

SULLE
ASSOCIAZIONI POLIGENICHE

APPLICATE ALLA CLASSIFICAZIONE

DEI

SOLFURI MINERALI

MEMORIA

DEL PROF. CAV. LUIGI BOMBICCI

ACCADEMICO ONORARIO DELL'ACCADEMIA DELLE SCIENZE DELL'ISTITUTO
BOLOGNESE; MEMBRO DI ALTRE ACCADEMIE ED ISTITUTI SCIENTIFICI;
MEMBRO DEL COLLEGIO MATEMATICO E PROFESSORE ORDINARIO
DI MINERALOGIA NELLA R. UNIVERSITÀ DI BOLOGNA, EC. EC.



BOLOGNA
TIPI GAMBERINI E PARMEGGIANI
1867

*Memoria letta all'Accademia delle Scienze dell'Istituto di Bologna
nelle Sessioni 21, 27 Marzo e 4 Aprile 1867; premiata, e
pubblicata nel T. VI. delle Memorie di detta Accademia.*



È per me dovere e soddisfazione ad un tempo, iniziando in quest' Aula le mie letture intorno scientifici argomenti, ripetere ai chiarissimi Accademici che vollero accogliermi nel loro consesso quale Accademico onorario, l' espressione della mia sincera gratitudine; so bene che il migliore, il più utile modo di dimostrar loro, sia il mio aggradimento per tale onorificenza, sia l' alto pregio in cui da me la si tiene, consiste nell'ingegnarmi con ogni mia attitudine all' incremento della scienza, al decoro del nome Italiano; questo essendo altresì il mio ardente, immutabile desiderio, faccio voti perchè al suo soddisfacimento non contrastino tardità d' intelletto o sfavore di circostanze; ma ad ogni modo, sarà per me causa potente d' incoraggiamento e di emulazione il succedersi di egregi esempi appunto in quest'aula medesima; talchè provo vieppiù grande il trasporto per lo studio accurato delle tante e preziose produzioni mineralogiche del suolo italiano, e per le

ricerche sperimentali sulla artificiale produzione delle specie inorganiche; nella fiducia ancora di poter quivi annunziare talvolta qualche nuova e profittevole osservazione.

Scopo principale della presente Memoria si è l' esporre e sottomettere al vostro parere, chiarissimi Accademici, una classificazione dei solfuri minerali, diretta non solo al razionale ordinamento dei solfuri medesimi, quanto a stabilire le idee e le norme per modificare opportunamente la classificazione generale delle specie mineralogiche.

In quella classificazione avendo profittato oltre che della teoria atomistica, di speciali vedute sui cambiamenti di stato fisico della materia e sulla formazione dei composti chimici, debbo esporle ed avvalorarle prima di presentarne l' applicazione; avvertendo fin d' ora, che nella teoria sui cambiamenti di stato fisico, non avvi di mio proprio che la discussione e l' utilizzazione fattane per ispiegare varii fenomeni di fisica molecolare; che nella teoria sulle associazioni dei composti chimici m' appartiene soltanto un punto di vista che suppongo nuovo, e l' illustrazione razionale e sperimentale del medesimo; il qual punto di vista sembrami sorto nel mio pensiero dopo la lettura di un capitolo del classico trattato di mineralogia del Beudant, sul calcolo dei miscugli; infine, che nella annunciata classificazione dei solfuri, è di tutta mia responsabilità la forma, l' idea, e l' applicazione delle indicate teorie; ed amo sperare che l' intimo legame esistente fra le tre parti della presente Memoria varrà a giustificare la complessiva esposizione che mi accingo a darne, quasi fossero esse tre parti altrettante divisioni di un solo argomento.

PARTE PRIMA

GLI AGGRUPPAMENTI MOLECOLARI O PARTICELLE FISICHE DEI CORPI

Fino dal 1860, nella esposizione dei più notevoli fenomeni di mineralogia fisica e di cristallogenia, nella scuola mineralogica di questa R. Università, e nel libro pubblicato per coadiuvarla, richiamavo il fatto degli *aggruppamenti molecolari*, vale a dire della produzione di *particelle fisiche* propriamente dette, nell'atto, sia dei cambiamenti di stato della materia, sia dei cambiamenti nelle proprietà fisiche della materia permanentemente solida e costante nella sua chimica natura.

Riassumo alcuni fra gli argomenti che mi sembrano più valevoli a dimostrarlo ed a renderlo prezioso nella spiegazione *dell' indole* di certe apparenti eccezioni alle meglio definite ed accettate leggi della fisica generale.

Questo fatto, che debbo qui considerare quasi esclusivamente nei corpi cristallini e nei liquidi del regno inorganico, può enunciarsi così:

Nella liquefazione dei gas, nella solidificazione reale dei liquidi, e nel mutamento delle fisiche proprietà dei corpi, si costituiscono speciali aggruppamenti meccanici di molecole chimiche; nelle particelle complesse che ne risultano l'ordinamento meccanico può essere identico o diverso per i differenti corpi, ma è sempre diverso nei vari stati fisici di un corpo medesimo.

Per ciò, oltre ad ammettere la reciproca adesione degli atomi nelle molecole chimiche, subordinata al fenomeno generale delle doppie decomposizioni, ed il costituirsi di queste molecole in composti chimici più o meno complessi ossia di vario tipo, credo che le molecole di qualsiasi ordine, nell'atto del cambiamento di stato o di condizione fisica generino gli aggruppamenti molecolari o particelle

fisiche propriamente dette; e che queste sole possano avere un significato diretto nelle ricerche teoriche o sperimentali sulla costituzione fisico-molecolare dei corpi e sulla produzione dei cristalli, non differendo nelle loro attitudini cristallogeniche dalle molecole integranti dell' Haüy se non per l' attitudine a costituirsi in sistemi poliedrici numerosi e variati invece che nel semplice tetraedro, nel prisma a base triangolare e nel parallelepipedo.

Eccomi al rapido riassunto delle considerazioni che confermano l' esistenza di questi aggruppamenti molecolari e guidano, oso sperarlo, al rinvenimento delle relative leggi.

Nell' atto di un cambiamento di stato per abbassamento di temperatura (liquefazione di vapori o gas, congelamento di liquidi), avvi svolgimento di calore la cui quantità si ammette esattamente la stessa che venne assorbita durante le corrispondenti fasi del cambiamento inverso. Troviamo p. e. per l' esperienze del Person, di Silbermann e di Favre che nell' atto della solidificazione o liquefazione le seguenti sostanze previamente fuse o volatilizzate svolgono tali quantità di calorico latente che considerate in una data unità di peso (1 Chil.), ed espresse in calorie conducono alle relative cifre che appresso:

<i>Liquefazione di gas (1).</i>	<i>Solidificazione di liquidi.</i>
Etere solforico, calorie, circa 91	Fosforo calorie, circa . . . 5
Etere acetico. . . . 106	Solfo 9
Acido formico 169	Bismuto 12
Alcool assoluto 208	Argento 21
Spirito di legno 264	Azotato di Potassa . . . 47
Vapore acquoso 536	Acqua 80

(1) Se nelle liquefazioni dei gas si hanno cifre più elevate che nelle solidificazioni dei liquidi ciò trovo naturale, perchè ammettendo nei liquidi già esistente l' aggruppamento questo non fa che cambiare di meccanismo nella solidificazione; deve invece originarsi affatto nelle liquefazioni dei corpi gassosi.

Bisogna pertanto ricordare che lo sviluppo del calorico latente può non coincidere coll'atto del cambiamento di stato, ma precederlo talora sensibilmente, come venne constatato dall'Ermann per l'acqua; questi fatti significano che il calorico latente corrisponde ad un lavoro meccanico, il quale è differente nelle varie sostanze e nei varii cambiamenti fisici di una sostanza medesima; è proporzionale esattamente alle quantità di calore svolto od assorbito; è indipendente dal maggiore o minore sviluppo della struttura cristallina ed è esercitato unicamente sulle molecole chimiche, preesistenti al compiersi del fenomeno; le quali molecole restando inalterate nella intima loro natura durante esso e dopo di esso, sarebbero tuttavia passive rispetto al disequilibrio calorifico, ossia ad una modalità di movimento.

E quivi sembrami quel lavoro meccanico potersi giustamente interpretare siccome l'opera edificatrice o demolitrice del calore, vale a dire, corrispondere all'impiego del calorico in una costruzione di speciali aggruppamenti nelle liquefazioni dei gas e nelle solidificazioni dei liquidi, ed in una distruzione o in un mutamento di quelli aggruppamenti nei cambiamenti di stato inversi. Senza di questo, rimarrebbe inesplicabile il repentino disequilibrio calorifico, giacchè il progressivo avvicinamento od allontanamento delle molecole nelle ordinarie dilatazioni e contrazioni di volume, senza cambiamento di stato, è progressivo e proporzionale alle temperature entro limiti abbastanza lontani.

Ricordo altresì, come notevolissimo in proposito, che i coefficienti di dilatazione di certi corpi suscettibili di allotropie, come il Solfo ed il Selenio, decrescono coll'aumentare della temperie a certi determinati gradi di calore, inversamente a quanto accade per i liquidi ed i solidi in generale; (esp. di Despretz, di Moitessier ecc.) Inoltre, che il repentino svolgimento di calore nell'atto delle solidificazioni è frequentemente accompagnato da subitanea variazione, talvolta da considerevole aumento nel volume della massa, ciò che prova la solidificazione non dipenderne

da semplice, graduato avvicinamento delle molecole che la costituiscono (Esp. di Kopp. e di Billet ecc.) (1).

A provare poi come la massa intiera dei singoli corpi, tutti cioè gli elementi fisici che la compongono, prenda parte a questo fenomeno interviene l'irresistibile potenza dello sforzo che ne risulta, reso evidente dalle notissime sperienze col ghiaccio, col bismuto ec., congelantisi in vasi resistentissimi ed ermeticamente chiusi, scoppiati nell'atto del cambiamento di stato. Ma gli elementi fisici di una massa in istato di fusione, sia pure all'istante della sua solidificazione sono le particelle proprie dello stato liquido; e solo supponendole astrette alla generazione di nuovi sistemi o gruppi, e trasformate come dice elegantemente il Tyndall in piccoli giganti, che possiamo spiegarci l'aumento di volume della massa che si raffredda e congela e l'enorme sforzo contemporaneo.

Ma lo svolgimento o l'assorbimento del calorico latente non ha luogo soltanto nei cambiamenti di stato propriamente detti. La storia delle proprietà del Solfo a modo d'esempio pone in evidenza che altrettanto accade nel prodursi dei varii stati allotropici di cui esso Solfo è suscettibile, serbando lo stato di solidità; e la storia dei cor-

(1) Dalle esp. di Kopp. e di Billet si hanno varii risultati importanti anche sotto il punto di vista degli aggruppamenti molecolari, e delle solidificazioni non dipendenti da solo avvicinamento delle molecole chimiche. Riporto alcune cifre sulle dilatazioni verificate nell'atto della solidificazione di alcune sostanze.

Fosforo solidificandosi, dall'unità di vol. passa a	1, 034
Stearina.	1, 049
Fosfato di soda idrato	1, 050
Solfo	1, 050
Cloruro di calcio.	1, 096
Acido stearico.	1, 110

Notevole la stearina, che a 50.^o diminuisce di volume nel rapporto di 1 : 0, 977; a 59.^o . 60.^o torna a dilatarsi. A 60.^o fonde ed allora istantaneamente cresce di volume nell'indicato rapporto di 1 : 1, 049.

pi polimorfi in generale conduce alla constatazione di simile effetto quando si cangia più o meno rapidamente e completamente la costituzione cristallina. Infatti è noto che passando il Solfo plastico allo stato di Solfo fragile svolge tanto calore da elevare bruscamente di oltre 12.° la sua temperatura; ed è pur noto che portato il Solfo molle a 100.°, ad un tratto, quasi spontaneamente raggiunge la temperatura di 100.°; e che il Selenio in analoghe condizioni perviene a quella di 140.°, tutto ad un tratto ripigliando questi corpi le loro normali proprietà.

Cosa è avvenuto in questi singolari disequilibri termici?

Tutti ammettiamo siasi compiuto un lavoro meccanico; forse nell' intima natura delle molecole chimiche? nò, perchè le proprietà specifiche di queste, la costituzione atomica loro propria, la loro atomicità relativa, sono rimaste costanti, e perchè tanto nei corpi semplici quanto nei composti tali fenomeni si compiono senza variazione notevole dei chimici caratteri. Bensì il lavoro meccanico si è operato fra le molecole stesse venendo queste obbligate ad assumere posizioni rispettive di nuovi equilibri meccanici, a produrre nuove forme di aggruppamenti, variabili entro limiti determinati, corrispondenti alle indicate temperature.

Così si spiega perchè il Clöz dallo stesso cloruro di Solfo ottenesse mercè l' azione dell' acqua Solfo solubile e Solfo insolubile secondo la rapidità della reazione, confermandosi, per tale concetto, non già infirmandosi siccome alcuni distinti chimici hanno creduto (Naquet; princ. de Chimie 1865), l' opinione del Berthelot che il solfo medesimo sia elettropositivo nei composti ove entra allo stato amorfo, sia elettronegativo in quelli dei quali fa parte allo stato cristallino, solubile. (Ann. de Ch. et Phis. T. XLIX. 3. Serie. — Compt. rend. T. XLVII.)

È agevole d' altronde l' immaginare la molteplice modalità degli aggruppamenti per uno stesso corpo, mercè l' opera di un numero costante delle sue molecole ordinate con

diverse simetrie relative; e più facile ancora si è il concepire differenti aggruppamenti prodotti dalle variazioni anche nel numero delle molecole componenti; ciò valendo a rendere accessibile al pensiero l'attitudine di un medesimo corpo ad offrirsi in numerosi stati allotropici, cioè di identità chimica e di variazione fisica, come ne danno istruttivi esempi il Carbonio, il Silicio, il Boro, il Solfo, il Fosforo, l'Ossigeno stesso.

Giova intanto notare, che se esistessero dei corpi pei quali nel passaggio dallo stato liquido al solido o viceversa, tutto si riducesse ad una semplice variazione di distanza fra le molecole, variazione progressiva, direttamente proporzionale alla temperatura, quei corpi non dovrebbero assorbire o svolgere calorico latente sensibile. Corpi siffatti esistono, fino ad un certo grado; il vetro comune, o i vetri di borace, di fosfato di soda e d'ammoniaca ec.; certe resine, e perfino varii metalli quali il Potassio, il Sodio, ed il Ferro puro malleabile, amorfo, sottoposti al riscaldamento acquistano mollezza crescente colla crescente temperatura, finchè divengono fluidi e liquefatti senza che alcuna subitanea manifestazione di calore segni il vero punto della loro fusione. Passando per la condizione di pastosità, presentano altresì, inversamente a quanto accade per i corpi fusibili in generale, un accrescimento di temperie nella loro massa, sensibile al termometro, e ciò fino alla completa liquefazione, della quale è perciò impossibile precisare l'istante e la temperatura propria. Quei corpi raffreddandosi ripigliano gradatamente lo stato di normale solidità, sempre perdendo gradatamente l'acquistato calore; di guisa che io trovo in quei vetri, in quelle resine, in quei tali metalli, piuttosto l'apparenza, il simulacro di quello che la vera natura dei corpi solidi, credo poterli considerare dal lato teorico ed in questo special punto di vista come permanentemente liquidi, malgrado la ragguardevole durezza che di soventi gli caratterizza; e

sembrami che il nome di *Pseudosterei* possa loro attribuirsi (1).

Non sarà forse possibile solidificare realmente questi liquidi indurati, questi corpi pseudosterei, riconducendoli al tipo dei solidi veri, ed offrire così prova assai convincente dell' esistenza di aggruppamenti molecolari e del loro prodursi nei cambiamenti di stato?

Basterebbe con un qualsiasi artificio, impedendo la contrazione graduata di una loro massa resa incandescente, rapidamente raffreddandola, obbligare il calorico che le era proprio a produrre un lavoro meccanico interno onde dar luogo all' equilibrio, il quale lavoro meccanico non potrebbe in tal caso effettuarsi che sulle molecole interne e consisterebbe in un nuovo ordinamento delle medesime nella creazione di nuovi modi di aggruppamenti molecolari. Un tale opportuno artificio è conosciuto, praticato, utilizzato anche nelle arti, è la tempra, e non farò che ricordare di volo come la tempra induca nel ferro, nel vetro, ecc... variazioni notevolissime nel grado di durezza, d' elasticità ecc., positive o negative, a seconda dei corpi che vi si assoggettano.

I fenomeni singolari delle lagrime bataviche, delle fiale di Bologna, e di alcune sfere di Ossidiana o vetro dei vulcani, mentre dimostrano la grande influenza della tempra, palesano altresì l' esistenza recondita d' instabili equilibri, la dissimulata tensione di aggruppamenti molecolari generatisi nell' atto del subitaneo raffreddamento, e pronti a

(1) L' idea di solidità di un corpo è in gran parte convenzionale quando la si faccia solo dipendere dalla resistenza che il corpo oppone alle azioni meccaniche, e dalla permanenza della forma sua propria. Quell' idea, desunta invece dal criterio dei disequilibri calorici nell' atto dei cambiamenti di stato fisico, e degli aggruppamenti propri dei varii stati fisici, diviene realmente giusta e scientifica, e si accorda bene col concetto apparentemente paradossale di stato liquido nei corpi duri e resistenti. Di più, la grande attitudine dei vetri a disciogliere gli ossidi metallici e quasi in ogni proporzione, con uniformità, spesso con limpidezza nella colorazione, è un dato di nuova analogia con i liquidi, considerati quali solventi normali dei corpi solidi in generale.

disfarsi violentemente appena se ne renda discontinua la superficiale compage.

Del pari, se la trasformazione del calore acquistato da una massa di vetro nella sua fusione, in calorico latente generatore di nuovi equilibri molecolari potesse compiersi gradatamente, favorire la genesi di particelle fisiche cristalline, dovremmo vedere il vetro assumere struttura differente per i compiutisi aggruppamenti; ed anche questo è possibile, come lo dimostra la così detta *Porcellana di Réaumur, vetro devitrificato*, sostanza di struttura cristallina, attiva sulla luce polarizzata, mentre sappiamo inerte il vetro propriamente detto; la quale Porcellana di Réaumur si ottiene, come è noto, appunto esponendo il vetro comune ad una durevole dilatazione della sua massa mercè non lieve e prolungato riscaldamento. (1).

È noto che l'anidride arseniosa (acido arsenioso), può, per allotropia, assumere lo stato cristallino rappresentato da bei cristalli ottaedrici regolari, e lo stato decisamente amorfo, vetroso.

Sciolta la modificazione cristallina nell'acqua calda ed acidulata, si depongono per raffreddamento i cristalli ottaedrici; sciolta la modificazione vetrosa, prima che i cristalli si producano, svolgesi nel liquido con bagliore una viva manifestazione luminosa di cristalli; del resto, sono pure ottaedrici come nell'esperienza precedente.

