite secondo l' elemento elettro-negativo, ancora come aveva proposto Brongniart, e come si ripete in molte classificazioni chimiche odierne. Ma tutti questi secondarî ordinamenti derivano direttamente nella nostra distribuzione da quegli stessi principî che regolarono le principali ripartizioni, mentre nelle altre classificazioni o si trovano in contraddizione coi principii posti o si appoggiano a ragioni estranee affatto a quei principî. Noi crediamo sopprattutto che la formazione delle classi, affatto arbitraria negli altri metodi, sarà trovata naturalissima nel nostro.

Non possiamo lasciarci sfuggire l' occasione di avvertire che le collezioni disposte secondo il nostro metodo, chimico ad un tempo e geologico, insegneranno assai meglio la disposizione delle sostanze minerali nel seno della Terra, perciò saranno molto più istruttive, e verrà con esse raggiunto meglio lo scopo cui deve mirare in ogni cosa la Scienza, di ripetere in minor metro, ma con fedele accordo, le solenni armonie della Natura.

Osserviamo ancora che la mineralogia particolare sviluppata di questo modo è di tale importanza per le applicazioni delle arti che diviene essa stessa un trattato di Chimica tecnologica: poichè apprendendo in quai modi la Natura effettui la disolfurazione e la riduzione de' metalli, e una moltitudine di altre decomposizioni o combinazioni, insegna ad imitarla, imaginando non di rado nuovi e più economici processi.

Certo noi non crediamo che la nostra classificazione sia perfetta; crediamo anzi che debba essere modificata e perfezionata, ed abbiamo viva fiducia che possa esserlo; a questo riescirà chi avrà senno migliore del nostro, e più delle nostre felici le condizioni, fra le quali sarà quella di venire più tardi, quando la scienza avrà fatti maggiori avanzamenti.

Credo però che fin d' ora possa apparire evidente che largo e fecondo è il nuovo principio, che i difetti d' una classificazione appoggiata ad esso non debbono dipendere di necessità dal principio medesimo, ma dalle individuali condizioni, mentre per le altre classificazioni vi sarà sempre il difetto radicale ne' fondamenti posti.

E noi per questo abbiamo fede che, qualunque essere possa il giudizio sull' opera nostra, verrà giorno nel quale sarà universalmente adottato il principio prima da noi per istrana ventura formulato: *che il metodo naturale mineralogico debbe venire dalla Geologia.*

PARTE TERZA.

SISTEMA DEL REGNO MINERALE.

Classe prima.
ESOGENA.

ORDINE UNICO.

Famiglia 1. *Aquea*
Specie unica. . . . Aqua
Famiglia 2. *Carbonica*
Tribù 1. Carboni
Gen. 1. C. fitodei
Specie 1. . . . . Torba
2. . . . . Lignite . . . . . piciforme
gagata
legno fossile
legno bituminoso
disodilo
terra d' ombra.
Litantrace (*Schwarzkohle W.*)
Gen. 2. C. litodei
Specie 1. . . . . Antracite
2. . . . . Grafite
3. . . . . Diamante . . . . . cristallino
amorfo (*Carbonado*)
Tribù 2. Idrocarbonidi
Gen. 1. I. Resine
Specie 1. . . . . Succino
2. . . . . Retinite
3. . . . . Copale fossile . . . . . comune
Berengelite
Guyaquillite
Middletonite
Piauzite
4. . . . . Sevo montano . . . . Scheererite
Fichtelite
Konlite
Hartite
Issolite
Ozocerite
Hatchetina
Gen. 2. I. Bitumi
Specie 1. . . . . Nafta
2. . . . . Petrolio
3. . . . . Asfalto
4. . . . . Malto
5. . . . . Elaterite
Gen. 3. I. gazosi
Specie unica. . . . Gaz carburo tetraidrico
Tribù 3. Ossicarbonidi
Specie unica. . . . Gaz acido carbonico
Famiglia 3. *Sulfurea*
Tribù 1. Idrosolfi
Specie unica. . . . Gaz acido solfidrico

Classe prima.
ESOGENA.

Tribù 2. Ossisolfi
Specie 1. . . . . Gaz acido solforoso
2. . . . . Acido solforico
Tribù 3. Solfi
Specie unica. . . . Solfo
Famiglia 4. *Azotica*
Specie unica. . . . Gaz nitrogeno (*delle Salse e delle aque termali*)
Famiglia 5. *Ammonica*
Tribù 1. Solfati d'Ammoniaca
Specie unica. . . . Mascagnina
Tribù 2. Cloruri d'Ammonio
Specie unica. . . . Sale Ammoniaco
Famiglia 6. *Clorica*
Specie unica. . . . Gaz acido cloridrico
Famiglia 7. *Fluorica*
Specie unica. . . . Gaz acido fluoridrico (*dei vulcani e delle aque minerali di Vichy, Plombières e Contrexeville, trovatovi da Nicklès*)

Classe seconda.
ENDOGENA.

ORDINE I.

Famiglia 1. *Borica*
Specie unica. . . . Acido borico idrato

ORDINE II.

Famiglia 2. *Tellurica*
Specie unica. . . . Tellurio nativo

ORDINE III.

Famiglia 3. *Idrargirica*
Tribù 1. Idrargiridi
Specie unica. . . . Mercurio nativo
Tribù 2. Cinabrini
Specie unica. . . . Cinabro
Tribù 3. Calomelini
Specie unica. . . . Calomelano
Tribù 4. Joduri di mercurio
Specie unica. . . . Mercurio jodurato

ORDINE IV.

Alleanza Stibica.

Famiglia 4. *Arsenicale*
Tribù 1. Arsenidi
Specie unica. . . . Arsenico nativo
Tribù 2. Sandarache
Specie 1. . . . . Risagallo
2. . . . . Orpimento
Tribù 3. Ossiarsenidi
Specie unica. . . . Acido arsenioso
Famiglia 5. *Antimoniale*
Tribù 1. Antimonidi
Specie 1. . . . . Antimonio nativo
2. . . . . Antimonio arsenicale

Classe seconda.
ENDOGENA.

Tribù 2. Solfostibii
Specie 1. . . . . Stibina, *Beud.* $Sb^2 Su^3$
2. . . . . Sb Su, *Beud.*

Tribù 3. Ossistibii
Gen. 1. O. liberi
Specie unica. . . . Essitelio, *Beud.*
Gen. 2. O. idrati
Specie unica. . . . Stibiconia (*stibiconise*, *Beud.*)

Gen. 3. O. solforati
Specie unica. . . . Antimonio ossidato solforato

ORDINE V.

Alleanza Cadmiacea.