Nel primo caso, le particelle dell'anidride sono già costituite nello stato di solidità poliedrica, e si mantengono, disciogliendosi; nel secondo caso, si conservano, sciogliendosi, nello stato vetroso o di pseudostereismo, e istan-

(1) Il vetro assoluto, omogeneo, realmente amorfo è difficilissimo, forse impossibile a realizzarsi nella pratica; nella maggior parte dei vetri ordinari, nei cristalli delle migliori fabbriche sonosi riscontrate proporzioni variabilissime di particelle diffuse (Mem. di Ch. Wetherill; Journ. Am. Sc. e Arti 1866). È frattanto verosimile, se non certo, che quelle particelle cristalline derivano da silicati a composizione definita e cristallizzabili, localmente prodottisi, e perciò di indole e di significato differente da quello del vetro propriamente detto.

taneamente assumendo poi la natura solida reale, svolgono la luce significativa del fenomeno.

Qui un altro fatto si aggiunge nel rendere viepiù chiaro il concetto di queste solidificazioni simulate o *Pseudo-stereismi*, nel fare sparire l'apparente paradosso di *solidi-liquidi*, di masse dure e resistenti, nondimeno classificabili con i veri liquidi per la loro molecolare costituzione. È il fatto della *superfusione*, forse più propriamente appellabile della *iperfusione* dei corpi.

Tutti sappiamo che i corpi si solidificano *normalmente* alla temperatura istessa della loro fusione; l'acqua a 0.°, l'acido acetico puro a 16.°, il fosforo a 44.°, il solfo a 110.°, lo stagno a 230.°, il bismuto a 262.° ec. ec. Ebbene, impediamo mercè una quasi assoluta quiete le oscillazioni delle molecole nelle masse fuse di quelle sostanze; le molecole (secondo le idee qui discusse, le particelle fisiche dello stato liquido), lentamente si avvicineranno col progredire del raffreddamento, e lo prova la diminuzione progressiva di volume della massa; si perverrà alla temperatura propria della normale solidificazione ed allora le molecole saranno di tanto vicine fra loro di quanto lo erano nell'istante che precedeva la previamente avvenuta liquefazione. Ma la massa non si solidifica, resta liquida. Prosegue l'abbassamento di temperie; le molecole *assumono posizioni, ed orientazioni relative differenti*, come lo dimostrano all'evidenza le dilatazioni che spesso si osservano nella massa, generano cioè, direi quasi *virtualmente*, gli aggruppamenti propri dello stato solido; ma il corpo non si solidifica, resta liquido; troviamo per tal guisa tuttora liquida l'acqua a — 20.°, liquido l'acido acetico puro a 7.°, ancor fuso il fosforo a 15.°... 16.°, ed il solfo, lo stagno, il bismuto ancor liquefatti a temperature assai più basse del grado di loro fusione.

Cosa ne impedisce la reale solidificazione? Unicamente la mancanza di una causa qualunque di movimento molecolare, che disturbi quelli instabili equilibri, che spinte alcune particelle verso i centri dinamici dei loro aggrup-

paamenti speciali costringa tutte le altre al medesimo effetto; la mancanza, in altri termini, di un impulso che agevoli l'effetto finale di quelle *polarità molecolari* le quali durante lo stato di superfusione non poterono che determinare per le singole particelle liquide le convenienti orientazioni.

Altrettanto può dirsi per il fenomeno analogo della *supersaturazione* delle soluzioni saline; poichè basta urtare questi liquidi così instabilmente equilibrati, soprattutto gettarvi una particella dello stesso sale disciolto, per vedere quasi istantaneamente prodursi, colla generazione delle particelle fisiche, la reale solidificazione della massa intera, e spesso la struttura ampiamente cristallina.

Che se il Despretz ottenne il protrarsi della superfusione di alcuni liquidi, agitandoli vivamente, questo conferma vieppiù l'idea suespressa; conciossiachè quel movimento rapido e irregolare contrariava di tanto la normale composizione degli aggruppamenti molecolari di quanto poteva forse contrariarla uno stato di quasi completo riposo. Nulla frattanto di più facile del verificare, al cessar della superfusione o della supersaturazione, il rapido elevarsi della temperatura verso i limiti normali delle fusioni dei solidi e delle saturazioni dei liquidi solventi.

Abbiamo incidentalmente e ripetutamente accennato alla conversione del calore in lavoro meccanico, fatto di grandissimo valore ormai da più anni acquistato alla scienza. In tale proposito giova avvertire, che il rapporto fra forza distrutta e calore generato, o viceversa fra calore eliminato e forza prodotta, in una parola, l'*equivalente meccanico del calore*, mentre è costante quando la materia che serve di mezzo alle sperienze conserva le sue proprietà, non esiste più ogni qualvolta in quella materia si verificano cambiamenti molecolari; (Boutau e d'Almeida, Phis. ec. cap. 4); certamente, perchè quel calore non si manifesta più con fenomeni dinamici di un solo e medesimo ordine, ma parte diviene latente o sensibile nel prodursi o distruggersi degli aggruppamenti molecolari, caratteristici del nuovo stato fisico verificato.

Finalmente, risulta dall'esperienza che il calorico specifico varia in un medesimo corpo indecomposto al variare delle sue possibili allotropie. Così p. e. risulta dalle esperienze del Regnault, che il calorico specifico del carbonio allo stato di

Nero animale è	0, 2608
Carbone di legna	0, 2415
Carbone delle storte	0, 2036
Grafite.	0, 2018
Coke di Litantrace.	0, 2008
Diamante	0, 1468

e che il calorico specifico del solfo varia come appresso :

Solfo nativo, cristallino	0, 1776
Solfo fuso da due anni	0, 1764
Solfo fuso da due mesi	0, 1803
Solfo recentemente fuso	0, 1844

Questa particolarità che obbliga a tener conto dell'ordinamento speciale degli atomi nei corpi semplici applicando la nota legge di Dulong e Petit, sulla costanza del prodotto del calorico specifico per l'equivalente chimico dei corpi suddetti accenna altresì alla parziale conversione del calorico specifico in calorico latente, destinato a presiedere alla costituzione delle differenti maniere di aggruppamento molecolare. Così p. e. le particelle fisiche del solfo fuso da due anni, assorbirebbero per costituirsi nel modo di loro speciale aggruppamento circa 1, 05 del calorico specifico proprio del solfo recentemente fuso; ed

in certo modo il calorico latente non sarebbe che il *calorico specifico dei singoli aggruppamenti* (1).

Queste considerazioni valgono specialmente per gli aggruppamenti molecolari dello stato solido. Abbiamo già fatto allusione all' esistenza di aggruppamenti nello stato liquido, quando cioè ne abbiamo accennata l' origine nelle liquefazioni dei gas, e gli abbiamo considerati attivi nel generare le particelle fisiche delle solidificazioni *reali*. Risulta perciò opportuno ricordare una proprietà fisica di certi liquidi, poichè il significato di questa proprietà offre nel nostro argomento non lieve importanza.

I fenomeni ottici, al pari degli altri tutti relativi alla dinamica dell' etere, dipendono nei corpi, (solidi, diafani), dalla struttura meccanica, essendo questa appunto che obbliga in certo modo le vibrazioni luminose a propagarsi, monorifrangendosi e birefrangendosi, a ridursi nei piani di polarizzazione, a deviare le orientazioni di questi piani in rapporto alle emiedrie e così via dicendo.

Ammessa come indubitabile la diretta influenza della fisica struttura e della *emiedria strutturale* in tali fenomeni, non possiamo più attribuire allo stato di liquidità l' idea di un ordinamento omogeneo di semplici molecole chimiche dal momento in cui troviamo alcuni liquidi suscettibili d' indurre nei piani di polarizzazione dei raggi luminosi la *deviazione rotatoria*.

È certo che nelle soluzioni liquide di acido tartrico, di canfora, di solfato ottaedrico di strichnina, e nelle essenze di trementina, di cedro e di cubebe, levogire alcune, dextrogire altre, esiste uno stato di aggruppamento molecolare oltre la molecola chimica; poichè la composizione

(1) La definizione qui proposta per il calorico latente, cioè *calorico specifico* dei singoli aggruppamenti, ossia *capacità calorifica* dei medesimi, sembrano assai giustificata dal fatto della sua costanza di quantità per i cambiamenti di stato di un medesimo corpo; della sua differenza nei corpi differenti; dal suo rendersi sensibile nel momento dei movimenti molecolari, quando cioè l' avvicinarsi rapido delle molecole genera urti, e la trasformazione in calore sensibile del movimento annullato.

e la natura chimica di quei liquidi non cambia al cambiarsi del senso della rotazione del liquido; non si altera, quando si uniscono due soluzioni identiche per composizione ma contrarie nel potere rotatorio, originandosi un liquido inattivo e *svolgendosi calorico latente*. D'altra parte, in una molecola chimica direttamente formata dagli atomi necessari alla sua esistenza non saprei immaginare uno stato *eniedrico* opportuno alle polarizzazioni rotatorie, ed alle loro differenti direzioni, mentre posso invece immaginarlo in un aggruppamento di molecole d'identica natura; e per quanto debba qui preferire gli esempi dedotti dal regno minerale non posso a meno di segnalare le proprietà ottiche delle soluzioni di canfora, descritte dal Descloizeau, e ricordarle in succinto. I cristalli di canfora, esagonali, *oloedrici*, sono privi di polarizzazione rotatoria; le soluzioni alcoliche di canfora deviano a destra od a sinistra il piano di polarizzazione a seconda dell'origine della canfora medesima, restando questa identica dal lato chimico, anche quando producesi una soluzione inattiva per il mescolamento di due soluzioni aventi potere rotatorio opposto.

Interpretando queste ed analoghe proprietà nel senso degli aggruppamenti molecolari, ed attribuendo alle loro variazioni fisico-meccaniche le varie attitudini dei liquidi e dei solidi in presenza dei raggi luminosi ecc. ecc. si trova perfettamente naturale quanto osserva il Descloizeau, esservi cioè soluzioni attive generatrici di cristalli parimente attivi; soluzioni attive, feraci di cristalli inattivi; infine soluzioni inattive, ma atte a fornire cristalli attivi sulla luce polarizzata.

E qui tralascio ogni altra considerazione su questo vasto argomento, abbenchè seducentissimo per dovizia di utili particolarità, amando meglio aggiungere ancora una osservazione rispetto allo stato dell'acqua nei composti chimici e nelle forme cristalline.

Considerata l'acqua nelle sue funzioni chimiche, non si offre al pensiero siccome acqua propriamente detta separandosene i componenti nell'atto della reazione, per or-

dinarsi nel sistema di equilibrio atomico del corpo che se ne costituisce.

Considerata nello stato di semplice interposizione la troviamo meccanicamente unita ed imprigionata fra gli strati di successivo accrescimento dei cristalli, variabile di quantità senza norme conosciute, rendendo talvolta umidi i cristalli medesimi, sprigionandosi facilmente per lieve riscaldamento, producendo la decrepitazione per riscaldamento più intenso e repentino.

Ma nello stato di *Acqua di cristallizzazione*, il fatto è più complesso e di assai maggiore rilievo. Senza far parte di una vera combinazione chimica, determina lo stato cristallino del corpo cui spetta; completa in certa guisa i singoli sistemi di molecole rendendoli atti alla costruzione delle forme poliedriche proprie del composto; infatti, la quantità ne varia al variare delle temperature nelle quali i cristalli produconsi, ma secondo regole definite (1); può eliminarsi col calore ed anche spontaneamente alla temperatura ordinaria, ma i cristalli si disfanno, si disgregano, passano a nuova modalità di forma, ripigliando la preesistente modalità se nuovamente dotati dell'acqua loro sfuggita. Il fenomeno del solfato cupro-potassico, caratterizzato come *curioso* dallo stesso Berzelius, (*Traité de Chimie* t. iv), dimostra vieppiù l'influenza favorevole dell'acqua, nel senso fisico, sulla cristallizzazione dei sali. I bei cristalli azzurri di quel solfato contengono 24, 42 per cento d'acqua di cristallizzazione, cioè l'ossigeno di questa sta all'ossigeno di ciascuna delle due basi come 1 : 6. Privati d'acqua, fusi, lasciatane raffreddare la massa, questa comincia a produrre dei nuovi cristalli, ma al momento della solidificazione completa, ribollendo vivamente, si riduce quasi per totalità in polvere incoerente.

Frattanto, il calcolo instituito sul calorico specifico dei composti cristallizzati *idratati*. (V. Naquet, *Chimie* pag. 76)

(1) L'ossigeno dell'acqua di cristallizzazione è un multiplo o sub-multiplo per un numero intero di quello della base salificabile. (Berzelius *Chim.* t. i.)

dimostra che l'acqua vi esiste *solida*; perciò, acqua solida a temperature superiori a 0.°, ossia ai limiti di normale consolidazione o congelamento dell'acqua, libera ed in massa. Ne risulta che questa solidità dell'acqua nei cristalli, non essendo l'effetto del raffreddamento, deve dipendere da speciali equilibrii delle sue particelle, fra loro medesime e con quelle del corpo cui si associano; in altri termini, da veri aggruppamenti molecolari.

Le fusioni acquose, così singolari e frequenti nei cristalli idratati, confermano, a mio credere, un tale concetto; dappoichè la temperatura che le determina, distruggendo quegli equilibrii ridona all'acqua la liquidità che le è propria fra 0.° e 100.°; disgrega le particelle poliedriche del corpo, ed obbligandole così a diffondersi nell'acqua come in un solvente origina una specie di fusione nella massa, finchè l'acqua non siasi considerevolmente evaporata.

È naturale che in siffatte condizioni ben difficile riesca alle particelle liquide ordinarsi in regolari aggruppamenti; sia per le tensioni locali del vapore acquoso e per i movimenti occasionati nella massa; sia per il rapido solidificarsi di questa; sia finalmente perchè le sue particelle debbono esser completate dall'acqua per generare veri cristalli; e difatto lo stato vetroso succede ben di frequente alle fusioni acquee dei corpi cristallizzati.

Non posso ormai rinunciare ad adottare una teorica, che per quanto io veda, non trova ostacoli nelle leggi e nei principii fondamentali della fisica e della chimica; riceve opportuna conferma da numerosi fatti sperimentali, e vale a darmi soddisfacente spiegazione *dell'indole* di molti fenomeni, alcuni dei quali, torno a ricordarlo, vennero fino ad oggi classati fra le questioni più problematiche e misteriose della scienza.

Di guisa che:

1.° Lo svolgimento e l'assorbimento del calorico latente nell'atto dei cambiamenti di stato fisico e di allotropie;

2.° Il decrescere, nei corpi suscettibili di allotropia, dei coefficienti di dilatazione all'aumentarsi della temperatura;

3.° Le variazioni di volume che accompagnano le manifestazioni positive o negative del calorico latente;

4.° La insensibile manifestazione di questo calorico nei cambiamenti di stato delle sostanze vetrose, resinose, amorfe ec.;

5.° I fenomeni della tempra, della superfusione, supersaturazione, e lo stato *pseudostereo* dei corpi;

6.° La deficienza dell' equivalente meccanico del calore nelle masse sottoposte a cambiamenti molecolari durante la constatazione dell' equivalente medesimo;

7.° Le variazioni del calorico specifico dei corpi indecomposti nelle loro modificazioni allotropiche, e l' interpretazione della differenza teorica fra calorico specifico e calorico latente;

8.° Le attività dextrogire e levo-gire delle soluzioni liquide dei corpi dotati di emiedria strutturale (vera emiedria);

9.° Lo stato solido dell' acqua di cristallizzazione nei cristalli di sali idratati, e la fusione acquosa loro propria, ed altre particolarità di minore rilievo, ricevendo dalla teoria degli aggruppamenti molecolari una spiegazione, se non completa (1), almeno assai meno vaga ed incerta di quelle fin ad ora loro attribuite; e riconoscendosi la possibilità di sottomettere al criterio del calcolo le questioni della forma e della maniera d' equilibrio di tali aggruppamenti nei solidi cristallini, nutro fiducia sia la teorica stessa favorevolmente considerata dai dotti ancora che qui mi circondano.

Ciò premesso, mi è d' uopo ancora dimostrare, come nella interpretazione della composizione chimica dei minerali, desunta dalle analisi, ed in quella delle sostituzioni per isomorfismo, sia utile indurre il punto di vista delle associazioni da me chiamate *poligeniche*, sempre accordan-

(1) Solo dalla conoscenza della vera natura degli atomi, dell' affinità chimica, dell' etere attivo come calore, luce, elettricità ec., si potrebbe avere completa spiegazione di fenomeni consimili. Evidentemente essi sono al di sopra delle forze dell' intelletto, e di ogni mezzo di osservazione.

do il fatto delle sostituzioni suddette colle atomicità proprie ai corpi nei quali si considerano.

PARTE SECONDA

L' ISOMORFISMO E LE ASSOCIAZIONI POLIGENICHE

Le immutabili leggi della chimica affinità e dell' attrazione molecolare, presiedendo all' originarsi dei minerali nelle varie regioni della crosta terrestre, come al prodursi dei corpi inorganici nei nostri laboratorii, lo studio comparativo degli uni e degli altri non solo riesce possibile ma offre altresì una evidente importanza.

Una ragione di diversità fra i minerali che cristallizzano nelle profondità del suolo ed i corpi che assunsero forme regolari negli apparati disposti dall' ingegno e dalla mano dell' uomo esiste realmente rispetto alle condizioni di spazio, di tempo, di forza attrattiva, di quantità di materia influenzata; rispetto ai gradi di calore e di pressione verificatisi durante le medesime unità di tempo; ma il vero ed unico significato di tale differenza stà massimamente nelle *quantità*, minimamente nelle *qualità* dei prodotti; e da ciò il frequente paralellismo delle serie dei minerali con quelle dei prodotti inorganici di laboratorio, e la reciproca loro concorrenza alla riduzione delle lacune praticamente inevitabili in ciascuna di esse serie, ancorchè complete nel senso puramente teorico.

Non avvi dubbio che lo studio chimico delle specie minerali costituisca l' argomento fondamentale per la conoscenza e la descrizione delle specie medesime; che il vero concetto di una specie minerale risieda principalmente nel tipo di composizione chimica al quale essa specie può riferirsi; risultando da tale maniera di vedere che dalle indagini chimiche non potrebbesi oggimai prescindere in

mineralogia quando non si volesse falsare lo scopo della scienza, rinunciarne la filosofia, paralizzarne le applicazioni alla geognosia ed alla tecnologia, ravvivare, in definitiva, il primordiale empirismo.

E questo sono venuto dicendo, chiarissimi Accademici, non tanto per combattere ancora la strana e ormai quasi caduta opinione di quei pochi che amando sottrarsi alle difficoltà delle analisi e dei chimici sperimenti proclamarono la mineralogia, quale scienza naturale, dover solo studiare i caratteri sensibili, non la sostanza intima degli oggetti inorganici naturali; quanto per giustificare nel loro scopo definitivo le presenti mie considerazioni, le quali tendono appunto a rischiarare fatti alquanto incerti della composizione chimica dei Minerali. È frattanto importantissimo avvertire, che in qualsiasi caso esiste uno stretto legame fra le proprietà chimiche dei corpi e la struttura loro molecolare; di guisa che nell'esame scientifico dei corpi inorganici i due punti di vista, fisico e chimico, non possono più andare disgiunti nè consecutivamente applicati, ma debbono invece servire l'uno di complemento o di controllo all'altro in un metodo razionale di ricerche.