Famiglia 6. *Cadmica*
Specie unica. . . . Cadmina (*Greenockite*)
Famiglia 7. *Zincea*
Tribù 1. Zincosolfi
Specie unica. . . . Blenda
Tribù 2. Zincoselenii
Specie unica. . . . Zinco seleniale, *Del Rio* $Hg Se^3 +_4 Zn Se$

Tribù 3. Ossisolfuri di zinco
Specie unica. . . . Voltzina, *Fournet*
Tribù 4. Joduri di zinco
Specie unica. . . . Zinco joedurato, *Mentzel*
Tribù 5. Bromuri di zinco
Specie unica. . . . Zinco bromurato, *Mentzel*

Tribù 6. Zincospati
Gen. 1. Z. anidri
Specie unica. . . . Smithsonite, *Beud.*
Gen. 2. Z. idrati
Specie unica. . . . Zinconia (*Zinconise*, *Beud.*)

Tribù 7. Calamine
Gen. 1. C. idrate
Specie unica. . . . Calamina
Gen. 2. C. anidre
Specie unica. . . . Willemite, Lévy
Tribù 8. Hopeiti
Specie unica. . . . Hopeite *Zn, Aq, Cd, P....?*
Tribù 9. Solfati di zinco
Specie unica. . . . Gallizinite, *Beud.*
Tribù 10. Manganati di zinco
Specie unica. . . . Zinco ossidato rosso
Tribù 11. Aluminati di zinco
Specie unica. . . . Gahnite

ORDINE VI.

Alleanza Cobaltacea.

Famiglia 8. *Cobaltica*
Tribù 1. Smaltine
Specie 1. . . . . Smaltina, *Beud.* $Co Ar^3$
2. . . . . Co Ar, *Beud.*

Classe seconda.
ENDOGENA.

Tribù 2. Cobaltine
Specie 1. . . . . Cobaltina (*Cobalto grigio*)
2. . . . . Koboldino, Beud. (*Cobalto solforato*)
Tribù 3. Ossicobalti
Specie unica. . . . Cobalto ossidato nero
Tribù 4. Eritrine
Specie 1. . . . . Erifrina (*arseniato di Cobalto*). . . . . comune Roselite
2. . . . . Rodoite (*Rhodoise, Beud.*) (*arsenito di Cobalto*)
Tribù 5. Rodaline
Specie unica. . . . Rodalina (*Cobalto solfato, Rhodalose Beud.*)
Famiglia 9. *Niccolica*
Tribù 1. Nickeline
Specie 1. . . . . Nickelina, *Beud.* (*Niccolo arsenicale*)
2. . . . . Niccolo antimoniale
Tribù 2. Disomine
Specie 1. . . . . Disomina (*Niccolo arsenio-solforato*)
2. . . . . Niccolo antimonio-solforato
3. . . . . Tricopirite (*Niccolo solforato*)
Tribù 3. Nicchelocre
Specie 1. . . . . Nicchelocra, *Beud.* (*Niccolo arseniato*)
2. . . . . Neoplasia
Tribù 4. Pimeliti
Specie unica . . . . Pimelite *Ni, Si, Aq*
Famiglia 10. *Bismutica*
Tribù 1. Bismuti
Specie 1. . . . . Bismuto nativo
2. . . . . Bismuto arsenicale, *Thomson*
Tribù 2. Bismutine
Gen. 1. Solfuri di bismuto
Specie 1. . . . . Bismutina, *Beud.* $Bi^2 Su^3$
2. . . . . Bi Su *Beud.*
Gen. 2. Tellururo-Seleniuri di bismuto
Specie unica . . . . Bornina, *Beud.* $Bi^2 Te + Bi Se$
Tribù 3. Ossibismuti
Specie unica . . . . Bismutocra
Tribù 5. Carbonati di bismuto.
Specie unica . . . . Bismuto carbonato
Tribù 6. Silicati di bismuto
Specie unica. . . . Bismuto silicato

ORDINE VII.

Alleanza Ciprica.

Famiglia 11. *Uranica*
Tribù 1. Ossiuranii
Specie 1. . . . . Uranio ossidulato
2 . . . . . Uranio ossidato idrato

Classe seconda.
ENDOGENA.

Tribù 2. Uraniti
Specie 1. . . . . Calcolite, *Beud.*
2. . . . . Uraniti, *Beud.*
Tribù 3. Tantaluranii
Specie unica. . . . Tantaluranio
Tribù 4. Solfati d' uranio
Specie 1. . . . . Uranio solfato
2. . . . . Uranio sottosolfato
Famiglia 12. *Cuprea*
Tribù 1. Cupridi
Specie 1. . . . . Rame nativo
2. . . . . Rame arsenicale
Tribù 2. Calcosine
Gen. 1. Solfo arseniuri di rame
Specie unica. . . . Panabasio, *Beud.*
Gen. 2. Solfostibiuri di rame
Specie unica. . . . Tennantite, *Beud.*
Gen. 3. Solfuri di rame
Specie 1. . . . . Calcosina, *Beud.*
2. . . . . Covellina, *Beud.*
Gen. 4. Solfuri di rame ferriferi
Specie 1. . . . . Calcopirite, *Beud.*
2. . . . . Phillipsite, *Beud.*
Gen. 5. Solfuri di rame argentiferi
Specie unica . . . . Stromeyerina, *Rose*
Gen. 6. Seleniuri di rame
Specie 1. . . . . Calcoselenio (*Rame seleniale*)
2. . . . . Eucairite (*Rame seleniale argentifero*)
Tribù 3. Ossicalchi
Gen. 1. O. solforati
Specie unica. . . . Ossisolfuro di rame, *Domeyko*
Gen. 2. O. liberi
Specie 1. . . . . Rame ossidulato
2. . . . . Rame ossidato idrato
Tribù 5. Clorocalchi
Specie unica . . . . Atakamite, *Beud.*
Tribù 6. Eruche
Gen. 1. E. idrate
Specie 1. . . . . Azzurrite, *Beud.*
2. . . . . Malachite
Gen. 2. E. anidre
Specie unica. . . . Mysorina Thomson
Tribù 7. Phosphorocalciti
Specie 1. . . . . Aferesia, *Beud.*
2. . . . . Ipoleina, *Beud.*
Tribù. 8. Eucroiti
Gen. 1. Arseniati di rame
Specie 1. . . . . Olivenite
2. . . . . Erinite
3. . . . . Liroconite
4. . . . . Afanesia
5. . . . . Eucroite
Gen. 2. Arseniti di rame
Specie unica . . . . Condurite
Tribù. 9. Vanadiati di rame
Specie unica . . . . Rame vanadiato

Classe seconda.
ENDOGENA.

Tribù. 10. Solfati di rame
Specie 1. . . . . Cianosa, *Beud.*
2. . . . . Brochantite
3. . . . . Rame vellutato

ORDINE VIII.

Alleanza Argirica.

Famiglia 13. *Plumbea*
Tribù. 1. Saturnidi
Specie 1. . . . . Piombo nativo
Specie 2. . . . . Geocronite? (Pb, Sb, As)
Tribù. 2. Galene
Gen. 1. Solfo-arseniuri di piombo
Specie unica . . . . Dufrenoysite
Gen. 2. Solfo-antimoniuri di piombo
Specie 1. . . . . Boulangerite
2. . . . . Fedezerz
3. . . . . Jamesonite
4. . . . . Plagionite
5. . . . . Zinkenite
Gen. 3. Solfo-antimoniuri di piombo e rame
Specie unica . . . . Bournonite
Gen. 4. Solfuri di piombo
Specie unica . . . . Galena
Gen. 5. Seleniuri di piombo
Specie unica . . . . Piombo seleniale
Gen. 6. Tellururi di piombo
Specie unica . . . . Piombo tellurato
Gen. 7. Tellururi di piombo ed oro
Specie unica . . . . Elasmina (*Elasmose*, *Beud.*)
Tribù 3. Ossipiombi
Specie 1. . . . . Minio
2. . . . . Massicot
Tribù 4. Ceruse
Gen. 1. Carbonati di piombo
Specie unica . . . . Cerusa bianca
nera
Gen. 2. Solfo-carbonati di piombo
Specie 1. . . . . Leadhillite
2. . . . . Lanarkite
Gen. 3. Solfo-carbonati di piombo e rame
Specie unica . . . . Caledonite
Tribù 5. Solfati di piombo
Gen. 1. Anidri
Specie unica . . . . Anglesite
Gen. 2. Idrati e cupriferi
Specie unica . . . . Piombo solfato cuprifero
Tribù 6. Cerasine
Gen. 1. Cloruro-carbonati di piombo
Specie unica . . . . Kerasina, *Beud.*

Classe seconda
ENDOGENA.

Gen. 2. Ossicloruri di piombo
Specie unica . . . . Berzelite
Gen. 3. Cloruri di piombo
Specie unica . . . . Cotunnite, *Monticelli* e *Covelli*
Tribù 7. Fosfati di piombo
Specie unica . . . . Piromorfite . . . . . verde
bruna
piombo gomma, *Damour*
Tribù 8. Arseniati di piombo
Gen. 1. Clururiferi
Specie unica . . . . Edifana
Gen. 2. Idrati
Specie unica . . . . Piombo arseniato idratato
Tribù 9. Vanadiati di piombo
Specie unica . . . . Vanadinite
Tribù 10. Piombicromi
Gen. 1. Cromati di piombo
Specie 1. . . . . Crocoina (*crocoïse*, *Beud.*)
2. . . . . Melanocrite
3. . . . . Piombo cromato basico? *Rose.*
Gen. 2. Cromati di piombo cupriferi
Specie unica . . . . Vauquelinite
Tribù 11. Molibdati di piombo
Specie 1. . . . . Melinia (*melinose*, *Beud.*)
2. . . . . Piombo molibdato basico, *Boussingault*
Tribù 12. Scheelitine
Specie unica . . . . Scheelitina, *Beud.*
Tribù 13. Antimonito di piombo
Specie unica . . . . Piombo antimonite
Famiglia 14. *Argentea*
Tribù 1. Argiridi
Gen. 1. Argenti
Specie unica . . . . Argento nativo
Gen. 2. Amalgame
Specie 1. . . . . Amalgama
2. . . . . Arquerite
Gen. 3. Discrasie
Specie unica . . . . Discrasia (*Argento antimoniale*)
Gen. 4. Arseniargiri
Specie unica . . . . Argento arsenicale
Tribù 2. Argirine
Gen. 1. Solfo-Arseniuri d' argento
Specie 1. . . . . Proustite
2. . . . . Hanthokon, *Plattner*
Gen. 2. Solfostibiuri di argento
Specie 1. . . . . Psaturina (*Psaturose*, *Beud.*)
2. . . . . Miargirite
3. . . . . Kenngottite, *Haid.*
4. . . . . Argiritrina (*Argyrithrose*, *Beud.*)
Gen. 3. Solfostibiuri di argento piombiferi
Specie unica . . . . Argento solforato antimonifero e piombifero

Classe seconda. ENDOGENA.

Gen. 4. Solfostibiuri arseniferi d' argento e rame
Specie unica . . . . Polibasite, *Beud.*
Gen. 5. Solfuri d'argento
Specie unica . . . . Argirina(*Argyrose,Beud.*)
Gen. 6. Solfuri d' argento ferriferi
Specie 1. . . . . Sternbergite
2. . . . . Argento solforato flessibile
Gen. 7. Seleniuri d'argento
Specie unica . . . . Argento seleniale
Gen. 8. Tellururi d'argento
Specie unica . . . . Argento tellururato
Tribù 3. Cherargirine
Specie 1. . . . . Cherargiro, *Beud.*
2. . . . . Argento jodurato
3. . . . . Argento bromurato
Tribù 4. Carbonati d'argento
Specie unica . . . . Argento carbonato

ORDINE IX.

Alleanza Plusiaica.

Famiglia 15. *Aurea*
Tribù 1. Crisidi
Specie 1. . . . . Oro nativo
2. . . . . Elettro? Au,Ag
3. . . . . Oro palladiale? Au, Pa
4. . . . . Crisorodio, Au, Rho
Tribù 2. Müllerine
Gen. 1. Osmiuri d'oro
Specie unica . . . . Osmiuro d'oro
Gen. 2. Tellururi d'oro e d' argento
Specie unica . . . . Silvano, *Beud.*
Gen. Tellururi antimoniferi d' argento e piombo
Specie unica . . . . Müllerina
Famiglia 16. *Platinea*
Specie unica . . . . Polisseno, *Hausmann* (*Platino nativo ferrifero.*)
Famiglia 17. *Iridea*
Specie unica . . . . Osmiuro d' iridio
Famiglia 18. *Palladica*
Specie 1. . . . . Palladio nativo
2. . . . . Palladio seleniale

ORDINE X.

Alleanza Alabandica.

Famiglia 19. *Ferrea*
Tribù 1. Sideridi
Specie unica . . . . Ferro nativo . . . . meteorico
metamorfico
epigeno

Tribù 2. Piriti
Gen. 1. P. arsenicali
Specie 1. . . . . Ferro arsenicale
2. . . . . Ferro arsenicale assotomo, *Mohs*

Classe seconda.
ENDOGENA.