È questione di fatto che molti composti minerali offrono come risultato delle analisi certi rapporti dai quali riesce impossibile desumere una formula complessiva, omologa ad alcuna di quelle direttamente derivate dai tipi chimici accettati nella scienza. Convenne fin ora adattarsi ad una strana arbitrarità nella repartizione dei componenti, ad una inquietante soppressione di alcuni fra questi nella costruzione delle formule dette razionali, spesse volte ad una incostanza anormale fra i rapporti dei radicali con i loro mineralizzatori, per i varii saggi di una medesima specie. Eppure le relative analisi furono ripetutamente constatate esatte; furono praticate sopra masse cristalline omogenee di aspetto, talora nitidamente cristallizzate e ne furono soggetto, in varii casi, bellissime specie minerali, frequenti nelle formazioni della crosta terrestre, quali fra le moltissime, la Tetraedrite e l'Enargite fra i solfuri,

la Matlochite, la Mendipite ed altri ossi-cloruri; la Columbite, la Samarskite, il Pirocloro fra i Tantalati; l'Hopeite e la Farmacosiderite fra i fosfati, infine l'Idocrasia, l'Axinite, la Tormalina, varie cloriti e varii serpentini fra i silicati.

Sentendomi potentemente attratto verso quanto conduce a semplicizzare le leggi introdotte nelle scienze di qualsiasi grado o carattere; a generalizzare i fatti più considerevoli e positivi; ammettendo che moltissimi enunciati di leggi, definizioni senza numero di cose e di idee, esistono per l' unica ragione dell' insufficienza dell' intelletto umano nel riconoscere i rapporti che ad altre leggi, ad altre definizioni gli subordinano, fui condotto a supporre che la maggior parte almeno delle formule mineralogiche, divergenti dai tipi meglio accertati della chimica generale, dovessero questa loro divergenza al non essere veramente *formule razionali*; bensì, artificiali, forzate espressioni di risultati analitici, desunte da ciò che erasi giudicato *unico* composto, e che poteva benissimo essere invece un' *intima regolare associazione* di più e svariati composti.

Riguardo infatti possibile che ad un composto minerale, anche nitidamente cristallizzato, possano aggiungersi composti differenti e molteplici, *costituendosi tuttavia solidali nel composto medesimo*, concorrendo cioè al suo equilibrio molecolare, non solo, ma benanche determinandone talora le speciali condizioni.

Debbonsi escludere in questo concetto, i miscugli meccanici di impurità o materie eterogenee incluse.

Non mi faccio illusione sulla difficoltà di confermare col ragionamento e coll' esperienza la probabilità di un tale concetto; ma avendo soprattutto in mira il richiamare sopra di esso l' attenzione degli scienziati per apprenderne e rispettarne le ragionate opinioni e farne tesoro, così proseguo animosamente e premetto l' esposizione delle vedute teoretiche, dei risultati del ragionamento a quella degli esperimenti che ho potuto istituire su tale soggetto.

Mi occorre dimostrare in primo luogo come la sostituzione chimica propriamente detta debba distinguersi dal fatto delle sostituzioni per assoluto isomorfismo. In secondo luogo, come il fatto del vero isomorfismo debba necessariamente accordarsi colle varie atomicità dei corpi indecomposti e dei radicali; come sia, cioè, impossibile la *diretta sostituzione* di corpi semplici o di radicali aventi atomicità differente, abbenchè suscettibili di proprietà geometriche opportune a detta sostituzione; finalmente, come sia pressochè insignificante in questi fenomeni l'isomorfismo esclusivamente geometrico o Plesiomorfismo. Dopo di che, cercherò illustrare il fatto delle associazioni che chiamo *poligeniche*, sul quale fondasi principalmente la classazione dei solfuri minerali più oltre descritta e che, amo ripeterlo, forma lo scopo definitivo di questa Memoria.

La sostituzione chimica propriamente detta, generalmente si verifica nei varii termini di una serie derivata da un tipo chimico prestabilito; è propria di certi corpi indecomposti, il cui reciproco rimpiazzarsi risulta operato direttamente dagli atomi. È propria di gruppi atomici aventi lo stesso elemento elettro-negativo, funzionanti da veri radicali composti, isoatomici; troviamo p. e. frequenti sostituzioni, atomo ad atomo, fra il Solfo, il Tellurio ed il Selenio, fra il Cloro ed i suoi analoghi, gruppo a gruppo fra i biossidi di Cromo e Manganese che funzionano quali radicali biatomici, i triossidi di manganese e di ferro, radicali monoatomici, e così via dicendo; non escludendosi da siffatte sostituzioni il possibile e forse generalissimo verificarsi di doppie decomposizioni.

In queste sostituzioni chimiche troviamo restare generalmente costante la composizione quantitativa dei corpi nei quali esse si verificano, tutte le molecole loro essendone interessate.

Parmi evidente, che nel considerare la sostituzione di atomi o di molecole chimiche nelle molecole complesse debbasi fare astrazione da qualsiasi concetto di forma; essendo impossibile ideare ed assegnare alle minime indivi-

sibili parti della materia ed alle loro unioni binarie, forme *speciali e paragonabili*; che se vogliasi pure dotare gli atomi di una forma è facile accorgersi che sarà d' uopo attribuire a tutti una forma medesima; e soprattutto, che le investigazioni dirette a fissare la natura fisica propria degli atomi conducono unicamente ad ipotesi, ad astrazioni più o meno vaghe ed incerte, senza giovare sensibilmente alla scienza vera e positiva.

Ma se, nel fatto delle chimiche sostituzioni vogliasi, come richiede il principio dell' isomorfismo, tener conto delle forme proprie dei corpi che si sostituiscono, e spiegar quel fatto in funzione di queste forme, risulta necessario riferirsi a gruppi complessi, razionalmente e materialmente dotati di forme proprie e paragonabili, e chiamare veramente *isomorfi* quelli soltanto nei quali alla isoatomicità chimica si associ forma cristallina uguale o compatibile (1).

Perciò, le molecole complesse, le particelle fisiche, gli aggruppamenti cristallogenici saranno gli enti attivi di queste sostituzioni le quali rientreranno nel criterio più esplicito e meglio definito dell' isomorfismo assoluto.

Scoperto dal Mitscherlich, circa mezzo secolo fa, il fatto delle sostituzioni per isomorfismo e formulato così: *un medesimo numero di atomi, disposti nella stessa guisa, produce una medesima forma cristallina, qualunque sia la differenza degli elementi*, grandemente se ne approfittarono chimici e mineralogisti; si utilizzò quel fatto nell' interpretare in più semplici guise le analisi dei composti includenti numerosi radicali metallici e mineralizzatori elettro-negativi; si estese a tutti quei corpi i quali isolatamente dotati di forme geometriche consimili trovavansi poi riuniti in proporzioni variabilissime nelle combinazioni chimiche; si attribuì alla variabilità delle proporzioni di un dato corpo in un dato composto un alto significato per dedurne il

(1) Ricordisi che il polimorfismo può indurre forme uguali o compatibili in quei corpi che isolatamente esaminati, nelle circostanze ordinarie, offrirono forme incompatibili per i rapporti dei loro parametri.

criterio del suo isomorfismo con i componenti normali, e si ammise l'isomorfismo ancora di sostanze aventi forme consimili ma non assolutamente uguali, distinte per tale condizione col nome di *omeomorfe*.

Si costituì in allora certamente una bellissima fase nel progresso della scienza chimica e della mineralogia; cessarono certe gare scolastiche; caddero empirismi ed esagerazioni; si generalizzarono vieppiù fatti di grande rilievo e l'assorellarsi della chimica e della cristallografia elevò la mineralogia a quel sublime grado che occupa oggidì con le altre scienze naturali. Ma vennero occasionati altresì alcuni notevoli inconvenienti.

La teoria atomica era in quei tempi ancor lungi dall'altezza ove oggidì la vediamo costituita. L'ingegnosa e facile teoria del dualismo elettro-chimico applicavasi indistintamente come ai corpi indecomposti del pari ai composti di qualsiasi ordine, e trovavasi perciò naturale e logico comprendere in un punto di vista unico le sostituzioni dei metalli e dei metalloidi, degli ossidi e dei binarii non ossigenati, dei sali monobasici e polibasici e così via dicendo; ciò semplificava alquanto la lista delle specie minerali e dei nomi più o meno barbari per esse inventati; paralizzava sensibilmente la febbre delle creazioni di specie nuove, la quale minacciò talvolta divenire epidemica; ma si forzava altresì l'indole chimica dei corpi ad isomorfismi bene spesso ipotetici, desunti cioè soltanto dall'incostanza delle proporzioni quantitative, e dal ravvisare meno complicata una formula ammettendo adatti alla reciproca sostituzione certi suoi componenti, abbenchè risultante uno da tre equivalenti ponderali di monossido, l'altro da un equivalente ponderale di sesquiossido; si sacrificavano finalmente senza pur sospettarlo le individuali atomicità dei corpi, le quali si presentano oggidì cotanto autorevoli nel caratterizzare i corpi medesimi, circa le loro attitudini chimiche, e quindi nel confermare o nel negare i già ammessi isomorfismi.

Dagli esempi che seguono si ha la dimostrazione della impossibilità di sostituzione per isomorfismo assoluto fra

gli atomi dei metalli eteroatomici, e più esteso svolgimento delle idee precedentemente esposte sopra questo importante argomento.

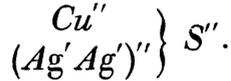
L' isomorfismo reciproco dell' Argento e del Rame è stato fino a questi ultimi tempi generalmente ammesso dai mineralogisti, che trovavano uniti quei due metalli, con grande incostanza di proporzione relativa in molte sostanze minerali, e vedevano il Rame e l' Argento allo stato nativo cristallizzare in forme identiche del 1.^o sistema.

Si rileva realmente dalle analisi, che certe varietà di sottosolfuro di Rame Cu^2S , *Calcosina*, contengono quantità variabili di Argento; che certe varietà di solfuro d'Argento Ag^2S , manifestano variabili quantità di Rame; e che la Strömeyerite (solfuro di Rame e d' Argento), geometricamente isomorfa colla Calcosina, sintetizza quasi il concetto di amendue le specie. Inoltre la Calcosina e l'Argirose suppongonsi dotate di dimorfismo corrispondente, per il quale sarebbero ambedue monometriche (Argirose ed Harrizite), ambedue trimetriche (Acantite e Calcosina); si producono in analoghe condizioni e non differiscono gran fatto nelle altre loro proprietà offrendo l' una e l' altra specie lieve durezza, compresa fra 2,.... 2, 5, una certa plasticità, fondendosi facilmente a basse temperature e facilmente riducendosi allo stato metallico.

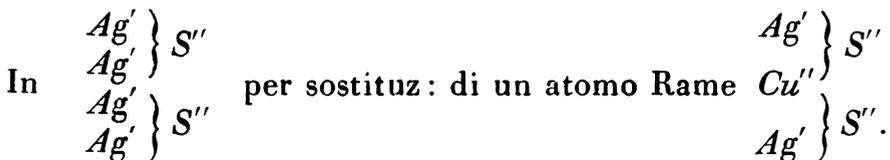
L' atomo d'Argento non può frattanto rimpiazzare direttamente quello di Rame e viceversa, opponendovisi la differente atomicità. L' equilibrio necessario all' esistenza ed al mantenimento delle proprietà di una molecola cesserebbe al mutarsi delle azioni dinamiche proprie degli atomi che la compongono; l' atomicità è il simbolo della attività dinamica degli atomi; è quindi impossibile la sostituzione, atomo ad atomo, del Rame all' Argento, e dell' Argento al Rame in una molecola di proprietà fisiche permanenti, perchè dotati quei metalli di diversa atomicità.

Sembrami del pari impossibile la sostituzione di molecole biatomiche di Argento ($Ag'Ag'$), ad altrettanti atomi biatomici di Rame (Cu''), come è espressa dalle seguenti for-

mule : la Calcosina $\left. \begin{matrix} Cu'' \\ Cu'' \end{matrix} \right\} S''$, sostituendosi $(Ag' Ag')''$ a Cu'' ,
diviene



Ivi mantiensì realmente l' equilibrio del sistema e la somma delle sue atomicità; ma varia il numero delle unità atomiche che formano la molecola; varia quindi il reale meccanismo di questa; debbono variare in conseguenza le fisiche proprietà che ne dipendono. La qual cosa vieppiù riesce chiara ad intendersi considerando il caso inverso, quello cioè della sostituzione del Rame all' Argento. Giova intanto notare, che se i due metalli avessero completo isomorfismo reciproco, ossia l' isomorfismo *fisico-chimico*, dovrebbero essere identici il modo ed il risultato delle loro sostituzioni. Pertanto, mentre abbiamo potuto concepire un mezzo di unione dell' Argento al Rame in *una sola molecola di solfuro*, troviamo ora inconcepibile dal punto di vista atomico l' unione del Rame all' Argento nelle stesse condizioni; si richiedono infatti *due molecole* di Solfuro di Argento per attuare la possibilità di tale sostituzione, la quale, se mantiene l' equilibrio atomico nel sistema, fa variare nelle formule, ed ora il vedremo, il numero delle unità atomiche nella molecola di tipo condensato che prende origine.



Varia l' intima struttura meccanica del gruppo, non rimanendone invariato che il rapporto delle atomicità.

È tuttavia possibilissima dal lato chimico la sostituzione così interpretata, e se ne hanno frequentissimi esempi nei composti derivanti da un medesimo tipo; ma non può definirsi qual fatto di isomorfismo propriamente detto, fisico-chimico, nel quale il meccanismo e la forma delle molecole partecipanti debbono venir conservati.

D' altra parte, se il Rame e l' Argento si rimpiazzassero reciprocamente e direttamente, o in altri termini, se nella molecola di Calcosina entrassero due atomi d' Argento, o se nella molecola di Argirose entrasse un atomo di Rame, un dato numero di molecole di Calcosina conterrebbe sempre un numero doppio di atomi d' Argento; un dato numero di molecole d' Argirose conterrebbe sempre un numero eguale di atomi di Rame; in conclusione, le quantità ponderali di Argento e di Rame trovate nelle analisi per l' unità di peso di quei minerali dovrebbero sempre essere invariabili; ma ciò discorda appunto dal risultato più comune delle analisi stesse, che segnalano, come abbiamo poc' anzi ricordato, proporzioni variabilissime di Argento e di Rame nella Calcosina, nell' Argirose e nella Stromeyerite.

Adunque, la sostituzione dei corpi con variabilità di rapporti ponderali, non corrisponde alle sostituzioni degli atomi nelle molecole chimiche primordiali; nè il vero isomorfismo può stabilirsi fra atomi dotati di atomicità differenti; non sono perciò isomorfi fra loro, il Piombo e l' Argento ($Pb'' - Ag'$), il Solfo e l' Arsenico ($S'' - As'''$), l' Argento e l' Oro ($Ag' - Au'''$), l' Ossigeno ed il Fluore ($O'' - F'$), nè possono sostituirsi fra loro direttamente atomo ad atomo, come non lo possono i metalli alcalini Potassio e Sodio ($K' - Na'$), con i terrosi Calcio e Magnesio ($Ca'' - Mg''$), e così via dicendo.

Saranno invece completamente isomorfi due corpi costituiti da molecole aventi lo stesso tipo di composizione e riunite in particelle fisiche uguali di forma; il loro iso-

isomorfismo sarà assoluto, perchè dipendente insieme da identità di attitudini chimiche e da geometrica compatibilità.

Credo superfluo impiegar qui molte parole per confermare quanto insignificante sia in queste considerazioni l'isomorfismo puramente geometrico o *plesiomorfismo*, quale lo troviamo rappresentato a modo d' esempio nella Magnetite e nella Zigueлина, nella Galena e nel Salmare, nella Calcite e nell' Azotato di soda, nella Sodalite e nel Granato; siffatto isomorfismo eteronomico non potrà che favorire in casi puramente eccezionali l' aggregazione delle particelle cristalline di composti chimici differenti, e geometricamente consimili, in masse cristalline espressive di bene altra cosa che della unità ed individualità di vere specie minerali cristallizzate.

Cercherò piuttosto far rilevare un' importante conseguenza del punto di vista qui adottato per l' isomorfismo propriamente detto. Verificandosi esso, siccome io penso, merchè la sostituzione di particelle fisiche aventi forma loro propria, ad altre di forma uguale e di composizione analoga, mentre non influirà sulla natura geometrica del composto al quale coopera, ne modificherà soltanto la qualità e la proporzione relativa dei componenti. Le particelle di composizione più o meno diversa potranno associarsi secondo differenti simetrie a seconda della varia preponderanza delle une sulle altre; conseguirà facilmente da tutto questo una variabilità nei risultati analitici del composto, ma questa variabilità non potrà, in generale, eccedere certi limiti, non sarà per così dire, infinita. Questa considerazione trova infatti opportuna conferma nelle analisi di molte specie, ove ciascun corpo isomorfo mantiene, sostituendosi, sensibilmente costante la quantità sua propria. (Es. Acidi fosforico e arsenico nella Liroconite, sesquiossidi di Ferro e di Alluminio nella Staurotide e in varii Pirosseni alluminosi; Calce e Magnesia nella Tremolite ec. ec.)

Tutto questo vale a render conto delle unioni nei medesimi gruppi molecolari elettropositivi o elettronegativi, del Rame, dell' Argento e del Piombo, del Solfo e dell' Arsenico, dell' Ossigeno e del Fluore, e di tanti altri,

malgrado le differenze delle atomicità nei corpi associati; offre naturale e semplice spiegazione delle variazioni angolari dei cristalli soggetti all'omeomorfismo; poichè non esigendosi per la possibilità dell'aggregazione simetrica delle particelle fisiche l'assoluta identità geometrica, le differenze morfologiche individuali si traducono in più o meno significanti variazioni del cristallo che si origina e che ne rappresenta la risultante definitiva (1); ma non rende ancora ragione del fatto fin da principio annunziato, della divergenza cioè di molte formule mineralogiche da quelle dei tipi meglio accertati dalla chimica generale. Ed eccoci alle *associazioni poligeniche*, oltre le quali troviamo i miscugli meccanici e le impurità delle masse, compatte o cristalline, o dei veri cristalli.

LE ASSOCIAZIONI POLIGENICHE

Fino dall'epoca delle prime analisi chimiche istituite sui minerali, dovette verificarsi la frequenza dei miscugli meccanici di sostanze differenti, con quelle prevalenti nei cristalli o nelle masse cristalline analizzate.