Gen. 2. Marcassiti
Specie 1. . . . . Pirite gialla
2. . . . . Pirite bianca
3. . . . . Pirite magnetica
Tribù 3. Ossidi di ferro
Gen. 1. Anidri
Specie 1. . . . . Magnete
2. . . . . Franklinite? (*fe, mn, Zn*)
3. . . . . Oligisto romboedrico
4. . . . . Oligisto ottaedrico
Gen. 2. Idrati
Specie 1. . . . . Lepidocrochite
2. . . . . Ematite
3. . . . . Limonite
4. . . . . Chamoisite
Tribù 4. Carbonati di ferro
Specie 1. . . . . Siderina (*Siderose, Beud.*)
2. . . . . Junckerite, *Dufrenoy*
Tribù 5. Siderocromi
Specie unica . . . . Siderocromo
Tribù 6. Titanati di ferro
Specie 1. . . . . Chrichtonite
2. . . . . Mohsite?, *Levy*
3. . . . . Ilmenite, *G. Rose*
4. . . . . Mengite, *H. Rose*
5. . . . . Ferro titarato, *Dufrenoy*
Tribù 7. Tantaliti
Specie 1. . . . . Columbite, *Beud.*
2. . . . . Bajerina, *Beud.*
Tribù 8. Scheelini ferruginosi
Specie unica . . . . Wolfram
Tribù 9. Fosfati di ferro
Gen. 1. Azzurri
Specie 1. . . . . Vivianite
2. . . . . Ferro fosfato azzurro terroso
Gen. 2. Bianchi
Specie unica . . . . Ferro fosfato bianco
Gen. 3. Verdi
Specie unica . . . . Dufrenite
Gen. 4. Bruni
Specie 1. . . . . Delvauxina
2. . . . . Cacosseno
Tribù 10. Arseniati di ferro
Gen. 1. Scoroditi
Specie 1. . . . . Farmacosiderite
2. . . . . Scorodite
Gen. 2. Calciferi
Specie unica . . . . Arsenio-siderite
Tribù 11. Cloruri di ferro
Specie 1. . . . . Cloruro di ferro vulcanico
2. . . . . Pirosmalite?
Tribù 12. Solfati di ferro
Specie 1. . . . . Melanteria, *Beud.*
2. . . . . Botriogena, *Haidinger*
3. . . . . Coquimbite, *H. Rose*
4. . . . . Pittizite, *Dufrenoy* . . Sideretina, *Beud.*
Pittizite, *Beud.*
Diadochite, *Breithaupt*
Tribù 13. Ossaliti
Specie unica . . . . Ossalite
Famiglia 20. *Manganica*

Classe seconda.
ENDOGENA.

Tribù 1. Manganidi
Specie unica . . . . Manganese arsenicale
Tribù 2. Alabandine
Specie unica . . . . Alabandina (*Manganese solforato*)
Tribù 3. Ossimanganii
Gen. 1. O. anidri
Specie 1. . . . . Hausmanite
2. . . . . Braunite
3. . . . . Pirolusite
Gen. 2. O. idrati
Specie 1. . . . . Manganite, *degli Autori*
2. . . . . Perossido di manganese idrato, *Dufr.*
3. . . . . Perossido di manganese aluminifero
4. . . . . Psilomelana
5. . . . . Perossido di manganese potassiferò
Tribù 4. Carbonati di manganese
Specie unica . . . . Diallogite
Tribù 5. Fosfati di manganese
Gen. 1. Anidri
Specie unica . . . . Triplite
Gen. 2. Idrati
Specie 1. . . . . Eterozite
2. . . . . Hureaulite
Tribù 6. Silicati di manganese
Specie unica . . . . Rodonite, *Beud.*
Tribù 7. Titanati di Manganese
Specie unica . . . . Manganese titanato
Famiglia 21. *Cromica*
Specie 1. . . . . Cromo ossidato *Cr*
2. . . . . Volckonskite *Cr*, *Aq*

ORDINE XI.

Alleanza Cassiterica.

Famiglia 22. *Titanica*
Tribù 1. Ossititanii
Specie 1. . . . . Rutilio
2. . . . . Anatasio
3. . . . . Brookite
Tribù 2. Fluoruri di titanio e ferro
Specie unica . . . . Warwickite
Famiglia 23. *Tantalica*
Specie unica . . . . Acido tantalico
Famiglia 24. *Stannica*
Specie 1. . . . . Stagno solforato
2. . . . . Cassiterite (*Stagno ossidato*)
Famiglia 25. *Molibdenica*
Specie 1. . . . . Molibdenite (*Molibdeno solforato*)
2. . . . . Acido molibdico
Famiglia 26. *Scheelica*
Specie unica . . . . Acido tungstico

Classe seconda.
ENDOGENA.

ORDINE XII.

Alleanza Giacintina.

Famiglia 27. *Zirconica*
Tribù 1. Silicati di Zirconia
Gen. 1. Anidri
Specie unica . . . . Zircone
Gen. 2. Idrati
Specie unica . . . . Malakon
Gen. 3. Con soda, calce e ferro
Specie 1. . . . . Eudialite } *Desclozeaux*
2. . . . . Eukolite }
Tribù 2. Silico-titanati, e silico-tantalati di zirconia
Specie unica . . . . Oerstedite
Tribù 3. Titanati e tantalati di zirconia
Gen. 1. Anidri
Specie 1. . . . . Eschinite
2. . . . . Polimignite
Gen. 2. Idrati
Specie unica . . . . Policrasia
Famiglia 28. *Torica*
Specie unica . . . . Torite
Famiglia 29. *Ittrica*
Tribù 1. Fosfati d'ittria
Specie unica . . . . Scenotimo (*Xénotime, Beud.*)
Tribù 2. Fluoruri di ittria
Specie unica . . . . Ittrocerite
Tribù 3. Tantalati di ittria
Specie 1. . . . . Ittrotantalite . . . . nera
gialla
bruna
eussenite, *Scherer*
2. . . . . Fergusonite
Famiglia 30. *Cerica*
Tribù 1. Carbocerine
Specie unica . . . . Carbocerina, *Beud.*
Tribù 2. Fosfati di cerio
Specie 1. . . . . Edwarsite, *Shepard*
2. . . . . Monazite, *Breithaupt*
Tribù 3. Fluocerine
Specie 1. . . . . Fluocerina, *Beud.*
2. . . . . Basicerina, *Beud.*
Tribù 4. Silicati di cerio
Specie unica . . . . Cerite
Tribù 5. Silico-aluminati di cerio
Gen. 1. Anidri
Specie 1. . . . . Allanite
2. . . . . Cerina
Gen. 2. Idrati
Specie 1. . . . . Ortite
2. . . . . Pirortite
Tribù 6. Silico-titanati di cerio
Specie unica . . . . Tschewkinite

Classe seconda.
ENDOGENA.

ORDINE XIII.

Alleanza Baritica.

Famiglia 31. *Barica*
Tribù 1. Solfati di Barite
Specie 1. . . . . Baritina
Dreetite, *Dufr.*
Tribù 2. Carbonati di Barite
Specie 1. . . . . Witerite
2. . . . . Baritocalcite
Famiglia 32. Strontica
Specie 1. . . . . Celestina
2. . . . . Strontianite

ORDINE XIV.

Alleanza Muriacea.

Specie 1. . . . . Sal gemma
2. . . . . Cloruro di potassio (*dei vulcani, sempre in mescolanza con altri cloruri — sciolto nelle aque*)

Classe terza.
IPOGENA.

ORDINE UNICO.

Famiglia 1. *Ortoclasica*
Specie 1. . . . . Ortoclasia (*Orthose, Beud.*)
2. . . . . Murchisonite ?
Famiglia 2. Albitica
Specie 1. . . . . Albite
2. . . . . Riacolite
3. . . . . Nefelina
4. . . . . Oligoclasia
Famiglia 3. *Anfigenica*
Specie 1. . . . . Anfigena
2. . . . . Gieseckite

Classe quarta.
METAGENA.

ORDINE UNICO.

Famiglia 1. *Distenica* (*Silicati di Alumina*)
Specie 1. . . . . Disteno . . . . . cianite
fibrolite
bucholizite
sillimanite
2. . . . . Staurotide
3. . . . . Andalusite
Famiglia 2. *Spodumenica* (*Silicati di alumina e litina*)
Specie 1. . . . . Petalite
2. . . . . Trifano
Famiglia 3. *Labradorica* (*Silicati di alumina, calce, magnesia, ed alcali*)
Specie 1. . . . . Anortite
2. . . . . Labradorite
3. . . . . Dipiro
4. . . . . Humboldtilite
5. . . . . Latrobite
6. . . . . Rafilite

Classe quarta
METAGENA.

Famiglia 4. *Granatina* (*Silicati di alumina e calce*)
Specie 1. . . . . Couzeranite
2. . . . . Grossularia
3. . . . . Goekumite
4. . . . . Idocrasia
5. . . . . Epidoto
6. . . . . Xanthite
7. . . . . Wernerite
8. . . . . Anfodelite
9. . . . . Gehlenite
10. . . . . Glaucolite

Famiglia 5. *Jolitica* (*Silico-aluminati di magnesia*)
Specie 1. . . . . Cordierite . . . . . Dicroite
Pinite
2. . . . . Granato magnesiano, *Rammelsberg*

Famiglia 6. *Spessartinica* (*Silicati di alumina e manganese*)
Specie unica . . . . Spessartina

Famiglia 7. *Almandinica* (*Silicati di alumina e ferro*)
Specie unica . . . . Almandina

Famiglia 8. *Berillina* (*Silicati di alumina e glucinia*)
Specie 1. . . . . Smeraldo. . . . . comune
Agustite
Davidsonite
2. . . . . Euclasia

Famiglia 9. *Fenachina* (*Silicati di glucinia*)
Specie unica . . . . Fenachite

Famiglia 10. Acmitica (*Silicati di ferro e soda*)
Specie unica . . . . Acmite

Famiglia 11. *Peridotica* (*Silicati di magnesia*)
Specie unica . . . . Peridoto

Famiglia 12. *Iperstenica* (*Silicati di magnesia e ferro*)
Specie 1. . . . . Jalosiderite
2. . . . . Ipersteno
3. . . . . Antofillite

Famiglia 13. *Wollastonica* (*Silicati di calce*)
Specie 1. . . . . Wollastonite
2. . . . . Edelforsite

Famiglia 14. *Augitica* (*Silicati di magnesia, calce e ferro*)
Specie 1. . . . . Anfibola orniblenda
2. . . . . Diallagio
3. . . . . Augite

Famiglia 15. *Ilvaitica* (*Silicati di calce e ferro*) . . . . . Melanite
Hedenbergite
Ilvaite (*jenite*)
Babingtonite

Classe quarta. METAGENA.

Famiglia 16. *Ouwarovitica* (*Silicati di calce e cromo*)
Specie unica . . . . Ouwarovite
Famiglia 17. *Diopsidea* (*Silicati di calce e magnesia*)
Specie 1. . . . . Diopside
2. . . . . Tremolite
Famiglia 18. *Topazina* (*Fluosilicati*)
Tribù 1. Fluosilicati di alumina
Specie unica . . . . Topazio
Tribù 2. Fluosilicati di magnesia
Specie unica . . . . Condrodite
Tribù 3. Fluosilicati di alumina e potassa, alumina e soda, ecc.
Specie unica . . . . Mica
Famiglia 19. *Tormalinica* (*Silico-borati*). Tormalina
Assinite
Famiglia 20. *Sfenica* (*Silico-titanati*)
Specie unica . . . . Sfeno
Pictite
Famiglia 21. *Pirocloric a* (*Titanati di calce*)
Specie 1. . . . . Pirocloro
2. . . . . Perowskite
Famiglia 22. *Lazulina* (*silicati solfuriferi*)
Specie 1. . . . . Lazulite
2. . . . . Haüyna
3. . . . . Spinellana
4. . . . . Elvino.
Famiglia 23. *Sodalitica* (*Silicati cloruriferi*)
Specie unica . . . . Sodalite
Famiglia 24. *Cancrinitica* (*silicati calcariferi*)
Specie unica . . . . Cancrinite
Famiglia 25. *Spinellina* (*aluminati*)
Specie 1. . . . . Spinello
2. . . . . Cimofana
3. . . . . Turnerite
Famiglia 26. *Zaffirina* (*Alumina*)
Specie unica . . . . Corindone
Famiglia 27. *Periclasica* (*Magnesia*)
Specie unica . . . . Periclasia.

ORDINE I.

Classe quinta. PERIGENA.

Famiglia 1. *Silicea* (*Silice libera, od idrata*)
Specie unica . . . . Quarzo

ORDINE II.

Classe quinta
PERIGENA.