Il Beudant nel suo, in allora, eccellente trattato di Mineralogia, di cui la prima edizione comparve nel 1824, la seconda, molto più estesa e completa nel 1830, avvertì cotanto giustamente l'importanza di tener conto di siffat-

(1) Se la Calce e la Magnesia, ed a più forte ragione, se il Calcio ed il Magnesio si sostituissero nei loro carbonati, molecola a molecola, atomo ad atomo, non risulterebbe necessario che i valori offerti dalla misura goniometrica del romboedro della dolomite fossero appunto intermedi a quelli omologhi della calcite e della giobertite; anzi non si troverebbe neppure strettamente necessaria una variazione angolare dei cristalli. Nel concetto invece della sostituzione delle particelle fisiche poliedriche dei due carbonati omeomorfi, calcite e giobertite, comprendesi perfettamente come le differenze individuali si compensino, e come la forma che ne risulta debba presentare valori intermedi.

ti miscugli, soprattutto quando, per grande affinità, le sostanze commiste sono pressochè latenti, che illustrò con bene scelti esempi il fatto medesimo ed espose il calcolo per interpretarlo razionalmente. In varii trattati di Mineralogia, posteriori all' opera del Beudant si annunzia pure la frequenza di miscugli meccanici nella composizione dei minerali; talora vi si riproduce qualche calcolo analogo a quelli del nominato autore; ma non si esce dall' idea del miscuglio meccanico e non si fa seria applicazione dell' idea medesima alla traduzione delle analisi, alla costruzione delle formule.

Frattanto, le associazioni poligeniche, rappresentano, nel mio modo di vedere, una condizione intermedia fra le vere combinazioni chimiche (ivi comprese le sostituzioni per isomorfismo), ed i miscugli meccanici propriamente detti; hanno per ragione prima della loro esistenza la compatibilità chimica delle sostanze che si associano; sono coadiuvate dalle analogie di struttura; si producono perciò normalmente e non per semplice accidentalità.

Per agevolare l' intelligenza del concetto di queste associazioni poligeniche, comincerò dal confrontarle colle soluzioni dei corpi solidi nei loro liquidi solventi.

In una soluzione non avvi combinazione chimica nel suo vero significato, conservando i corpi che vi concorrono le loro proprietà, *ed assorbendosi del calorico*; nè avvi miscuglio meccanico o stato di sospensione delle particelle; e su di questo è inutile spender parole; vi è una aggregazione simetrica di particelle solide e di particelle liquide, consentita da certe speciali ragioni di forma da una parte e dall' altra (corpi solubili in un liquido insolubili in un altro; corpi analoghi di composizione, solubili alcuni, altri no, nel medesimo liquido); subordinata nel suo grado a leggi in parte conosciute (variazioni di solubilità al variare delle temperature, punti di saturazione ec.); spesso accompagnata nel suo attuarsi da mutamenti molecolari, quindi da squilibri termici, in generale da assorbimento di calore.

In una soluzione, al di sotto del grado della sua saturità ogni proporzione fra il corpo disciolto ed il suo solvente è possibile, e l' uniformità delle proporzioni realizzate nei singoli casi per ogni porzione del liquido che si esamini, dimostra il simetrico ordinamento delle particelle solide colle liquide solventi. Oltracciò, *in una soluzione di un dato corpo, ancorchè satura, possono sciogliersi altri corpi*, e si hanno notevoli studi su questo proposito.

Del pari in un' associazione poligenica, non essendovi combinazione chimica, non miscuglio meccanico, sarebbevi bensì aggregazione di particelle solide, consentita da speciali ragioni di composizione e di forma relativa, subordinata verosimilmente nel suo grado a leggi fisiche di cui giova cercare la formula, e caratterizzata al di sotto del limite di massima proporzione da grande variabilità di rapporti fra il corpo solvente ed il disciolto.

Di guisa che le associazioni poligeniche sarebbero distinte dalle soluzioni propriamente dette perchè compiute fra solidi e solidi invece che fra solidi e liquidi; sarebbero, sotto un dato aspetto, soluzioni di un corpo solido in un altro solido parimente.

Può tuttavia razionalmente osservarsi che avvi un' altra ragione di differenza. Nelle vere soluzioni, uno dei corpi essendo liquido può evaporarsi, eliminarsi, mercè altri corpi avidi di esso; può il potere solvente decrescere colle variazioni di temperatura. La sua liquidità consente allora alle particelle del corpo disciolto la riproduzione dello stato solido preesistente.

Nelle associazioni poligeniche ciò può sembrare impedito dalla rigidità del sistema; quindi potrebbe credersi che i due o più corpi associati, fossero permanentemente fissati nel rapporto di posizione originariamente conseguito.

Attentamente considerata la cosa, trovasi tal criterio di differenza meno valido che a prima vista non sembri; i fenomeni di movimento molecolare possono prodursi fra particelle solide, entro a solide masse; un' associazione poligenica può essere distrutta dalla concentrazione di uno

o di varii dei corpi che la costituiscono, generandosene, nei casi più caratteristici, gruppi cristallini entro i cristalli soggetti a queste modificazioni molecolari; di ciò non mancano esempi nel regno minerale (1).

Come è facile a rilevarsi, l'idea di queste associazioni poligeniche di corpi solidi, non sarebbe che una generalizzazione rispetto ad un gran numero di composti svariati, binari o salini, metalliferi o litoidei, del fatto ben conosciuto delle leghe, nelle quali la compatibilità chimica e molecolare induce fra i metalli, fusi insieme, una più o men grande adesione, intimità di unione, e *mutabilità dei caratteri individuali*, oltre il fatto della parziale combinazione in proporzioni definite e relativamente costanti, che si trovò ragionevole di considerarvi.

Osserviamo di volo, che in queste leghe *la grande arbitrarietà delle proporzioni fra i metalli componenti, e il compiersi delle liquazioni*, escludono pure l'idea di una combinazione chimica assoluta e completa per parte degli atomi; d'altra parte, le proprietà spesso nuove e caratteristiche delle varie leghe, il realizzarsi frequente di considerevole durezza, elasticità, sonorità e splendore, e di una speciale fusibilità, soprattutto le variazioni di temperie e di volume nell'atto dell'unione metallica (Esp. di Gellert e Kraff. ecc.), escludono alla loro volta la produzione di un semplice miscuglio.

Ho ricordate poc' anzi alcune proprietà dell'acqua di cristallizzazione riconosciuta solida nei composti idratati; riesce utile adesso richiamare l'altra proprietà notevolissima di variare colla sua proporzione in un sale definito quando esso cristallizzi a differenti temperature, verificandosi al tempo stesso variazioni di forma cristallina. Può altresì la quantità di acqua di cristallizzazione annullarsi nei sali già idratati, divenuti cristallini a temperature elevate

(1) Oligisto e Rutilo associati a costituire cristalli complessivi nelle rocce del Delfinato; Ortose e Albite di Baveno; Anortite e Nefelina del Vesuvio; Cobaltina nella Pirite di Gersdorf.

(solfato di soda, cloruro di calcio); ma anche in tal caso varia la condizione geometrica dei cristalli; le esperienze del Mitscherlich e di altri chimici, e copiosissimi esempi di sali, che sarebbe qui superfluo addurre, offrono convenienti conferme in questo proposito; di guisa che ci affrettiamo senz'altro a coordinare il fatto ancora dell'acqua di cristallizzazione al concetto delle associazioni poligeniche, a riguardarlo anzi come grandemente espressivo delle associazioni medesime.

Ma l'idea della individualità dei singoli cristalli, subordinati nella genesi e nelle modificazioni loro a leggi di così imponente semplicità, può forse conciliarsi coll'idea dell'associazione di due o più sostanze entro la loro massa, di una lega, direi quasi, di materie metallifere o litoidee?

Ecco un quesito importante al quale giova replicare, esponendo alcune considerazioni sulla natura dei cristalli, in qualsiasi modo e luogo siensi essi generati.

Sta fra i progressi recenti della cristallografia applicata, il conferire grande importanza di significato all'apprezzazione della struttura cristallina e dei fenomeni fisici che ne dipendono.

Certamente, lo studio dettagliato e comparativo delle proprietà fisiche che caratterizzano la struttura dei vari cristalli, è tutt'altro che avanzato e corredato, come lo sarà in non lontani tempi, da copia di osservazioni; ma ha già reso preziosi servigi alla scienza; sappiamo d'altreonde che il punto di vista esclusivamente geometrico, applicato allo studio dei cristalli, mentre è indispensabile ed unico mezzo per precisare la posizione delle facce rispetto alle loro coordinate, o la situazione dei poli loro sulle superficie ove si proiettano, le loro reciproche incidenze ecc. ecc., conduce facilmente ad un empirismo dannoso nel confronto ed ordinamento dei cristalli, nella interpretazione delle emiedrie, e non vale a segnalare differenza sensibile, dal lato morfologico, fra i veri cristalli ed i poliedri di legno, di vetro, di metallo fuso, con i quali suolsi agevolare la conoscenza pratica delle forme.

Lo studio puramente geometrico dei cristalli, complicato alquanto dalle abituali distorsioni dei medesimi, facili nel mascherare una forma colle apparenze più ingannevoli di forme affatto distinte, impone di considerare uguali certi elementi dei cristalli perchè costituiti da facce omologhe uguali con uguali incidenze, d'altronde dimostrati ben differenti dallo studio fisico della loro costituzione. Così due cristalli di acido tartrico possono offrire identità geometrica per il numero, figura, posizione reciproca, dettagli superficiali delle loro facce, ed essere diversi per proprietà fisiche e per chimiche attitudini. Uno è emiedrico destrorso, è emiedrico sinistrorso l'altro; sono simili, non sovrapponibili, come in un ordine ben più elevato di idee, trovo simili ma non sovrapponibili l'uomo più selvaggio e la scimia più antropomorfa, attraendo il primo alla destra della propria organizzazione il raggio della intelligenza e della ragione, sinistramente deviato dalla seconda, la cui individualità discende nella scala delle perfettibilità istintive mentre sale i gradini del fisico sviluppo, inversamente alle tendenze palesi della umana individualità.

Concludendo, lo studio esclusivamente geometrico dei cristalli può benissimo costituire un magnifico ramo nelle scienze esatte; deve necessariamente coadiuvare lo studio fisico dei cristalli medesimi; è il principale criterio nella ricerca dei rapporti fra le cause cristallogeniche ed i loro effetti materiali; ma ogni qualvolta intendasi analizzare il sorprendente meccanismo della intima struttura cristallina; scrutare le influenze da essa così direttamente esercitate sopra quei modi di movimento misterioso che ora chiamiamo luce, ora calore, ora elettricità, ora magnetismo; sorprendere le condizioni permanenti di quella delicata compage o sceverarle dagli elementi variabili al variare di accidentali circostanze; formulare leggi positive di meccanica molecolare, e ravvicinare colla sublime potenza dell'intelletto i dinamismi delle molecole e quelli delle sfere celesti, è d'uopo studiare i cristalli astraendosi quasi

totalmente dall' abito loro esteriore, derivato dalle facce; conseguendone così, che la scienza cristallografica deve necessariamente risultare dal doppio punto di vista, geometrico e strutturale.

Giovami, perciò, definire l' individualità cristallina come *l' unità di aggruppamento molecolare poliedrico, moltiplicata per il numero degli aggruppamenti ad essa regolarmente aggregatisi* (1), qualunque sia il modo e l' apparenza esteriore di loro aggregazione.

Per definizione siffatta, in una massa cristallina, limitata da facce tutte disposte secondo la legge di razionalità, si avvertano pure angoli rientranti, spigoli interrotti, cavità per tremie, addossamento di molteplici poliedri distinti e consimili, essa risponderà sempre al concetto di un solo cristallo, al pari del più nitido ed apparentemente unico cristallo che si conosca. Invece, in un cristallo apparentemente unico, perchè nettamente limitato da facce piane e regolari, potranno ritrovarsi tanti individui quante sono le aree di diversa struttura che dallo studio fisico venissero rivelate.

Ritornando adesso al punto donde ci siamo partiti per questa necessaria digressione, troviamo che l' individualità di un cristallo non cessa d' esistere quando alle particelle fisiche della sostanza componente si uniscono le particelle di sostanze fisicamente e chimicamente isomorfe; solo, la unità concepita in teoria, avrà un valore proporzionale al numero dei corpi isomorfi entrati in sostituzione; e troviamo pure facilissimo il conciliare l' individualità così interpretata per i cristalli, colle associazioni poligeniche di due o più sostanze eteromorfe. Infatti, avendo essa per base

(1) Evidentemente il numero assoluto degli aggruppamenti aggregati in un cristallo non può conoscersi nè accennarsi con cifre; ma questo non si richiede per il sussistere della definizione teorica suesposta. Esso numero infatti non rappresenta che la maggiore o minor dimensione dei cristalli; e nelle ricerche comparative può venir sostituito dalle cifre esprimenti i pesi assoluti dei cristalli posti in confronto.

l'unità di aggruppamento molecolare o stato originario poliedrico delle particelle fisiche cristalline, non viene minimamente alterata se nel sistema di molteplici unità, coordinate in regolari simetrie e che chiamiamo cristallo, s'interpongono, col favore di chimiche e fisiche compatibilità, particelle di diversa natura, nel modo stesso con cui l'ordinamento geometrico delle particelle integranti di un cristallo persiste, ancorchè il fatto delle geminazioni vi interponga ordinamenti analoghi ma differentemente orientati.

Riassumendo, definisco l'associazione poligenica « *riunione di particelle fisiche di composti differenti, con permanenza delle singole individualità e con solidarietà reciproca nell'equilibrio meccanico dei composti e dei loro cristalli.* »

Vi comprendo le ordinarie soluzioni dei corpi solidi nei liquidi; quelle dei corpi solidi nei solidi, quali si ravvisano nelle leghe metalliche e nelle idratazioni dei composti cristallini; vi subordino altresì tutte quelle unioni, ad un composto definito dominante, di quantità variabili di sostanze differenti, le quali fanno divergere la formula complessiva del composto medesimo dalle formule razionali delle specie chimiche, pure e individuali. Quelle sostanze diverse saranno perciò associate al composto definito: 1.º come per soluzione nel medesimo, trovandosi quindi uniformemente diffuse, ed in qualsiasi rapporto quantitativo, fra le particelle fisiche del composto dominante; in tal guisa non influenzandone la natura geometrica (1), 2.º per trovarsi aggregate con simetria ed equilibrio meccanico alle particelle fisiche stesse, come in istato di lega; ed in tal caso potranno indurre modificazioni sensibili nel-

(1) Es. l'associazione della Pirite, della Blenda, della Calcosina in vari solfuri, p. e. nella Polibasite di Freyberg, nella Geocronite e nel Rame grigio.

le forme cristalline, non alterandone in generale i rapporti degli assi (1); 3.° Infine, per trovarsi connesse alle molecole di ciascuna particella fisica, costituendosi solidali con queste anche nella costruzione dei cristalli come appunto abbiamo visto per il modo di agire dell'acqua di cristallizzazione; in questo caso la proporzione ne varierà ma secondo determinati rapporti e in verosimile rispondenza colle temperature alle quali si è originato il composto; varierà colla proporzione suddetta la forma cristallina, e *non sarà impedita la coesistenza dei due primi modi di associazione poligenica adesso accennati* (2).

Dopo di che non restami che esporre brevemente gli argomenti razionali e sperimentali impiegati per convalidare l'idea teorica delle associazioni poligeniche e presentare il prospetto della modificata classificazione dei solfuri.

•

(1) Es. l'associazione dei cloruri, fluoruri ec. ai fosfati o arseniati degli stessi radicali metallici (Apatite, Piromorfite e Mimetese p. e.); dei carbonati ai solfati delle medesime basi (Lanarkite, Susannite, Caledonite, Leadhillite ec.) e di alcuni solfati, borati, titanati, cloruri, fluoruri ec. ai silicati di varie tribù, quando le proporzioni relative non si dimostrino variabilissime e indefinite, nel qual caso l'associazione spetterebbe al modo precedente (Hauyna, Ittnerite; Tormalina, Axinite; Schorlomite, Keilhauite; Pirosmalite, Sodalite; Topazio, Euclasia, Mica ec.).

(2) Es. l'associazione, con i solfuri semplici, dei sesquisolfuri di Antimonio, Arsenico, e Bismuto; della Silice con i silicati neutri, dell'acqua nei composti idratati in generale.

PARTE TERZA

ARGOMENTI RAZIONALI E SPERIMENTALI

CHE FAVORISCONO LA TEORIA DELLE ASSOCIAZIONI

POLIGENICHE

1.° Calcolo di analisi per varii composti minerali.

Questo calcolo, istituito sopra presso chè tutti i solfuri conosciuti, oltre a moltissime altre specie minerali, ed in analogia di quelli del Beudant sui miscugli, (sostituendo solo come divisore il peso atomico al peso equivalente dei corpi), ebbe per iscopo il determinare se nei composti più o meno complessi, di metalli e metalloidi, trovansi, o no, la quantità di mineralizzatori elettronegativi necessaria per produrre con i radicali combinazioni identiche a quelle dei solfuri minerali. In altri termini, si cercò se in un solfuro p. e. di rame, ferro, piombo, cobalto ec., il solfo formava con questi metalli un complesso uniformemente solforato, tale, da farli riguardare uniti tutti in solo equilibrio, collegati in una sola molecola solforata, rispondente cioè al concetto di una specie unica, ovvero, se formava del sottosolfuro col rame, del bisolfuro col ferro, del monosolfuro col piombo, del sesquisolfuro col cobalto, in analogia del suo modo di comportarsi nelle rispondenti combinazioni isolate, nei filoni metalliferi. Pertanto, si giunse, costantemente, a questa ultima conclusione; e fu sempre impossibile ripartire, in un solfuro complesso, tutti gli atomi di solfo indicati dal calcolo fra i varii metalli, se non dandone uno per due di Rame o due di Argento, due per ognuno di ferro; uno per ciascuno di Piombo, tre per ogni due di Antimonio, e via dicendo, formau-

do così della Calcosina, della Pirite, della Galena, della Stibina ec., incompatibili in un composto unico, per unità di tipo chimico e molecolare; ogni calcolo mi palesava perciò che il minerale di cui si discuteva l'analisi era costituito da una specie prevalente, più quantità variabili, poligenicamente associate, di Pirite, Calcosina, Galena ec., secondo i varii casi, o delle une e delle altre nel medesimo tempo.

Potei nel tempo stesso accertarmi che sono ben pochi i composti minerali esenti da associazioni poligeniche, la Galena stessa, la Pirite, la Blenda ec. dandone esempio frequente fra i solfuri; riconobbi certi minerali, classati come solfuri semplici, superare nel grado di associazione, certi altri minerali definiti come doppii solfuri (es. Grunante, Siegenite, Cobaltina ec.) e non tardai finalmente a trovare grandemente utile, giusto, favorevole alla scienza ed alla pratica che nel rappresentare un composto tutti i suoi componenti figurassero nelle formule, fosse pur minima la proporzione di alcuni.

Riporto solo pochi, fra gli esempi numerosi disponibili, sia per evitare soverchia lunghezza in questo scritto, sia perchè quelli scelti bastano appieno per dare adeguata idea di tutti gli altri. Noto pure che, per maggiore garanzia dei risultati ottenuti, le analisi di Rose vennero nei calcoli preferite alle altre, tutte le volte che ciò si rese possibile.