Famiglia 2. *Zeolitica* (*Silicati idrati di alumina ed altre basi*)

Specie 1. . . . . Apofillite
2. . . . . Leucocyclite, *Herschell*
3. . . . . Mesotipo
4. . . . . Stilbite
5. . . . . Heulandite
6. . . . . Epistilbite
7. . . . . Monofana? *Breithaupt*
8. . . . . Brewsterite
9. . . . . Faujassite
10. . . . . Gismondina
11. . . . . Phillipsite di Levy
12. . . . . Edingtonite
13. . . . . Glottalite
14. . . . . Laumonite
15. . . . . Prehnite
16. . . . . Cabasia
17. . . . . Idrolite
18. . . . . Facolite
19. . . . . Herschelite
20. . . . . Levyna
21. . . . . Beaumontite
22. . . . . Armotomo
23. . . . . Cristianite
24. . . . . Analcimo
25. . . . . Ittnerite
26. . . . . Scoulerite
27. . . . . Thomsonite
28. . . . . Killinite
29. . . . . Agalmatolite
30. . . . . Stellite
31. . . . . Ottrelite
32. . . . . Vermiculite
33. . . . . Rhodalite
34. . . . . Esmarkite
35. . . . . Praseolite
36. . . . . Bonsdorfite
37. . . . . Carfolite
38. . . . . Pirosclerite
39. . . . . Kammererite
40. . . . . Conicrite
41. . . . . Kirwanite
42. . . . . Pirofillite

Famiglia 3. *Datolitica* (*Silico-borati idrati*)

Specie 1. . . . . Datolite
2. . . . . Botriolite

ORDINE III.

Famiglia 4. *Ofiolitica*

Tribù 1. Magnesie idrate

Specie unica . . . . Magnesia idrata

Tribù 2. Magnesie silicate idrate

Specie 1. . . . . Magnesite
2. . . . . Steatite
3. . . . . Serpentina
4. . . . . Pennina, *Descloizeaux*
5. . . . . Clinoclora, *Descloizeaux*
6. . . . . Ripidolite, *Descloizeaux*
7. . . . . Fogopite (*Mica magnesiana*)

Classe quinta.
PERIGENA.

8. . . . . Biotina (*Mica ferro-magnesiana*)
9. . . . . Picrofillite, *Svanberg*
10. . . . . Picrosmina
11. . . . . Pirallolite
12. . . . . Villarsite

Famiglia 5. *Argillacea*
Specie 1. . . . . Fahlunite
2. . . . . Folerite
3. . . . . Idro-bucholzite
4. . . . . Wörthite
5. . . . . Collirite
6. . . . . Scarbroite
7. . . . . Halloysite
8. . . . . Gilbertite
9. . . . . Argille comuni
10. . . . . Argille smettiche . . . Lenzinite
Cimolita
Allofana
Terra di Rigate
Sapone montano

Famiglia 6. *Diasporina*
Specie 1. . . . . Diasporo
2. . . . . Gibsite
3. . . . . Idrargilite

ORDINE UNICO.

Classe sesta.
EPIGENA.

Famiglia 1. *Muriatica* (*Cloruri*)
Specie 1. . . . . Calcio clorurato
2. . . . . Magnesio clorurato
3. . . . . Sal gemma
4. . . . . Cloruro di potassio

Famiglia 2. *Natrosa* (*Carbonati*)
Tribù 1. Carbonati di soda
Gen. 1. Liberi
Specie 1. . . . . Natro
2. . . . . Trona
Gen. 2. Calcariferi
Specie unica. . . . Gaylussite
Tribù 2. Carbonati Calcarei
Gen. 1. Liberi
Specie 1. . . . . Calcarea
2. . . . . Arragonite
Gen. 2. Magnesiferi
Specie unica. . . . Dolomia

Famiglia 3. *Mellitica* (*Mellitati*) . . . . Mellite
Pigotite?

Famiglia 4. *Glauberitica* (*Solfati*)
Tribù 1. Solfati di potassa
Specie 1. . . . . Potassa solfata
2. . . . . Polialite d'Ischel
Tribù 2. Solfati di soda
Specie 1. . . . . Soda solfata
2. . . . . Thenardite
3. . . . . Glauberite

Classe sesta EPIGENA.	*Tribù* 3. Solfati aluminosi	Aluminogena
		Websterite
		Alume
		Sodalume
		Ammonialume
		Magnesialume
	Tribù 4. Solfati di magnesia	Magnesia solfata
	Tribù 5. Solfati di calce	Anidrite
		Gesso
	Famiglia 5. *Nitrosa* (*Nitrati*)	
	Specie 1.	Potassa nitrata
	2.	Soda nitrata
	3.	Calce nitrata
	4.	Magnesia nitrata
	Famiglia 6. *Boracica*	
	Specie 1.	Borace
	2	Boracite
	3.	Idro-boracite
	Famiglia 7. *Fluorina* (*Fluoruri*)	
	Specie 1.	Spato fluore
	2.	Fluellite
	3.	Criolite
	Famiglia 8. *Apatitica* (*Fosfati*)	
	Tribù 1. Fosfati di calce	
	Specie unica	Apatite
	Tribù 2. Fosfati di magnesia	
	Specie unica	Wagnerite
	Tribù 3. Fluofosfati di alumina	
	Specie unica. . . .	Vawellite
	Tribù 4. Fosfati di alumina e litina	
	Specie unica	Ambligonite
	Tribù 5. Fosfati di alumina e magnesia	
	Specie unica. . . .	Klaprothina
	Tribù 6. Fosfati idrati di alumina	
	Specie unica	Turchinella
	Famiglia 9. *Farmacolitica* (*Arseniati*)	
	Gen. 1. Farmacoliti idrate	
	Specie 1.	Farmacolite
	2.	Haidingerite
	Gen. 2. Farmacoliti anidre	
	Specie unica. . . .	Berzelite
	Famiglia 10. Romeinica (*Antimoniati*)	
	Specie unica. . . .	Romeina
	Famiglia 11. *Scheelitica* (*Tungstati*)	
	Specie unica. . . .	Scheelite

ANNOTAZIONI.

(1) *A. F. Cromstedt.* Saggio per formare un sistema di mineralogia.... Venezia, 1775.

(2) *Linn.* Sistema naturae, T. III, 1768 e 1772.

Romé de l' Isle. Essai de cristallographie. Paris, 1783. Introduction, p. XVI-XXXVIII.

(3) *Werner.* Von den äusserlichen Kennzeichen der Fossilien. Leipzig, 1774.

(4) *Haüy.* Essai d' une théorie sur la structure des cristaux. Paris, 1784, 8.°

—— Traité de cristallographie. Paris.

—— Traité de minéralogie. Paris, 1801.

—— Tableau comparatif des resultats de la cristallographie et de l' analyse chimique relativement à la classification des minéraux. Paris, 1809.

(5) *Berzelius.* Nouveau système de minéralogie. Paris, 1819.

(6) Annales de chim. et de phys. T. XIV, 1820, p. 172.

(7) *Haüy.* Traité de minéralogie, 2.e édition. Paris, 1822, p. 37 e seg.

(8) *Mohs.* Versach einer element. Methode zur naturhistorischen. Bestimmung und Erkemmung der Fossilien. Wien, 1812.

—— Charaktere der klassen, ordnungen.... Dresden, 1820.

—— Grundriss der mineralogie. Dresden, 1822-24. Ve n' ha una traduzione inglese dall' originale tedesco, aumentata considerevolmente da *W. Haidniger*, ed una ritraduzione dall' inglese in francese di *A. Constable*, 1825.

(9) *Necker de Saussure.* Le règne minéral amené aux méthodes de l' histoire naturelle. Génève, 1832.

—— De la minéralogie considerée comme une branche de l' histoire naturelle, et esquisse d' une classification des minéraux fondée sur les principes de la méthode naturelle. Biblioth. univ. de Génève, 1832, T. II, p. 225 e 347, e T. III, p. 24.

(10) *T. J. Beudant.* Traité élémentaire de minéralogie. Paris, 1824, 2.e edition. Paris, 1830.

—— Cours élémentaire de minéralogie. Paris, 1841.

Berzelius. Des changemens dans le système de minéralogie chimique.... Ann. des min. T. XIII, 1826, p. 253.

(11) *Delafosse.* Recherches sur la cristallisation considérée sous les rapports physiques et matématiques.... Mémoires des savants étrangers de l' ac. des sc. de Paris. T. VIII, p. 652, 1843.

— Sur la hemiédrie. Compt. rend. N. 6, 1857, p. 229.

Leymerie. Sur la part qu' il convient d' attribuer à l' hémiédrie.... Act. des sc. séance du 29 decembre 1856.

H. de Sénarmont. Propriétés optiques birefringentes des corps isomorphes. Institut, 1851, p. 363.

Descloizeaux. Mémoire sur l' emploi des propriétés optiques biréfringentes pour la distinction et la classification des minéraux cristallisés. Compt. rend., 1857. N. 7, p. 322.

(12) *Al. Brongniart.* Introduction à la minéralogie. Paris, 1824.

(13) *Dufrenoy.* Traité de minéralogie. Paris, 1844-47. T. II, p. 2, e p. 17. Classification adoptée.

(14) *Annales des mines*, T. XIII. Paris, 1826, p. 256, della Memoria già citata di Berzelius.

(15) *Mercel de Serres*. Sur les silicates en général et en particulier sur les silicates non alumineux à base de chaux et de magnésie, Biblioth. univ. de Génève, 1833 T. 11, p. 19 e 129.

(16) *E. Mitscherlich*. Sur la production artificielle des minéraux cristallisés, Ann. de chim. et de phys. T. XXIV, p. 355.

(17) *A. Favre*. Recherches sur les minéraux artificiels, bibliothèque univ. de Génève, 1856. T. XXX, 4.me série, p. 136.

(18) *Melleville*. Bull. de la société géol. de France. Vol. XIV, p. 271, 1843.

Ch. T. *Jackson*, II, Report.... Seconda relazione sulla geologia dello stato del Maine, 1838, p. 81.

Karsten. Des combustibles minéraux. Ann. des min. T. 13, 2.e serie, 1826, p. 115, 126, 169.

(19) *Coquand*. Traité des roches. Paris, 1857, p. 261.

(20) —— L. c., p. 343-345.

Biblioth. univ. de Génève. Sur les expéditions faites dans le but d'explorer le Groenland pour les mines et les minéraux. Mars, 1856, p. 264.

(21) *Karsten*. Loc. cit.

(22) *Murchison, Duvernueil e Kayserling*. The geology of Russian in Europe. I, p. 481-482.

P. Claussen. Notes géologiques sur la province de Minas Geräes au Brésil. Bull. de l'ac. de Bruxell. Vol. I, 1841, p. 322 e seg.

(23) *Dufrenoy*. Étoile du Sud. Institut. N. 1096, 5 Janvier, 1855, p. 2.

(24) *Damour*. Sables diamantifères de Bahia. Institut, 1855, p. 77.

Rivot. Analyse d'un diamant en masse amorphe et compacte provénant du Brésil. Ann. des min., 4.me série, T. XIV. Paris, 1848, p. 419-422.

(25) *Despretz*. Compt. rend., 1853.

(26) *A. Favre*. Mem. cit.

(27) *Wöhler e S. Claire Deville*. Du bore.... Compt. rend. XLIII, N. 1088, p. 464, e XLIV, p. 342.

(28) *Berthelot*. Recherches sur le soufre. Compt. rend. N. 8, 1857, p. 379 e seg.

(29) *S. Claire Deville*. Emanations volcaniques. Comp. rendus, 1857. N. 2, p. 58 e seg., ed undici lettere ad E. de Beaumont inserite ne' Compt. rend., 1854, 1855, 1856.

Coquand. Traité des roches, p. 152-154.

Abich. Sur une roche tufacée abondante en soufre du plateau de Dyadin. Institut. N. 1184, 1856.

(30) *Palmieri e Scacchi*. Descrizione dell'eruzione vesuviana del 1850. Napoli, 1855.

Monticelli e Covelli. Prodromo di mineralogia vesuviana. Vol. I, Orittognosia.

(31) *Palmieri e Scacchi*. Loc. cit. — Palmieri rinvenne ultimamente l'argento fra le produzioni delle fumarole vesuviane. v. Lettera 3.a al Presidente del consiglio della pubblica istruzione del regno delle Due Sicilie. Napoli, 20 luglio 1857. Gazzetta di Venezia, 26 agosto 1857.

S. Claire Deville. Lettere citate.

H. Davy. Sur les phénomènes des volcans. Ann. des min. T. II, 2.e série, 1832.

Breislack. Institution géologiques. Milan, 1818. T. 3.

(32) *A. Burat*. Études sur les mines. Paris, 1845.

(33) *Pissis*. Orographie des Andes du Chili. Institut, N. 1115.

J. Domeyko. Notice sur un terrain stratifié situé dans le haut des Cordillières.... Ann. des min. T. 18, 3.me serie, 1840, p. 56.

(34) *A. Burat*. Études sur les mines. Supplément, p. 154 e seg.

(35) —— Loc. cit., p. 224 e seg.

P. Savii. Studii geologici sulla Toscana. Pisa, 1833.

(36) *Pissis*. L. c.

(37) *A. Burat*. L. c., p. 70 e seg.

(38) *Em. Reuss*. Fragmente zur Entwickelungsgeschichte der mineralien. Sitzungsberichte der k. Akad. der Wissensch. Jahrgung, 1856, XXII Band, 1. Hetf., p. 129.

(39) *A. Burat.* Géologie appliquée aux arts. Paris, 1845, p. 138 e seg.

(40) —— Études sur les mines, p. 37.

(41) *Daubrée.* Mémoire sur le gisement, la constitution et l'origine des amas de minerai d'étain. Ann. des min. T. XX, 3.me série, 1841, p. 65.

(42) *Savii.* L. c.

Burat, l. c.

Dufrenoy, op. cit. Vol. II, p. 466.