STROMEYERITE. Ad accordare la composizione della Stromeyerite col suo isomorfismo colla Calcosina, si è supposto fin ora che parte variabile di Rame (in circa 3, 12, 16, 28, 52 ec. per 100), fosse rimpiazzata dall'Argento che vi si sarebbe sostituito per isomorfismo. Abbiamo veduto contrariata tale supposizione dalla differente atomicità dei due metalli; adesso possiamo notare, che essendo la Stromeyerite, nella varietà di Catemo (Chili), costituita

secondo Domeyko da

21, 41. <i>S</i>
12, 08. <i>Ag</i>
63, 98. <i>Cu</i>
2, 53. <i>Fe</i>
<hr style="width: 100%; border: 0.5px solid black;"/>
100,00.

contiene appunto tanto Solfo quanto se ne richiede per formare dell' Argirose Ag^2S (in atomi) coll' Argento, della Calcosina Cu^2S col Rame, della Pirite FeS^2 col Ferro. Infatti, le 12,08 parti d' Argento prendono, per formare della Argirose esattamente 1,89 di Solfo; le 63,98 di Rame, per formare della Calcosina prendono 16,28 di Solfo; infine le 2,53 di Ferro prendono per formare della Pirite 3,00 di Solfo; ossia in tutto, 21,17 di Solfo, vale a dire appena $\frac{1}{84}$ in meno della quantità data dall' analisi. La Stromeyerite di Catemo sarebbe Calcosina, con circa 16 per cento di Argirose e 8 per cento di Pirite, in associazione poligenica.

Altrettanto può concludersi per la varietà di S. Pedro, (Chili) del minerale istesso, poichè l'analisi dello stesso Domeyko dà in 100 parti in peso:

20, 79. <i>S</i>
2, 96. <i>Ag</i>
75, 51. <i>Cu</i>
0, 74. <i>Fe</i> .
<hr style="width: 100%; border: 0.5px solid black;"/>
100,00.

Le 2,96 di Argento prendono 0,43 di Solfo; le 75,51 di Rame 19,11 di Solfo; le 0,74 di Ferro 0,87 dello stesso metalloide; ossia in tutto 20,41 di Solfo, ap-

pena $\frac{1}{52}$ di meno sulla cifra relativa nella trascritta analisi (1).

TETRAEDRITE. La varietà di questa sostanza minerale, nettamente cristallizzata in forme nelle quali prevale il tetraedro regolare, proveniente da Kapnich, ed analizzata da Rose, ha dato in 100 parti.

23, 94.	<i>Sb</i>	che prendono	8, 95.	<i>S</i>	per formare	$Sb^2 S^3$
37, 98.	<i>Cu</i>	. . . . .	9, 59.	<i>S</i>	. . . . .	$Cu^2 S$
2, 88.	<i>As</i>	. . . . .	1, 79.	<i>S</i>	. . . . .	$As^2 S^3$
0, 86.	<i>Fe</i>	. . . . .	1, 02.	<i>S</i>	. . . . .	$Fe S^2$
7, 29.	<i>Zn</i>	. . . . .	3, 59.	<i>S</i>	. . . . .	$Zn S$
0, 62.	<i>Ag</i>	. . . . .	0, 09.	<i>S</i>	. . . . .	$Ag^2 S$
25, 77.	<i>S</i>	. . . . .	25, 03.		<i>S</i>	
<hr/>						
99, 34.						

Per la suesposta ripartizione si richiedono 25,03 di Solfo; l'Analisi ne dà sole 23,94 ossia 1,09 di meno; ma dà pur anche 99,34 invece di 100, perciò basta supporre devoluta prevalentemente al dosamento del Solfo la differenza, per trovare ridotta l'inesattezza del nostro risultato entro i limiti degli errori pressochè inevitabili in qualsiasi accuratissima analisi chimica. Del resto, la varietà di Tetraedrite di Clausthall, analizzata parimenti dal Rose ha dato:

(1) Non ho cercati, per qui trascriverli, gli esempi nei quali avvii identità fra la quantità di Solfo data dall'analisi e quella risultante dal calcolo; sia, perchè giova evitare l'apparenza di artifici favorevoli allo scopo prefisso; sia, perchè ho creduto utile mostrare qual significato abbia nel maggior numero dei casi la differenza medesima, e come sia dato rendersene ragione.

28, 2.	<i>Sb</i>	che prendono	10, 0.	<i>S</i>	per formare	$Sb^2 S^3$
34, 4.	<i>Cu</i>	. . . . .	8, 6.	<i>S</i>	. . . . .	$Cu^2 S$
2, 3.	<i>Fe</i>	. . . . .	2, 7.	<i>S</i>	. . . . .	$Fe S^2$
5, 5.	<i>Zn</i>	. . . . .	2, 7.	<i>S</i>	. . . . .	$Zn S$
4, 9.	<i>Ag</i>	. . . . .	0, 7.	<i>S</i>	. . . . .	$Ag^2 S$
24, 7.	<i>S</i>	. . . . .	24, 7.			

100,0.

Quindi, esattamente la quantità di Solfo necessaria per formare della Stibina coll' Antimonio, della Calcosina col Rame, della Pirite col Ferro, della Blenda col Zinco e dell' Argirose coll' Argento. Altre analisi dello stesso Minerale condurrebbero ad analoghi risultamenti, ma non le trascriviamo qui per brevità, facendole figurare piuttosto nel prospetto e nella discussione della classazione dei Solfuri; ci limitiamo ad un' altra ancora, istituita dal Prof. Bechi sopra una varietà proveniente dalle miniere del Pietrasantino (Angina presso Val di Castello), perchè spettante al gruppo delle Tetraedriti idrargirifere, con assai notevole proporzione di Mercurio.

26, 52.	<i>Sb</i>	che prendono	9, 92.	<i>S</i>	per formare	$Sb^2 S^2$
37, 72.	<i>Cu</i>	. . . . .	9, 54.	<i>S</i>	. . . . .	$Cu^2 S$
1, 64.	<i>Fe</i>	. . . . .	1, 93.	<i>S</i>	. . . . .	$Fe S^2$
6, 23.	<i>Zn</i>	. . . . .	3, 06.	<i>S</i>	. . . . .	$Zn S$
0, 45.	<i>Ag</i>	. . . . .	0, 06.	<i>S</i>	. . . . .	$Ag^2 S$
3, 03.	<i>Hg</i>	. . . . .	0, 48.	<i>S</i>	. . . . .	$Hg S$
24, 14.	<i>S</i>	. . . . .	24, 99.			

99, 73.

La differenza fra la quantità di Solfo, che il calcolo insegna necessaria per produrre con i singoli metalli altrettante specie minerali solfurate, e la quantità di solfo data dall' analisi, è di circa 85 diecimillesimi; dando l' analisi

99,73 per somma totale dei pesi ottenuti, si può dire di soli 6 millesimi la suddetta differenza; perciò resta anche qui autorizzata, a mio credere, l'interpretazione della sostanza analizzata, come costituita prevalentemente da Calcosina e Stibina, più i solfuri Pirite, Blenda, Argirose e Cinabro, in istato di associazione poligenica, tutti coordinati al generale equilibrio cristallino del minerale; e non è fuori d'opportunità il notare che la quantità, variabile sì ma spesso considerevole, di Blenda (monometrica, emiedrica), può influire sulla emiedria della Tetraedrite, essa pure monometrica, come lo è il sottosolfuro di Rame nella varietà detta Harrizite. Di guisa che nella Tetraedrite, talora avvi dell' Arsenico, talora del Mercurio, talora del Zinco, talora mancano affatto questi corpi, perciò indifferenti all'esistenza del composto; di più, le proporzioni assolute e relative dell' Antimonio, e del Ferro variano notevolmente; predomina sempre la quantità del Rame, meno che nelle varietà di Freyberg (An. di Rose), ove il metallo prevalente è l' Argento, in analogia di quanto si è in addietro veduto e discusso nel confronto fra la Calcosina, l' Argirose e la Stromeyerite.

Credo perciò possa definirsi la Tetraedrite come Calcosina, accompagnata, in associazione poligenica, dal sesquisolfuro di Antimonio che vi entra in copia come elemento di cristallizzazione, insieme ai solfuri di Ferro, Zinco, Argento, raramente di Piombo, talvolta di Mercurio.

ZINCHENITE. Nella varietà di Wolfsberg, analizzata da Rose, sono in 100 parti in peso.

44,	39.	<i>Sb</i>	che prendono	16,	61.	<i>S</i>	per formare	Sb^2S^3
31,	84.	<i>Pb</i>	. . .	4,	97.	<i>S</i>	. . .	PbS
0,	42.	<i>Cu</i>	. . .	0,	10.	<i>S</i>	. . .	Cu^2S
22,	58.	<i>S</i>	. . .	21,		68.		
0,	77.	perdita						
100,00.								

Se queste 0,77 di perdita fossero devolute all'Antimonio, si avrebbe l'impiego di altre 0,28 parti di Solfo e la differenza fra il risultato del calcolo e quello dell'analisi riducendosi a circa 6 millesimi non sarebbe apprezzabile. Quindi vedo probabile che la Zinchenite sia una Galena, disciolta, insieme a piccola quantità di solfuro di Rame, nel trisolfuro di Antimonio; una porzione di questo potrebbe unirsi, come elemento di cristallizzazione, alle particelle fisiche del solfuro di Piombo, al pari dell'acqua di cristallizzazione che si unisce ai cristalli idratati, quando sono tuttora immersi nell'acqua madre del loro solvente.

GEOCRONITE. Questa specie è geometricamente omeomorfa alla precedente. (Nella Zinchenite $P:P = 120, 39$ nella Geocronite $P:P = 119, 44$.) Analizzata da Svanberg, la varietà di Sahla ha dato per 100 parti in peso:

9, 58. <i>Sb</i>	che prendono	3, 58. <i>S</i>	nella Stibina
4, 69. <i>As</i>	. . .	3, 01. <i>S</i>	nell' Orpimento
65, 45. <i>Pb</i>	. . .	10, 17. <i>S</i>	nella Galena
1, 51. <i>Cu</i>	. . .	0, 38. <i>S</i>	nella Calcosina
0, 42. <i>Fe</i>	. . .	0, 49. <i>S</i>	nella Pirite
0, 11. <i>Zn</i>	. . .	0, 05. <i>S</i>	nella Blenda
16, 26. <i>S</i>	. . .	<u>17, 68.</u>	
<hr/>			
98, 02.			

Mancano, perciò, alla completa composizione delle suindicate specie 1,42 di Solfo; ma l'analisi dà 98,02 invece di 100, quindi una perdita di 1,98, nella quale 1,42 può essere benissimo devoluto al Solfo. Ne segue che anche la composizione della Geocronite accordasi colla possibilità che i metalli vi sieno allo stato di solfuri specificamente distinti, associati in uno stato di complessivo equilibrio, solidali nel determinare, con maggiore o minore attività relativa, la forma cristallina del minerale così de-

nominato. Sarebbe essa pure una Galena, associata alla Stibina con i solfuri di Arsenico, Rame, Ferro e Zinco; non differente dalla Zinchenite se non per la varia quantità del Solfuro d' Antimonio, solvente o di cristallizzazione; bensì sensibilmente modificata nelle incidenze delle sue facce nella forma primitiva.

BOURNONITE. La varietà di Pfaffenberg analizzata da Rose ha offerto per 100 parti in peso:

26,	28.	<i>Sb</i>	che prendono	9,	83.	<i>S</i>	in	$Sb^2 S^3$
40,	84.	<i>Pb</i>	. . . . .	6,	34.	<i>S</i>	.	<i>Pb S</i>
12,	65.	<i>Cu</i>	. . . . .	3,	96.	<i>S</i>		$Cu^2 S$
20,	23.	<i>S</i>	. . . . .	20,		13.		
100, 00.								

Qui il Solfo corrisponde, nel calcolo e nell' analisi alle medesime cifre, tranne lieve differenza ($\frac{1}{1000}$ circa nelle 100 parti di minerale). Perciò la Bournonite sarebbe l' associazione di Galena, prevalente, e di Calcosina, col sesquisolfuro di Antimonio.

Nulla di più facile a comprendersi, che questi risultati, ottenuti calcolando i pesi delle sostanze componenti le varie specie, emergerebbero identicamente ove se ne calcolassero i pesi atomici, e si ripartissero gli atomi come sono ripartiti nelle specie medesime. A darne esempio, ripigliamo la composizione centesimale dei solfuri adesso considerati, dividiamo le cifre che esprimono il quanto per cento di ciascun componente per i relativi pesi atomici e notiamo il rapporto dei quozienti ottenuti:

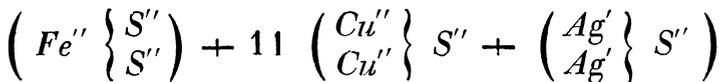
STROMEYERITE (Var. Catemo, Anal. Domeyko).

21, 41.	<i>S</i>	Diviso per Peso Atom.	0, 669
12, 08.	<i>Ag</i>	. . . . .	0, 111
63, 98.	<i>Cu</i>	. . . . .	1, 015
2, 53.	<i>Fe</i>	. . . . .	0, 045
100,	00.		

ove, dividendo i quozienti per il minore 0,045, si ha, approssimativamente :

0, 14 di Solfo
 0, 02 di Argento
 0, 22 di Rame
 0, 01 di Ferro

2 atomi di Argento (monoatomico) ne prendono 1 di Solfo (biatomico) nel solfuro neutro d' Argento (Argirose). 22 atomi di Rame (biatomico), ne prendono 11 di Solfo, nel sottosolfuro (Calcosina). 1 atomo di Ferro, (biatomico) ne prende 2 di Solfo, nel bisolfuro di ferro (Pirite). Ossia, in tutto sono presi 14 atomi di Solfo, appunto quanti risultano dal calcolo precedente. La formula atomistica della Stromeyerite sarebbe adunque



o più semplicemente in molecole, per 100 molecole di minerale



nella quale i tre solfuri sono associati, non combinati fra loro in un unico composto chimico, in un' unica specie.

TETRAEDRITE DI CLAUSTHALL. (Anal. di Rose).

24, 7. <i>S</i>	Diviso per Peso Atom.	0, 77
28, 2. <i>Sb</i>	. . . . .	0, 21
34, 4. <i>Cu</i>	. . . . .	0, 54
2, 3. <i>Fe</i>	. . . . .	0, 04
5, 5. <i>Zn</i>	. . . . .	0, 08
4, 9. <i>Ag</i>	. . . . .	0, 04
<hr/>		
100,	0.	

e semplicizzando, come sopra, i quozienti, dividendo per 0,02, si ha approssimativamente:

0, 38	di Solfo	
0, 10	di Antimonio; donde	$5 Sb^2 S^3$ con 15 <i>S</i>
0, 27	di Rame . . .	$14 Cu^2 S$ con 14 <i>S</i>
0, 02	di Ferro . . .	$2 Fe S^2$ con 4 <i>S</i>
0, 04	di Zinco . . .	$4 Zn S$ con 4 <i>S</i>
0, 02	di Argento . .	$Ag^2 S$ con 1 <i>S</i>

Totale Atomi di Solfo 38

Quindi adottando la ripartizione degli atomi che sappiamo necessaria per la costituzione delle specie, Stibina, Calcosina, Argirose, Blenda e Pirite, impiegansi esattamente tutti gli atomi di Solfo dedotti dall'analisi e dal calcolo sopra questa istituito. Se ne può altresì dedurre, che in 100 molecole di minerale stanno approssimativamente (escludendo le frazioni di tredicesimi necessarie al calcolo esatto),

54	molecole di Calcosina	$Cu^2 S$
19	molecole di Stibina	$Sb^2 S^3$
15	molecole di Blenda	$Zn S$
8	molecole di Pirite	$Fe S^2$
4	molecole di Argirose	$Ag^2 S$

ZINCHENITE. (Var. di Wolfsberg. Anal. Rose).

21, 7 S	Div. per Peso Atom.	0, 67	
43, 4 Sb	. . . . .	0, 34	che danno 17 Stibina
34, 6 Pb	. . . . .	0, 16	che danno 16 Galena

Ma in 17 molecole di Stibina, stanno 51 atomi di Solfo; in 16 molecole di Galena stanno 16 atomi di Solfo; perciò in totale 67 atomi di Solfo, ossia esattamente la cifra ottenuta dal calcolo dell'analisi.

La formula atomistica della Zinchenite risulta perciò dalle due formule semplicizzate $(Pb'' S'') + (S''' b^2 S''^3)$ stando i due solfuri, in 100 molecole di minerale, nel rapporto di 51 molecole di $Sb^2 S^3$, e 49 molecole di $Pb S$.

GEOCRONITE. (Var. di Sahla. Anal. Swanberg).

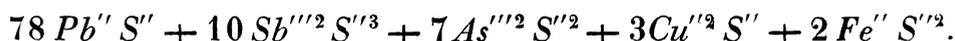
17,68 S	Div. per P. At.	0,550	
9,58 Sb	. . . . .	0,074	donde 37 $Sb^2 S^3$ con 111 S
4,69 As	. . . . .	0,062	. . 31 $As^2 S^3$ con 93 S
65,45 Pb	. . . . .	0,314	314 $Pb S$ con 314 S
1,51 Cu	. . . . .	0,024	. . 12 $Cu^2 S$ con 12 S
0,42 Fe	. . . . .	0,007	. . 7 $Fe S^2$ con 14 S
tr. di Zn			

 99,33

 In tutto, Atomi di Solfo 544

La lieve differenza fra il numero dato dal calcolo e quello risultante dalla divisione della quantità di Solfo per il suo peso atomico è inerente alla perdita verificatasi nel processo analitico, di circa 0,67.

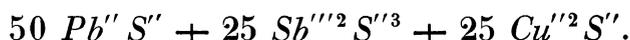
Formula atomistica della Geocronite, ridotta alla porzione delle molecole dei suoi solfuri, in 100 molecole di minerale.



BOURNONITE. (Var. di Pfaffenberg. Anal. Rose).

20,23 S	Div. per P. At.	0,63	
26,28 Sb	. . . . .	0,20	donde 10 Sb ² S ² con 30 at. S
40,84 Pb	. . . . .	0,19	. . . 19 Pb S con 19 at. S
12,65 Cu	. . . . .	0,20	. . . 10 Cu ² S con 10 at. S
100,00			Totale 59 at. S

Formula atomistica della Bournonite, ridotta alla proporzione delle molecole dei vari solfuri, in 100 parti di minerale

2.° *Calcolo dei Pesi specifici per vari composti Minerali.*

In questo calcolo, partendomi dal principio seguente: *nelle combinazioni chimiche, compiutesi per valide affinità, (quali appunto si esercitano nel caso di solfuri metallici), i caratteri fisici, e quindi i pesi specifici ancora, proprii dei componenti, restano prevalentemente dissimulati; invece, perdurano sensibilmente nelle unioni ove non sia chimica combinazione*, ho ricercato il rapporto del peso specifico del complesso colla somma dei pesi specifici dei componenti. A tal uopo, ho moltiplicato il peso specifico di ciascun componente per la cifra che n' esprime la proporzione in 100 parti di minerale, ed ho diviso il prodotto per 100. Infatti in 100 parti di un' associazione meccanica di due corpi A e B, nella quale non sia condensazione, si ha

$$\text{Peso spec. di } A + B = \frac{m P.sp A + n P.sp B}{100},$$

dove m ed n sono i rapporti di A e di B nella quantità totale, $m + n$ essendo = 100.