(43) *Rivot.* Gisement du cuivre natif au lac supérieur. Institut, N. 1122, 1855.

(44) *Stephen.* Sur les gemmes et les cristaux d'or du comté Victoria en Australie. Soc. geol. di Londra, seduta del 1.° marzo 1854. Bibl. univ. de Génève, septembre 1854, p. 74.

R. N. Rubidge. Sur la géologie de quelques parties de l'Afrique méridional. Institut, N. 1129.

(45) *Daubrée.* L. c.

(46) *Daubrée.* Expériences sur la production artificielle de l'apatite.... Compt. rend., 1851. T. XXXII, p. 625.

(47) *Hochstetten.* Institut, N. 1176.

(48) *Durocher.* Production artificielle par voie sèche des principaux minéraux. Compt. rend., 1851. T. XXXII, p. 823.

(49) *Sénarmont.* Expériences sur la formation des minéraux par voie humide. Compt. rendus, 1851. T. XXXII, p. 409.

(50) *F. Kuhlmann.* Formation artificielle de l'argent corné. Institut, 1856. N. 1157.

(51) *Becquerel.* Compt. rend., 1855. T. 1, p. 19. — 1856, N. 24.

Burat. Études sur les mines, p. 125.

Henwood. Mémoire sur les courants électriques dans les filons de Cournouaille. Ann. des min. T. II, 3.e serie, 1857, p. 761.

(52) *Becquerel.* Sur les actions lentes produites sous les influences prolongées de la chaleur et de la pression, 1857. C. rend.

(53) *Fournet.* Aperçus relatifs à la théorie des gîtes métallifères. Compt. rend., 1856 e 1857.

(54) *Nicklès.* Présence de la vivianite dans les ossemens humains. Institut, N. 1148.

(55) *Kindler.* Observations sur la formation de quelques minerais de fer. Ann. des min. T. II, 3.me série, 1857.

(56) *Reuss.* L. c.

—— *Catullo.* Elementi di mineralogia. T. II, p. 392.

(57) *Ebelmen.* Oxyde de manganèse alcalifère. Ann. de min. T. XIX, 1841, p. 158.

Berthier. Manganèse de Ludwigsthal. Ann. des mines. T. 2, 1837, p: 491.

Vogel de Münich. Sur le degagement du gaz acide carbonique et du chlore provenant du peroxyde de manganèse. Institut, 1856.

(58) *Fournet.* Notice sur les plombs carbonatés. Ann. des min. T. III, 1853, p. 522.

Hausman. Sur les changemens de formes de corps solides.... Institut, 1856, N. 1157.

F. Perl de Freyberg. Ann. des mines. T. VI, 1854, p. 267.

Haidinger. Institut. N. 1114.

(59) *Raby.* Notice sur le gisement de divers minerais de cuivre de S. Bel et de Chessy. Ann. des min. T. IV, 1853, p. 401-408.

(60) *J. Domeyko.* Mémoires sur les minerais oxysulfurés de cuivre du Chili. Ann. des min. T. XVIII, 1849, p. 75.

(61) *Rose.* Minerais de l'Altai.

(62) *Domeyko.* L. c.

—— *Reuss.* L. c.

(63) *Dufrenoy.* Traité de minéralogie. Si consultino i volumi II e III per le alterazioni ed associazioni de' metalli.

(64) Sur un cuivre gris de Poratsch. Institut, N. 1159 e 1856.
Weidenbusch trovò in un rame grigio di Schwarz in Tirolo 15, 5 p. % di mercurio allo stato di solfuro, e forse di bisolfuro. Institut, 1849, p. 60.
Hantefeuille. Cuivre natif argentifère du lac supérieur. Institut, N. 1179, 1856.
Formation mercurifère d' Idria. Institut, N. 1203, 1856.
(65) *G. Rose.* Note sur la composition chimique de l' or natif.... Ann. des min. T. V, 1834, pag. 157.
S. Claire Deville e Debray. Metaux contenus dans le minerai de platine. Comp. rend. XLIV, 1101.
(66) *Reuss.* l. c.
(67) *Breislack.* Institutions geologiques. T. III.
(68) —— L. c.
Collegno. Elementi di geologia. — Capitolo delle eruzioni.
Palmieri. Sulle nuove fumarole del Vesuvio. Nuovo cimento. T. V, aprile 1857, p. 241-244.
(69) *Breislack.* L. c.
(70) *Paolo Savii.* L. c.
(71) —— L. c., p. 93 e seg.
(72) *Coquand.* L. c., p. 324 e 325.
(73) *Breislack.* L. c.
(74) *Coquand.* L. c., p. 78 e seg., p. 116-119.
(75) *P. Savii.* L. c.
(76) *Al. Brongniart.* Essai sur les orbicules siliceux et sur les formes à surfaces courbes qu' affectent les agates... Ann. des sc. nat., 1.e serie. T. XXIII, p. 166.
(77) *Durocher.* Recherches sur les roches et les minéraux des îles Feroë. T. XIX, 1841, p. 547.
Le pseudomorfosi della serpentina in augite ed in anfibola illustrate da *Quenstedt*, *Haidinger*, *Hermann* e *Rose* dimostrano che siffatta sostanza minerale è in un grande numero di casi il prodotto della decomposizione de' silicati magnesiferi, O. Institut, 1551, p. 200. Considerata sotto questo punto di vista, la serpentina resta ancora nella classe PERIGENA, come residuo della decomposizione de' silicati. Nè ciò toglie che le specie dalle quali deriva la serpentina si debbano considerare siccome metamorfiche, tali essendo provate dall' insieme dei fatti geologici sopra discussi.
(78) *G. Rose.* Sur la formation de la chaux carbonate et de l' arragonite. Pogg. ann. 1837, N. 11.
Hausmann. Institut, N. 1143.
(79) *Coquand.* Loc. p. 328-330.
Sterry Hunt. Institut, N. 1122, 1855.
(80) *Coquand.* L. c., p. 339-342.
(81) Biblioth. univ. de Génève. Mai, 1857. Bull. scient., p. 58.
(82) *Ebelmen.* Sur la cristallisation de la Cymophane. Compt. rend. T. XXXII, 1851, p. 713.
Damour. Nouvelle analyse de l' Euclase. Institut, N. 1113, 1855.
(83) *Fournet.* Sur l' état de surfusion du quarz. Compt. rend. T. XVIII, 1844, p. 1050.
(84) *Daubrée.* Notice sur la présence de l' axinite dans une roche fossilifère des Vosges. Compt. rend. T. XVIII, 1844, 870.
(85) *Coquand.* L. c., p. 308-311.
(86) —— L. c., p. 316 e seg.
(87) *Damour.* Sur la Perowskite. Institut, N. 1105, 1855.