Frattanto ho costantemente trovato, studiando il fatto nei minerali meglio analizzati, che mentre quella somma dei pesi specifici differiva grandemente dal peso specifico del complesso nelle combinazioni chimiche assolute dei metalli con i metalloidi, non ne differiva gran fatto nelle sostanze che per altri criterii potevano riguardarsi quali associazioni poligeniche (*senza condensazione sensibile*), talora coincidendovi esattamente. Ho trovato del pari che tal rapporto si avvicina sempre più alla uguaglianza a misura che le combinazioni chimiche si elevano nel loro ordine, come nei sali a modo d' esempio, e specialmente in quelli formati da acidi poco energici, p. e. nei carbonati e nei silicati (1).

Suppongo la Tetraedrite costituita da Calcosina associata alla Stibina, alla Blenda, alla Pirite, all' Argirose; se la supposizione è erronea, se il Rame, lo Zinco, il Ferro, l' Argento e l' Antimonio formano col Solfo e fra loro medesimi vere combinazioni chimiche, il calcolo suesposto deve condurre, come nelle vere combinazioni, a cifre differenti dalla cifra del peso specifico della Tetraedrite. Se la supposizione è giusta, ne otterremo cifre molto vicine a quella del peso specifico del minerale medesimo.

1.^o Es. TETRAEDRITE. (Var. di Clausthall; An. Rose).

Per molecole 100 di minerale.

Calcosina	45	×	<i>P.sp.</i> di Calcosina	=	5,5	=	297
Stibina	19	×	<i>P.sp.</i> di Stibina	=	4,6	=	87
Blenda	15	×	<i>P.sp.</i> di Blenda	=	4,0	=	60
Pirite	8	×	<i>P.sp.</i> di Pirite	=	5,0	=	40
Argirose	4	×	<i>P.sp.</i> di Argirose	=	7,0	=	28

5,12

(1) Essendo scarse nei solfuri le associazioni poligeniche esenti da condensazione, o rarefazione molecolare, aggiungo ancora varii esempi dedotti da altri tipi di composizione chimica, ugualmente importanti ed istruttivi.

Risultato della somma dei pesi specifici delle singole specie e peso specifico del complesso, teoricamente determinato — 5,12, peso specifico del minerale — 5, 11.

È evidente che una qualche lieve condensazione, specialmente fra il solfuro di Rame e quello di Antimonio, può rendere conto del piccolissimo aumento trovato nel calcolo precedente.

2.° Es. GEOCRONITE. (Var. di Sahla; An. Swanberg).

In 100 molecole di minerale.

Galena	78	×	7,3	P.sp. nella Galena	569,4
Stibina	10	×	4,6	P.sp. della Stibina	46,0
Orpimento	7	×	3,4	P.sp. dell' Orpimento	23,8
Calcosina	3	×	5,5	P.sp. della Calcosina	16,5
Pirite	2	×	5,0	P.sp. della Pirite	10,0
					665,7

Fra questo risultato e il peso specifico della Geocronite, preso in media (6,60), non vi è grande differenza; e questa differenza, qualunque essa sia, rientra sempre negli inevitabili errori delle determinazioni analitiche, e dei pesi specifici di quelle sostanze minerali che sono suscettibili di costituire numerose varietà. Queste considerazioni valgano per gli esempi successivi, per i quali credo poter risparmiare ulteriori discussioni.

3.° Es. MATLOCHITE. (Supposta vera associazione poligenica di *Pb Ch* e *Pb O*).

In 100 molecole di minerale:

Cloruro di Piombo	55,6	×	5,3	P.sp. di <i>Pb Ch</i>	= 294,6
Ossido di Piombo	44,4	×	9,5	P.sp. di <i>Pb O</i>	= 421,8

716,4

Dal calcolo, *P.sp.* del minerale 7,16 ; dalla determinazione diretta sul minerale medesimo 7,21. Differenza 0,05.

4.° Es. CERASINA. (Supposta vera associazione poligenica di *Pb Ch* e *Pb O + CO²*).

In 100 molecole di minerale:

Cloruro di Piombo	51 × 5,3	<i>P.sp.</i> del med.° =	270,3
Carbonato di Piombo	49 × 6,7	<i>P.sp.</i> . . . =	328,3
			598,6

Dal calcolo 5,98 ; dal minerale 6,00. Differenza 0,02.

5.° Es. LANARKITE. (Supposta associazione poligenica del solfato col carbonato di Piombo).

In 100 molecole di minerale:

Solfato di Piombo	53,15 × 6,2	<i>P.sp.</i> del med.° =	329,5
Carbonato di Piombo	46,85 × 6,7	<i>P.sp.</i> . . . =	313,8
			643,3

Ossia 6,4 dal calcolo, 6,3 dal minerale.

6.° Es. GLAUBERITE. (Supposta associazione poligenica del solfato di Calce e del solfato di Soda).

In 100 molecole di minerale :

Solfato di Soda	51 × 2,7	<i>P.sp.</i> del medesimo =	137,7
Solfato di Calce	49 × 2,9	<i>P.sp.</i> =	142,1
			279,8

Dal calcolo 2,79 circa 2,80. Dal minerale 2,80.

7.° Es. CALEDONITE. (Supposta associazione poligenica del solfato di Piombo con i carbonati di Piombo e di Rame).

In 100 molecole di minerale:

Solfato di Piombo	55,8 × 6,29	<i>P.sp.</i> del med.°	= 350,9
Carbonato di Piombo	32,8 × 6,73	<i>P.sp.</i> . . .	= 220,7
Carbonato di Rame	11,4 × 4,00	<i>P.sp.</i> . . .	= 45,6
			<hr/>
			617,2

Dal calcolo 6,17. Dal minerale 6,39.

8.° Es. DREELITE. (Supposta associazione poligenica delle sotto indicate sostanze).

In 100 molecole di minerale.

Solfato di Barite	61,7 × 4,3	<i>P.sp.</i> del medesimo	= 265,3
Solfato di Calce	14,2 × 2,9	<i>P.sp.</i>	= 41,1
Carbonato di Calce	8,0 × 2,5	<i>P.sp.</i>	= 20,0
Silice	9,7 × 2,0	<i>P.sp.</i>	= 19,4
Allumina . .	2,4 × 3,9	<i>P.sp.</i>	= 9,3
Acqua	3,0 × 1,0	<i>P.sp.</i>	= 3,0
			<hr/>
			358,1

Dal calcolo 3,58. Dal minerale 3,40.

In questo argomento riescono utili le seguenti osservazioni:

1. Quando l'associazione meccanica si realizza fra due o più composti cristallini, simili per forma geometrica, è verosimile che il peso specifico, calcolato per il complesso nel modo precedentemente esposto, risulti alquanto maggiore di quello che se i due o più composti avessero for-

me molto diverse. Nel primo caso infatti le loro particelle possono più facilmente adattarsi in reciproco contatto, e lasciare minor numero di vuai interposti.

2. Può darsi la possibilità, che i vuai interposti fra le particelle di due sostanze diverse di un' associazione poligenica, vengano riempiti da altre sostanze, quando il complesso sia numeroso, come lo è p. e. nella Tetraedrite, nella Geocronite, nella Dreelite; in tal caso il peso specifico del complesso dedotto col calcolo, potrà risultare più elevato di quello ricavato sperimentalmente; e difatto nelle sostanze minerali ora nominate lo si trova sensibilmente maggiore, mentre è sensibilmente minore in quasi tutte le altre.

3. Finalmente, non è a credersi sia applicabile il nostro calcolo, nel senso ora espresso, a tutti i casi di associazioni poligeniche; numerose cause intervengono a modificarne grandemente i risultati, nè si può affermare esente per intero da eccezioni il principio sul quale venne da me instituito; sembrami però sufficiente l'averlo reso valevole a dimostrare il fatto della associazione poligenica per alcune sostanze, derivando anche da questa circostanza l'autorizzazione a generalizzare questo punto di vista nella chimica dei minerali.

A confermare la dissimulazione dei pesi specifici dei singoli componenti, nei composti per vera combinazione chimica, aggiungo un piccolo prospetto ove sono posti in confronto i pesi specifici calcolati come nei precedenti esempi, con quelli direttamente ottenuti da varie specie minerali. Si riconosce in generale che quanto maggiore è l'affinità esistente fra i componenti, tanto maggiore è la differenza fra le cifre poste in confronto reciproco.

Nome	Composizione	Peso spec. calcolato	Peso spec. reale
Smaltina	$(Ni\ Co)S$.	6,26	5,50
Cinabro	$Hg\ S$	11,50	8,00
Pirite	$Fe\ S^2$	4,37	5,00
Leucopirite	$Fe\ As^2$	4,67	7,40
Calcosina	$Cu^2\ S$	7,42	5,70
Realgar	$As\ S^2$	4,48	3,56
Stibina	$Sb^2\ S^3$	5,42	4,60
Anidrite	$Ca'\ S'''$	1,52	2,90
Scheelite	$Ca'\ W'''$	5,30	6,00
Scheelitina	$Pb'\ W'''$	7,41	8,10
Boracite	$Mg'^3\ B'''^4$	2,06	2,97
Edelforsite	$Ca'^2\ Si''^3$	2,69....2,70	2,60

NB (È impossibile applicare il calcolo ai composti nei quali anche uno solo dei componenti sia gassoso, o non determinato con sufficiente esattezza nel suo peso specifico).

3.° *Diretta osservazione delle associazioni poligeniche nei minerali.*

Esaminando accuratamente i minerali nei quali i criteri desunti dalla composizione indichino esistente un' associazione poligenica è talora possibile trovare qualche esemplare con la reale ed evidente separazione delle varie specie, che in altri esemplari sono intimamente connesse e giudicate come concorrenti ad un composto unico e ad una sola specie. Nel senso puramente chimico, l'Oligisto Fe^2O^3 ed il Rutilo $Ti\ O^2$ sono i due estremi della serie numerosa dei così detti *Ferri titanati*, includente l'Ilmenite, la Washingtonite, la Crictonite e la Mohsite, geometricamente isomorfe coll'Oligisto propriamente detto. Si è considerata questa serie dovuta alla sostituzione per isomorfismo del Titanio al Ferro; frattanto il Ferro è biatomico, quando non si preferisca considerarlo esatomico, ed è tetratomico

il Titanio. Il composto normale ossidato del Ferro nel Regno minerale è il *sesquiossido*; è il *biossido* quello normale del Titanio. Considero perciò i ferri titanati, come varietà di Oligisto, di cui permane la forma cristallina, contenenti in associazione poligenica delle proporzioni variabili di Rutilo; pertanto certi cristalli d' Oligisto dell' Oisans, offrono, in un esemplare posseduto dal gabinetto mineralogico di questa Università, alcuni loro spigoli ed angoli solidi costituiti da puro Rutilo, le cui facce coincidono nei medesimi piani di quelle dell' Oligisto; ed anche sulle facce di quest' ultima specie il Rutilo si mostra isolato, in tenui particelle, le quali sono esattamente coordinate alla forma cristallina, della quale risultano chiaramente solidali.

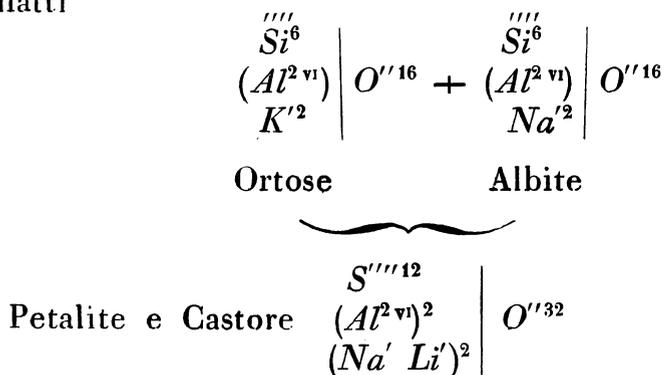
La Tetraedrite è un solfuro assai complesso d' Antimonio, Rame, Zinco, Ferro, Argento ec., la cui composizione ho già dimostrato facilmente interpretabile siccome dipendente da associazione poligenica di Stibina, Calcosina, Blenda, Pirite ec. (pag. 43, 44, 45).

Giacendo nei filoni metalliferi regolari, i suoi cristalli frequentemente si aggruppano con quelli dei ricordati minerali; frattanto in un esemplare, esso pure appartenente al gabinetto di mineralogia dell' Università, ho riconosciuto un passaggio graduato fra la vera Blenda (Zinco solforato), gialla, translucida, largamente lamellare, alla Tetraedrite in cristalli $P. a^2. b^3.$, grigia, metalloide, opaca, antimonifera; a tale, che le sfaldature delle masse lamellari di Blenda si continuano esattamente nei cristalli della Tetraedrite medesima.

Si è pure osservata, mercè i fenomeni ottici, l' associazione della Nefelina e dell' Anortite, nei cristalli diafani, limpidi, incolori, della mentita specie minerale la Riocolite. Si vede scindersi il Salgemma cristallizzato in cloruro di Magnesio, deliquescente, e in cloruro di Sodio che resta pressochè inalterato. Non si dubita più, mercè la diretta osservazione, che i cristalli di Uralite sieno composti da Anfibolo e da Pirosseno; e si è abituati al miscuglio dell' Ortose e dell' Albite, in complessi cristallini aventi forma di Ortose.

Certo, che in questi casi si ha piuttosto esempio di veri miscugli meccanici, direi quasi d'impurità, quale riscontrasi nel giacinto di Compostella, nell' Andalusite di Lisenz, nella Clorofane, ec. ec. Ma in quegli esempi può benanche ravvisarsi un passaggio alle associazioni quali io le considero, ogni qualvolta le sostanze aggregate lo sieno per favorevole influenza della cristallizzazione, e concorrano al generale equilibrio del composto. Quei complessi infatti di Ortose e di Albite, nei quali l'occhio discerne facilmente un miscuglio grossolano, qualora si suppongano convertiti in reali associazioni, favorite possibilmente nel loro meccanico ordinamento da qualche sostanza del medesimo tipo, produrrebbero la composizione della Petalite e del Castore.

Infatti



Dove il Litio, il Cesio ec. sostituiscono il Potassio, e dove la forma cristallina clinoedrica, ma imperfetta, convalida la supposizione accennata. Nutro pertanto fiducia, che esaminando accuratamente i minerali, coll' intendimento di trovar fatti analoghi a quello tanto notevole dell' Oligisto dell' Oisans, possa convalidarsi grandemente questo nuovo argomento.



Per ultimo, debbo annunziare brevemente i risultati di quelle limitate esperienze che finora potei iniziare soltanto, nella vista di produrre artificialmente, e in modo sintetico, le associazioni poligeniche, per studiarne i fenomeni, sia nel senso chimico, sia nel senso delle condizioni cristallografiche.

1.^a *Esperienza.* Cercai due sali, costituiti dall'ossido dello stesso metallo, nello stesso grado, e perfettamente neutri, tali cioè da non reagire se posti in presenza colle loro soluzioni; tali, da poter concorrere, per compatibilità fisica, alla formazione di cristalli complessivi, generati cioè dalle particelle di ambedue quei sali; ma però uno solubile soltanto nell'acqua, l'altro nell'acqua e nell'alcool a 96.° di Gay-Lussac.

Avevo infatti questo scopo; scioglierli e render sature a caldo le loro soluzioni; mescolarle e ottenerne dei cristalli; trattare con alcool questi ultimi e verificare l'associazione se stata vi fosse; il solfato e l'azotato di Rame, idratati, soddisfecero al mio intento. Ottenni piccoli cristalli, da un miscuglio di circa 10 volumi di soluzione satura di azotato di Rame, ed 1 volume soluzione satura di solfato; la forma cristallina dominante, alquanto difficile a determinarsi col goniometro, offriva l'aspetto dei cristalli più semplici del puro solfato di rame, lievemente variata nell'angolo delle basi sulle prime facce laterali; il colore, la limpidezza aggiungevano, a queste, nuove analogie; (V. cristallini della capsula in vetro, E). Trattati con alcool a 96.°, si sciolsero in piccola parte, anche a caldo. La soluzione alcoolica, saggiata coll'ammoniaca, diede evidentissima la reazione del Rame (provino N. 2); e depose rame metallico sul ferro polito (provino N. 3); saggiata con i sali solubili di barite (acetato ec.), s' intorbido lievemente per un brevissimo istante, e tornò limpida, escludendosi perciò la presenza di solfati solubili, (provino N. 4); nel provino N. 5 stà la soluzione alcoolica inalterata. Il residuo cristallino, sciolto nell'acqua, diede pure forte reazio-

ne del Rame, ma precipitò in bianco con i sali solubili di barite (provino N. 6 e 7). Quindi ne deduco, che i cristalli erano costituiti da solfato e azotato di rame associati in cristalli definiti, e che l' alcool aveva sottratto il solo azotato di rame, lasciando libero il solfato dello stesso metallo. I due sali, in conclusione, coesistevano, individualmente distinti, nei cristalli presi in esame (1).

2.^a *Esperienza*. Col cloruro di cobalto, solubile nell' alcool, ed il cloruro di potassio, ivi insolubile, ma solubili ambedue nell'acqua ottenni analogo risultato. I cristallini assai piccoli, d' aspetto esaedrico (provino N. 8). rosei ed un po' deliquescenti trattati con alcool perdevano il colore che tutto si trasmetteva alla soluzione, e disgregandosi, divenivano di aspetto bianco-perlato; l' alcool, infatti, scioglieva il cloruro di cobalto roseo; il cloruro di potassio incolore restava libero ed isolato, mentre erano associati i due sali geometricamente isomorfi nei cristalli complessi realizzati. I provini N. 9 e 10 dimostrano quanto adesso ho narrato.

3.^a *Esperienza*. Cercai un sale, contenente un corpo avente reazione sua propria e caratteristica, dovuta non alla natura degli elementi suoi costitutivi, separatamente presi, bensì a quella dell' aggruppamento loro, direi all' attitudine fisica della molecola; tale perciò, da perdere questa reazione entrando nelle vere combinazioni chimiche, e scindendosi nei suoi componenti elementari, o nei suoi radicali, ma da conservarla entrando invece nelle associazioni poligeniche.

Trovai questo sale nel Cianoferruro di Potassio (prussiato giallo di Potassa del commercio) di formula:



(1) I sali indicati, e particolarmente l' azotato di Rame vennero previamente e appositamente preparati colla massima purezza e si usò ogni premura per evitarne la facile decomposizione col riscaldamento.

nel quale l'acido ferro-cianico induce, come è noto, la proprietà di precipitare in azzurro i sali, *al massimo*, di ferro. Si genera il ferro cianuro ferrico o Bleu di Prussia. Questa proprietà è connessa coll'integrità, colla perduranza del composto; di guisa che, se in questo rimanessero anche tutti gli atomi dei componenti, ma diversamente ripartiti, o uniti chimicamente ad atomi nuovi, non avrebbe più luogo il fenomeno adesso ricordato.

Feci cristallizzare questo sale insieme ad altri, mescolando le loro soluzioni sature, variando le proporzioni, talora evaporando a caldo, talora ottenendo i cristalli per evaporazione spontanea, ed alla temperatura ordinaria. Mescolando le soluzioni sature del cianoferruro di Potassio, e del cianoferride di Potassio, ossia dei così detti prussati, giallo e rosso dello stesso metallo, potei conseguire dei cristallini tabulari o lamellari, talora in pagliuole, di colore giallo verdastro, d'aspetto diverso da quello dei cristalli proprii a ciascun sale, separatamente preso; questi cristallini sono umidi, disgregabili per grande fragilità, ed è impossibile misurarne gli angoli al goniometro; in luogo asciutto, cambiano grandemente la natura loro propria; generano cioè efflorescenze di color rosso arancio e restano pressochè incolori nella parte non efflorescente. Questa ha tutti i caratteri del prussiato rosso di Potassio; la parte incolora e diafana dà le reazioni proprie del prussiato giallo, quindi credo non sia luogo a dubitare che in quei cristalli, giallo-verdastri, siavi associazione poligenica di quei due prussati, ma instabile, temporaria; talchè perdendo un po' dell'acqua di loro cristallizzazione, danno origine alla scissione dei loro due componenti. (Nelle capsule A, B, C, si vede il fatto nelle sue 3 fasi più istruttive).

4.^a *Esperienza*. Fusi in un crogiuolo 34 parti in peso di Calcosina (della miniera di Montecatini, in Toscana, omogenea, sufficientemente pura), e vi aggiunsi 66 parti di Pirite; ossia, stabilii fra i due solfuri la proporzione che si desume per 100 parti di Calcopirite, dal calcolo precedentemente esposto.

A temperatura poco elevata, senza fenomeni notevoli, la massa divenne omogenea, alquanto granulare, di color giallo verdastro con lucentezza metallica, con tendenza marcatissima ad assumere superficiali iridescenze. Si trasformò, in definitiva, in una sostanza somigliantissima nell'aspetto e nella composizione alla vera Calcopirite (crogiuolo N. 9). Il peso specifico trovossi alquanto più elevato di quello che rappresenta la media dei pesi specifici delle naturali Calcopiriti, che è di 4, 3, corrispondendo a 5, 9.

5.^a *Esperienza*. In altro crogiuolo fusi 80 parti di Calcosina, alle quali aggiunti 20 parti di Pirite, quante cioè ne dà il solito calcolo delle associazioni, per 100 parti in peso d' Erubescite. Ad elevata temperatura, lungamente sostenuta, si rese granulare la massa, in parte porosa, includente copia di piccoli nuclei, di aspetto cristallino, tendente alla forma esaedrica di colore epatico e paonazzo nella frattura recente, iridati vagamente in azzurro e verdognolo nelle superficie state influenzate dall' aria; il peso specifico si trovò di 4,60, variando da 4,40 a 50,00, quello della Erubescite naturale. Si produsse perciò vera e bella Erubescite, con qualche porzione altresì di Calcopirite, facilissima a riconoscersi per il suo colore caratteristico (crogiuolo N. 10).

PARTE QUARTA

CLASSIFICAZIONE DEI SOLFURI MINERALI.

Venni condotto a modificare la classificazione generale dei solfuri, dal pensiero che i sesquisolfuri di Antimonio, Arsenico e Bismuto non entrino in diretta combinazione con i solfuri di formula R^2S , RS , R^2S^3 , come si è fin' ora ammesso; e che perciò, all' idea dei solfuri doppii, nel

senso col quale veniva accettata dalla scienza per la teoria del dualismo debbasi sostituire un'idea differente la quale meglio si accordi colle vedute della chimica odierna.

Trovo infatti ardua a ben comprendersi l'unione chimica degli atomi triatomici dell'Antimonio e suoi analoghi con gli atomi monoatomici dell'Argento, i biatomici del Rame, Piombo, Zinco, Cobalto ecc., i tetratomici dello Stagno, *in quantità non rispondenti allo stato neutro delle molecole*; tanto più trattandosi di minerali le cui varietà cristalline offrono sì di sovente l'intervento di numerosi e svariati radicali metallici nella loro composizione. Nè più agevole mi riesce il supporre, dal punto di vista unitario, che i sesquisolfuri, considerati già come funzionanti da sulfoacidi rispetto ai monosolfuri, entrino integri in *vera combinazione* con questi, conservando la propria individualità chimica, impartendo al corpo risultante dalla reazione, alcuni dei loro speciali caratteri.

Il dubitare per altro della chimica combinazione fra l'Antimonio, l'Arsenico, il Bismuto ed i metalli elettropositivi nei varii solfuri, come pure di quella fra i citati sesquisolfuri ed i solfuri di ordine inferiore, non mi trae certamente ad ammettere che nei minerali ove gli uni e gli altri trovansi riuniti, lo sieno per miscuglio meccanico. Varie ed imponenti particolarità toglierebbero la possibilità di sussistere ad una consimile idea.

Difatti, considerando il modo di comportarsi del più frequente e notevole fra quei sesquisolfuri, quello di Antimonio, nei così detti solfuri doppii, ne troviamo prima di tutto, bensì variabile assai la proporzione nei composti di un dato monosulfuro, ma le variazioni sono generalmente espresse da numeri intieri, spesse volte razionali fra loro:

Zinchenite	$Pb S + Sb^2 S^3$	$RS : R^2 S^3$	1 : 1
Plagionite	$Pb S + \frac{3}{4} Sb^2 S^3$	. . .	4 : 3
Jamesonite	$Pb S + \frac{2}{3} Sb^2 S^3$	. . .	3 : 2
Eteromorfitte	$Pb S + \frac{1}{2} Sb^2 S^3$	. . .	2 : 1
Boulangerite	$Pb S + \frac{1}{3} Sb^2 S^3$	. . .	3 : 1
Geocronite	$Pb S + \frac{1}{5} Sb^2 S^3$	. . .	5 : 1

Troviamo in seguito, che le forme cristalline dei composti medesimi variano esse pure, spesso divenendo fra loro geometricamente incompatibili, ma sempre in relazione colla diversa quantità di sesquisolfuro che includono; e d'altronde tali mutamenti cristallini non oltrepassano che raramente i limiti, più o meno artificiali, dei sistemi cristallografici, prevalendo nella serie dei solfuri antimoniferi il sistema trimetrico, quello appunto proprio del sesquisolfuro di Antimonio isolato e nativo, ossia della Stibina propriamente detta.

La quale considerazione ci conduce ad avvertire altresì, che l'aspetto, l'abito direi quasi, proprio alla maggior parte dei solfuri doppi de' mineralogisti, suol essere perfettamente analogo a quello della Stibina, richiedendosi d'ordinario un qualche saggio chimico per riconoscerli; quasi che, unendosi il sesquisolfuro di Antimonio agli altri solfuri, valga ad influenzarne energicamente le particelle, imponendo loro un ordinamento analogo e compatibile col suo proprio, dominandone il generale equilibrio, senza impedire, anzi necessariamente inducendo, variazioni notevoli nelle incidenze delle faccie all'esterno, e quindi gradazioni più che bastevoli per autorizzare la creazione di specie distinte per parte dei Mineralogisti.

In conclusione, considero l'ufficio dei sesquisolfuri di Antimonio, Arsenico e Bismuto, nei solfuri minerali, *perfettamente analogo a quello dell'acqua di cristallizzazione*, nelle sostanze idratate cristalline, risultando quelli al pari di questa tanto più costanti nelle loro relative proporzioni, quanto più perfetta e sviluppata è la cristallizzazione medesima.

Ho già definita la presenza dell'acqua di cristallizzazione nei cristalli idratati, come uno degli esempj più normali delle *associazioni poligeniche*; risulta chiaro perciò qual significato attribuisca ai composti solforati, chiamati tuttora — solfuri doppi, o sulfosali. —

L'idea che qui ardisco esporre e sostenere, non è, in

ultima analisi, se non la generalizzazione a favore di alcuni altri corpi, della proprietà fin ora concessa esclusivamente all'acqua, senza che da ragioni scientifiche emergesse il perchè di siffatta esclusività.

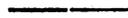
La stessa idea trova suo naturale sostegno nella dimostrazione che il solfuro di Antimonio scioglie molti solfuri e in varia proporzione; ed a tal uopo vennero intanto iniziate alcune sperienze, delle quali credo opportuno accennare qualche risultato.

Fuso il solfuro di Antimonio, v' introdussi della Pirite gialla, grossolanamente polverizzata, nella proporzione di 25 parti in peso di Pirite, per 75 di Stibina, in 100 parti. Questa proporzione corrisponde al rapporto dei pesi fra la Pirite e la Stibina nella Berthierite, qualora venga considerato questo minerale siccome un' associazione dei due solfuri adesso nominati. Disposi la Pirite alla superficie del bagno fuso di Stibina; cuoprii la massa con Borace e Spato fluore in polvere, ed elevai la temperatura. Oltre alla scoria, si produsse un massello a struttura fibro-granulare, nel quale la Pirite era visibile in parte col microscopio, perchè ridotta a tenuissime particelle; spariva affatto nella parte inferiore del massello, ma ivi era dimostrata la presenza del ferro dalle reazioni caratteristiche di questo metallo. Nel massello offrivansi i caratteri esteriori della Berthierite, specialmente nella regione mediana. (Crogiuolo N. 1).

Il peso specifico di questo prodotto corrisponde a 4,40; quello della Berthierite naturale è di 4,30 in media. La Pirite adunque erasi disgregata, diffusa, sciolta quasi, benchè incompletamente nel solfuro d' Antimonio; e che non vi si fosse chimicamente combinata, sembrami dimostrato dall' esperienza seguente.

Un cubo di Pirite assai voluminoso, (16 mill. di lato), fu introdotto nel solfuro di Antimonio, in un crogiuolo lutato, ed il tutto fu scaldato al calor bianco, sostenendo quest' alta temperie per oltre 15 minuti. Dopo che la massa si fu raffreddata, il cubo si mostrò perfettamente in-

tatto, identicamente riproducendo il primiero colore, la lucentezza, i dettagli superficiali, e isolandosi con tutta facilità dalla massa circostante di solfuro d' Antimonio; era peraltro alquanto disceso al basso di questa, durante la fusione; di guisa tale che non si era prodotta nessuna azione fra i due solfuri di Antimonio e di Ferro posti in presenza; non azione chimica, malgrado l' elevatissimo calore; non azione dissolvente, in causa del trovarsi la Pirite nella condizione di cristallo completo, il cui stabile equilibrio molecolare meno prestavasi ad un disgregamento, di quello che nol facessero le già disgregate particelle della polvere. Il cubo restò inalterato, e tale lo si vede nel crogiuolo N. 2 in mezzo al massello di Antimonio solforato.



Polverizzata della Blenda e sovrapposta al solfuro d' Antimonio fuso in un crogiuolo; portato il tutto al calor rosso, dopo aver coperta la massa con Borace e Spatofluore, videsi la Blenda compenetrare la massa medesima, sparir quasi in certe regioni, e ricomparire in altre sotto forma di pagliuole cristalline: producevasi in tal maniera un fenomeno analogo a quello donde derivano le pagliuole di Grafite nella ghisa per effetto del Carbonio, sciolto nel ferro in fusione. Nel crogiuolo N. 3 vedesi il risultato di questo esperimento.

Si circondò con Stibina in polvere, entro un crogiuolo, un cubo di Galena. Si portò la massa, alla fusione, al calor rosso nascente, quindi al calor rosso assoluto. Il cubo si mantenne inalterato, e poté separarsi nettamente dalla Stibina, dopo la solidificazione di questa. Riscaldato di nuovo nelle stesse condizioni, ma verso il calor bianco, si disgregò, scomparve, rese granulare quasi la struttura acicolare radia-

ta del solfuro di Antimonio (crogiuolo N. 4); e qualsiasi proporzione di Galena unita alla Stibina e con essa riscaldata ad alta temperatura diede luogo al medesimo fatto (crogiuoli N. 5, 6, 7, 8).

Il concetto infine, che il sesquisolfuro d' Antimonio ed i suoi analoghi agiscano come elementi di cristallizzazione nei solfuri è la base di questa classazione generale dei solfuri minerali, i quali vengono riuniti, per tal punto di vista, in un solo ordine, nella classe seconda del metodo naturale.

Mi lusingo riesca sufficiente uno sguardo dato al prospetto complessivo, e soprattutto ai singoli prospetti della classificazione adesso proposta, perchè si rivelino, insieme alla grande semplicizzazione nei gruppi e nelle formule, ed alla vantaggiosa riduzione dei tipi, la perfetta concordanza di tutte le formule stesse con quelle della chimica generale, il paralellismo di ogni serie costituita.

I caratteri offerti dalle varie atomicità sono rispettati non solo, ma utilizzati, nel criterio dell' isomorfismo assoluto, il quale interviene alla sua volta, entro limiti giustamente determinati.

L' intero ordine comprende quattro grandi famiglie, caratterizzate dal grado di solforazione dei componenti, simboleggiate perciò dalle formule generali R^2S , RS , R^2S^3 RS^2 ; i minerali di queste famiglie sono distribuiti, per ciascuna in tanti generi quanti sistemi cristallini vi sono rappresentati.

In tutto l' ordine intiero si hanno per tal modo (trascu-
rando i composti incerti, amorfi, impuri, indeterminati),

quindici gruppi, ripartiti in cinque generi, e in quattro famiglie; fra i quali gruppi, quelli dei sottosolfuri e monosolfuri del 1.^o 3.^o e 4.^o sistema; dei sesquisolfuri del 4.^o sistema, contengono le specie più numerose, meglio caratterizzate e dotate altresì di maggiore importanza dal lato delle loro applicazioni (1).



(1) Le formule sono scritte in rapporto agli atomi dei componenti; perciò ogni simbolo esprime un atomo, se privo di esponente, e tanti atomi quante unità sono nell' esponente che nei singoli casi possa accompagnarlo.

QUADRO D' INSIEME per la Classificazione dei SOLFURI ed Analoghi.

	Genere I. Monometrici	Genere II. Dimetrici	Genere III. Esagonali	Genere IV. Trimetrici	Genere V. Monoclini	Indeterm.
Famiglia I. R ² S	<i>Tetraedriti</i> Argirose Hessite. Eucairite Naumannite Berzelianite Erubescite Tennantite Tetraedrite	<i>Stannine</i> Stannina	<i>Pirargiriti</i> Polibasite Pirargirite Proustite Xantocono	<i>Calcosine</i> Calcosina Stromeyerite Wittichite Wolfsbergite Enargite Stefanite Silvanite	<i>Miargiriti</i> Miargirite	
Famiglia II. R S	<i>Galene</i> Galena Cuproplumbite Dufrenoyseite Clausthalia Tilkerodite. Altaite Blenda. Marmatite Alabandina Grunanite Linnaeite. Siegenite	<i>Nagyagiti</i> Nagyagite	<i>Pirrotine</i> Cinabro Greenokite Covellina Pirrotina Millerite	<i>Zinkeniti</i> Geocronite Boulangerite Jamesonite Eteromorfitte Bournonite Zinchenite Acicolite Brongniartite	<i>Freislebeniti</i> Plagionite Freislebenite Realgar	Kobellite Siepoorite
Famiglia III. R ² S ⁵				<i>Stibine</i> Stibina Orpimento Bismutina Berthierite Chiviatite Tannenite		Laurite
Famiglia IV. R S ²	<i>Piriti</i> Pirite Hauerite Ullmannite Cobaltina ec.	<i>Calcopiriti</i> Calcopirite	<i>Molibdeniti</i> Molibdenite	<i>Marcasite</i> Marcasita Mispichel Glaucodoto		

GRUPPO I. R² S

		In 100 molecole di minerale ne sono:	
Monometrici	Tipo Ag ² S	ARGIROSE . . .	100 Ag ² S.
		HESSITE . . .	100 Ag ² Te.
		EUCAIRITE . . .	50 Ag ² Se + 50 Cu ² Se.
		NAUMANNITE . . .	93 Ag ² Se + 7 PbS.
	Tipo Cu ² S	BERZELIANITE . . .	100 Cu ² Se.
		ERUBESCITE . . .	89 Cu ² S + 11 fe ² S ⁵ .
			82 Cu ² S + 18 fe ² S ⁵ .
			81 Cu ² S + 19 fe ² S ⁵ .
			79 Cu ² S + 21 fe ² S ⁵ .
			77 Cu ² S + 23 fe ² S ⁵ .
TENNANTITE. . .		60 Cu ² S + 26 feS ² , 2 feAs ² , 12 As ² S ⁵ .	
TETRAEDRITE . . .		56 Cu ² S + 15 feS ² , 7ZnS, 2Ag ² S, 20(SbAs ²)S ⁵ .	
		54 Cu ² S + 8 feS ² , 15 ZnS, 4 Ag ² S, 19 Sb ² S.	
		54 Cu ² S + 3 feS ² , 20 ZnS, 1 Ag ² S, 22 Sb ² S ⁵ .	
	52 Cu ² S + 6(fe etc.)S ² , 20ZnS, 3Ag ² S, 19Sb ² S ⁵ .		
	50 Cu ² S + 6 feS ² , 19ZnS, 1Ag ² S, 3HgS, 21Sb ² S ⁵ .		
26 Cu ² S + 23 feS ² , 3 ZnS, 29 Ag ² S, 19 Sb ² S ⁵ .			
Dimet.	Tipo Cu ² S	STANNINA . . .	42 Cu ² S + 38 feS ² , 20 Sn ² S ⁵ .
Trimetrici	Tipo Cu ² S	CALCOSINA . . .	100 Cu ² S.
		STROMEYERITE	95 Cu ² S + 3 Ag ² S, 2 feS ² .
			83 Cu ² S + 9 Ag ² S, 8 feS ² .
	T. Ag ² S	76 Cu ² S + 24 Ag ² S.	
		50 Cu ² S + 49 Ag ² S, 1 feS ² .	
		WITTICHITE . . .	60 Cu ² S + 32 Bi, 8 Bi ² S ⁵ .
		WOLFSBERGITE.	48 Cu ² S + 6 feS ² , 2 PbS, 44 Sb ² S ⁵ .
ENARGITE. . .	45 Cu ² S + 2(feS ² , ZnS), 38 S, 15(AsSb) ² S ⁵ .		
STEFANITE . . .	82 Ag ² S + 2 Cu ² S, 16 Pb ² S ⁵ .		
SILVANITE . . .	24 Ag ² Te + 22 Au ² Te ⁵ , 3 PbTe, 3Sb ² Te ⁵ , 48Te.		

Segue GRUPPO I. R² S

Esagonali	In 100 molecole di minerale ne sono :	
	Tipo Ag ² S	POLIBASITE . . . 82 $Ag^2 S + 6 Cu^2 S, fe S^2, 10(Sb As)^2 S^5$.
		. . . . . 70 $Ag^2 S + 18 Cu^2 S, fe S^2, 11(Sb As)^2 S^5$.
		PIRARGIRITE. . . 76 $Ag^2 S + 24 Sb^2 S^5$.
		PROUSTITE . . . 75 $Ag^2 S + 24 As^2 S^5, 1Sb^2 S^5$.
XANTOCONO. . . 63 $Ag^2 S + 3 fe S^2, 19 As^2 S^5, 15 S$.		
Monocl.	MIARGIRITE . . . 50 $Ag^2 S + 3 Cu^2 S, 3 fe S^2, 44 Sb^2 S^5$.	

GRUPPO II. R S

Monometrici	Tipo PbS	}	GALENA	100 $Pb S$.
				98 $Pb S + 2 fe S^2$.
				80 $Pb S + 8 fe S^2, 3 Cu^2 S, 4 Zn S, 5 Sb^2 S^5$.
	Tipo PbS	}	CUPROPLUMBITE	65 $Pb S + 34 Cu^2 S, Ag^2 S$.
			DUFRENOYSITE .	65 $Pb S + fe S^2, (Ag^2 S, Cu^2 S), 33 As^2 S^5$.
	Tipo PbS	}	CLAUSTHALIA .	79 $Pb Se + 17 Cu^2 Se, 4 fe Se^2$.
				100 $Pb Se$.
	Zn S	}	TILKERODITE .	88 $Pb Se + 11 Co S^2, fe S^2$.
			ALTAITE	100 $Pb Te - tr. Ag^2 Te$.
	Zn S	}	BLENDA	100 $Zn S$.
MARMATITE . . .			72 $Zn S + 28 fe S^2$.	
T. (CoNi)S	}	ALABANDINA . . .	100 $Mn S$.	
		SIEPOORITE . . .	100 $Co S$.	
T. (CoNi)S	}	GRUNAUITE . . .	48 $Ni S + 24 Co S, 12 fe S^2, 10 Ca^2 S, 2 Pb S, 4 Bi^2 S^3$.	
		LINNAEITE	54 $Co S + 26 Co S^2, 8 fe S^2, 12 Cu^2 S$.	
		SIEGENITE	66 $Ni S + 19 Co S^2, 8 fe S^2, 7 Ni S^2$.	

Segue GRUPPO II. R S

Esagonali	In 100 molecole di minerale ne sono :		
	CINABRO . . .	100 $Hg S$.	
	GREENOKITE. . .	100 $Cd S$.	
	COVELLINA . . .	100 $Cu S$.	
	PIRROTINA . . .	89 $Fe S$ + 11 $fe S^2$.	
MILLERITE . . .	100 $Ni S$.		
Dimet.	Tipo Pb S	NAGYAGITE . . .	55 $Pb S$ + 37 Te , 5 $Au^2 Te^5$, 2 $Cu^2 S$, $Ag^2 Te$.
Trimetrici	Tipo Pb S	KILBRICHENITE .	84 $Pb S$ + 2 $fe S^2$, 14 $Sb^2 S^5$.
		GEOCRONITE. . .	78 $Pb S$ + 2 $fe S^2$, 3 $Cu^2 S$, 17 $(Sb As)^2 S^5$.
		BOULANGERITE. .	72 $Pb S$ + 28 $Sb S^5$.
		JAMESONITE . . .	52 $Pb S$ + 11 $fe S^2$, $Cu^2 S$, 36 $Sb^2 S^5$.
		ETEROMORFITE. .	51 $Pb S$ + 12 $fe S^2$, 2 $Cu^2 S$, 6 $Zn S$, 29 $Sb^2 S^5$.
		BOURNONITE . . .	50 $Pb S$ + 25 $Cu^2 S$, 25 $Sb^2 S^5$.
		ZINCHENITE . . .	50 $Pb S$ + 50 $Sb^2 S^5$.
ACICOLITE . . .	48 $Pb S$ + 28 $Cu^2 S$, 24 $Sb^2 S^5$.		
BRONGNIARTITE	32 $Pb S$ + 32 $Ag^2 S$, 2 $fe S^2$, $Cu^2 S$, $Zn S$, 32 $Sb^2 S^5$.		
Monoclini	Pb S	PLAGIONITE . . .	56 $Pb S$ + 44 $Sb^2 S^5$.
		FREISLEBENITE .	39 $Pb S$ + 27 $Ag^2 S$, 5 $(fe S^2, Cu^2 S)$, 29 $Sb^2 S^5$.
		REALGAR . . .	100 $As S$.
Appendice			
		KOBELLITE . . .	54 $Pb S$ + 18 $fe S^2$, $Cu^2 S$, 27 $(Sb Bi)^2 S^5$.

ARSENIURI e ANTIMONIURI

R M . R M²

In 100 molecole di minerale sono:

R M	{	Mono.	{	BREITHAUPTITE.	86 $Ni Sb + 12 Pb S, 2 fe S^2.$
		ARSENICHELIO		94 $Ni As + 2 fe S^2, 4 Ni.$	
		SMALTINA		64 $Ni As + 30 Co^2 S^5, 4 Co S^2, 2 fe S^2.$	

R M ²	{	Monometrici	{	SMALTINA	60 $Co As^2 + 10 fe As^2, 5 As^2 S^5, 25 As.$
				GERSDORFFITE	46 $(Co Ni) As^2 + 20 fe As^2, 34 As.$
				LEUCOPIRITE	53 $Ni As^2 + 10 fe As^2, 36 Co^2 As^5, Cu^2 As.$
		Trimetrici	{	GERSDORFFITE	53 $Fe As^2 + 44 Co^2 As^2, 3 Cu^2 S.$
				LEUCOPIRITE	57 $Ni As^2 + 16 Ni S, 27 fe S^2.$
				RAMMELSBURGITE	96 $Fe As^2 + 4 fe S^2.$
SKUTTERUDITE	90 $Fe As^2 + 7 As, 3 fe S^2.$				
SKUTTERUDITE	94 $Fe As^2 + 6 fe S^2.$				
RAMMELSBURGITE	95 $Ni(As Bi)^2 + 5 Cu^2 S, Cu.$				
SKUTTERUDITE	39 $Co As^2 + 58 As, 3 fe As^2.$				

Appendice

DARWINITE	88 $Cu + 22 Cu^2 As, tr. Ag.$
WITHENEYITE	86 $Cu + 23 Cu^2 As, tr. Ag.$
ALGODONITE.	65 $Cu + 34 Cu^2 As, tr. Ag.$
DOMEYKITE	50 $Cu + 50 Cu^2 As.$
DIMORFINA	76 $As S + 24 As^?$
DISCRASITE	83 $Ag + 17 Ag^2 Sb.$
CUBANO	» 39,01 S + 19,80 Cu + 38,01 fe + 2,30 silice.
WOLKITE	» 28,60 S + 16,64 Sb + 6,03 As + 29,90 Pb + 17,35 Cu + 1,40 fe.

AVVERTENZA

—

Dal confronto dei calcoli seguenti, per le analisi di oltre 48 solfuri complessi, è risultato che 23 mostrano di contenere esattamente tanti atomi di Solfo quanti se ne richiedevano per la repartizione dovuta, nel concetto delle associazioni poligeniche; quindi circa la metà. Fra le quali specie sono molto ben caratterizzate dalla forma cristallina, e da frequenza nei giacimenti metalliferi, p. e. la Tetraedrite, la Stefanite, la Polibasite, la Pirargirite, la Liegenite, la Zinchenite, la Cobaltina, il Mispichet ec. ec. Altre 12 diedero differenze oscillanti fra $\frac{1}{250}$ e $\frac{1}{2000}$; e nelle altre 13 le differenze crebbero in generale (quasi sempre però nei limiti della seconda decimale) al crescere delle difficoltà dell'analisi, delle impurità, dello stato amorfo, e di altre consimili ragioni di inesattezza nelle interpretazioni della loro composizione atomica.

—————

Discussione delle analisi di tutti i Solfori Minerali

Dalla quale vennero dedotte le formule dei precedenti prospetti.

(NB. La prima colonna dopo i simboli esprime il per cento in peso dato dall'analisi; la seconda colonna presenta il quoziente della divisione del precedente numero per il peso atomico, ossia il rapporto degli atomi nella unità di peso.)

ARGIROSE. Var. di Freyberg. An. di Klaproth.

Analisi	Atomi	
S 12,9	0,4	1) 2) = Ag ² S
Ag 87,1	0,8	
<hr/>		
100,0		

HESSITE. Var. di Savodinsky. An. di Rose.

Analisi	Atomi	
Te 36,89	0,288	= 576 con 288 Te = Ag ² Te
Ag 62,32	0,576	
Fe 0,50	0,008 con nS	
<hr/>		
99,71		

EUCAIRITE. Var. di Smaoland. An. di Berzelius.

Analisi	Atomi	
Se 26,00	0,32	18 Cu ² S con 18 Se 18 Ag ² S con 18 Se
Cu 23,05	0,36	
Ag 38,93	0,36	
<hr/>		
87,98		36

In 100 molecole (50 Cu² Se
50 Ag² Se

NAUMANNITE. Var. di Tilkerode. An. di Rose.

Analisi	Atomi	
Se 29,53	0,36	30 Ag ² Se con 30 Se 2 Pb Se con 2 Se
Ag 65,56	0,60	
Pb 4,91	0,02	
<hr/>		
100,00		32
In 100 molecole (93 Ag ² Se 7 PbSe		

BERZELIANITE. An. di Berzelius.

Analisi	Atomi	
Se 40,00	0,5	1) 2) = Cu ² Se
Cu 60,00	1,0	
<hr/>		
100,00		

ERUBESCITE. Var. di Montecastelli. An. di Berthier.

S 21,4		
Cu 67,2		Dalla differenza da 100,
Fe 6,8		di 4,6 (4,0 di ganga cal-
ganga 4,0		colati come perdita),
<hr/>		prendendo 1,4 per il Sol-
99,4		fo, si avrebbe:

Analisi	Atomi	
S 22,8	0,712	533 Cu ² S con 533 S 60 Fe ² S ³ con 180 S
Cu 67,2	1,066	
Fe 6,8	0,121	
<hr/>		
		713 S

In 100 molecole (89 Cu² S
11 Fe² S³

Segue ERUBESCITE. Var. di Bristol.
An. di Bodemann.

Analisi	Atomi		
S 25,70	0,803		
Cu 62,75	0,996	498 Cu ² S con	498 S
Fe 11,64	0,207	103 Fe ² S ³ con	309 S
<hr/>			
100,09			807 S
In 100 molecole		{	82 Cu ² S
			18 Fe ² S ³

Segue ERUBESCITE. Var. di Siberia.
An. di Brandes.

S 21,65			
Cu 61,63		Dalla differenza da	
Fe 12,75		100 (non computan-	
SiO ² , 3,50		dosi la silice), pren-	
<hr/>		dendo 3,90 per il Sol-	
99,54		fo, si avrebbe:	

Analisi	Atomi		
S 25,55	0,798		
Cu 61,63	0,978	489 Cu ² S con	489 S
Fe 12,75	0,220	110 Fe ² S ³ con	330 S
<hr/>			
			819 S

In 100 molecole { 81 Cu²S
19 Fe²S³

Segue ERUBESCITE. Var. di Montecati-
nini. An. di Bechi.

Analisi	Atomi		
S 23,36	0,730		
Cu 59,47	0,943	Dalla differenza	
Fe 13,87	0,247	da 100 prenden-	
ganga 0,75		do 3,00 per il	
Fe ² O ³ 1,50		Solfo, si avreb-	
<hr/>		be:	
98,95			

Analisi	Atomi		
S 26,36	0,823		
Cu 59,47	0,943	471 Cu ² S con	471 S
Fe 13,87	0,247	123 Fe ² S ³ con	369 S
<hr/>			
			840 S

In 100 molecole { 79 Cu²S
21 Fe²S³

Segue ERUBESCITE. Var. di Redruth.
An. di Chodnew.

	Analisi	Atomi	
S	26,84	0,839	
Cu	57,89	0,918	Dalla differenza
Fe	14,94	0,266	da 100 prenden-
ganga	0,04		do 0,25 per il
<hr/>			Solfo, si avreb-
	99,71		be:

	Analisi	Atomi	
S	27,09	0,846	
Cu	57,89	0,918	459 Cu ² S con
Fe	14,94	0,266	133 Fe ² S ³ con
<hr/>			399 S
			858 S

In 100 molecole { 77 Cu²S
23 Fe²S³

Segue ERUBESCITE. Var. di Condurra.
An. di Plattner.

	Analisi	Atomi	
S	28,24	0,881	
Cu	56,76	0,900	450 Cu ² S con
Fe	14,84	0,265	133 Fe ² S ³ con
<hr/>			399 S
	99,84		849 S

In 100 molecole { 77 Cu²S
23 Fe²S³

La differenza fra gli atomi di Solfo dati dal calcolo, e quelli necessari alla riduzione in sottosolfuro ed in sesquisolfuro del Rame e del Ferro indicati dall'analisi, è assai maggiore nell'Erubescite di quello non sia negli altri solfuri in generale; ciò può dipendere dall'impurità frequente dell'Erubescite medesima, e dal miscuglio meccanico, spesso evidente, colla Calcopirite. Del resto, vi è realmente il

ferro allo stato di sesquisolfuro? Ciò emergerebbe dal calcolo delle analisi; ma il risultato poco esatto di questo calcolo, autorizza il dubbio che adesso esprimiamo.

TENNANTITE. Var. di Cornovaglia.
An. di Phillips.

Analisi	Atomi	
S 30,25	0,945	
As 12,46	0,165	77 As ² S ³ con 231 S
Cu 47,70	0,757	378 Cu ² S con 378 S
Fe 9,75	0,174	169 Fe S ² con 338 S
<hr/>		
100,16		5 Fe As ² 947 S
		174 Fe e 164 As

In 100 molecole {
(60 Cu² S
26 Fe S²
2 Fe As²
12 As² S³

TETRAEDRITE. Var. di Gersdorf. An.
di Rose.

Analisi	Atomi	
S 26,3	0,82	
Sb 16,5	0,13	) 11 (AsSb) ² S ³ con 33 S
As 7,2	0,09	
Cu 38,6	0,61	30 Cu ² S con 30 S
Fe 4,9	0,08	8 Fe S ² con 16 S
Zn 2,7	0,04	4 Zn S con 4 S
Ag 2,4	0,02	1 Ag ² S con 1 S
<hr/>		
98,6		84 S

In 100 molecole {
(56 Cu² S
15 Fe S²
7 Zn S
2 Ag² S
20 (SbAs)² S³

Segue TETRAEDRITE. Var. di Clau-
sthall. An. di Rose.

Analisi	Atomi	
S 24,7	0,77	
Sb 28,2	0,21	10 Sb ² S ³ con 30 S
Cu 34,4	0,54	27 Cu ² S con 27 S
Fe 2,3	0,04	4 Fe S ² con 8 S
Zn 5,5	0,08	8 Zn S con 8 S
Ag 4,9	0,04	2 Ag ² S con 2 S
<hr/>		
100,0		75 S

In 100 molecole {
(19 Sb² S³
54 Cu² S
8 Fe S²
15 Zn S
4 Ag² S

Segue TETRAEDRITE. Var. di Kapnich.
An. di Rose.

Analisi	Atomi	
S 25,77	0,805	
Sb 23,94	0,185	) 112(SbAs) ² S ³ con 336 S
As 2,88	0,038	
Cu 37,98	0,602	301 Cu ² S con 301 S
Fe 0,86	0,015	15 Fe S ² con 30 S
Zn 7,29	0,114	114 Zn S con 114 S
Ag 0,62	0,005	3 Ag ² S con 3 S
<hr/>		
99,34		784 S

In 100 molecole {
(54 Cu² S
3 Fe S²
20 Zn S
1 Ag² S
22 (SbAs)² S³

Segue TETRAEDRITE. Var. di Aptonite.
An. di Swanberg.

Analisi	Atomi	
S 30,05	0,938	
Sb 24,77	0,192	96 Sb ² S ³ con 288 S
Cu 32,91	0,522	261 Cu ² S con 261 S
Fe 1,31	0,023	23 Fe S ² con 46 S
Zn 6,40	0,100	100 Zn S con 100 S
Ag 3,09	0,028	14 Ag ² S con 14 S
Co 0,49	0,008	8 Co S ² con 16 S
Pb 0,04		
<hr/>		
99,06		725 S

Avanzano 213 atomi di Solfo nel calcolo, che non trovano loro applicazione. Credo poterne inferire, dietro il risultato assai esatto delle altre varietà di Tetraedrite, che l'analisi è inesatta, ovvero che venne istituita sopra un esemplare impuro, contenente Solfo libero.

Segue TETRAEDRITE. Var. di Angina.
An. di Bechi.

Analisi	Atomi		
S	24,14	0,754	
Sb	26,52	0,205	102 Sb ² S ³ con 306 S
Cu	37,72	0,599	299 Cu ² S con 299 S
Fe	1,64	0,029	29 FeS ² con 58 S
Zn	6,23	0,097	97 ZnS con 97 S
Ag	0,45	0,004	2 Ag ² S con 2 S
Hg	3,03	0,015	15 HgS con 15 S
<hr/>			
	99,73		777 S

In 100 molecole

{	50 Cu ² S
	19 ZnS
	6 FeS ²
	3 HgS
	1 Ag ² S
{	21 Sb ² S ³

Segue TETRAEDRITE. Var. di Freyberg. An. di Rose.

Analisi	Atomi		
S	21,17	0,661	
Sb	24,63	0,190	95 Sb ² S ³ con 285 S
Cu	14,81	0,235	117 Cu ² S con 117 S
Fe	5,98	0,106	106 FeS ² con 212 S
Zn	0,99	0,015	15 ZnS con 15 S
Ag	31,29	0,289	144 Ag ² S con 144 S
<hr/>			
	98,87		773 S

Anche qui avvi una differenza notevole relativa agli atomi di Solfo dati dall'analisi e dal calcolo; ma sem-

bra chiaro non dipendere da erronea interpretazione del composto, poichè nelle altre analisi tal differenza è minima, qui è di 112. Di più, è per *aumento* del Solfo nel calcolo, mentre nella precedente analisi della Aptonite era per *diminuzione*.

STANNINA.

Analisi	Atomi		
S	30,5	0,95	
Sn	26,5	0,22	11 Sn ² S ³ con 33 S
Cu	30,0	0,47	23 Cu ² S con 23 S
Fe	12,0	0,21	21 FeS ² con 42 S
<hr/>			
	99,0		98 S
		{	42 Cu ² S
In 100 molecole			38 FeS ²
			20 Sn ² S ³

CALCOSINA. Var. di Tallemark. An. di Scheerer.

Analisi	Atomi		
S	20,36	0,63	1) = Cu ² S
Cu	79,12	1,25		2 )
SiO ²	0,28		
<hr/>			
	99,76		

STROMEYERITE. Var. di S. Pedro. An. di Domeyko.

Analisi	Atomi		
S	20,79	0,649	
Ag	2,96	0,027	14 Ag ² S con 14 S
Cu	75,51	1,197	599 Cu ² S con 599 S
Fe	0,74	0,013	13 FeS ² con 26 S
<hr/>			
	100,00		639 S

In 100 molecole

{	95 Cu ² S
	3 Ag ² S
	2 FeS ²

Segue la STROMEYERITE. Var. di Catemo. An. di Domeyko.

Analisi	Atomi		
S 21,41	0,669		
Ag 12,08	0,118	59 Ag ² S	con 59 S
Cu 63,98	1,015	507 Cu ² S	con 507 S
Fe 2,53	0,045	45 Fe S ²	con 90 S
<hr/>			
100,00			656 S

In 100 molecole $\left\{ \begin{array}{l} 83 \text{ Cu}^2 \text{ S} \\ 9 \text{ Ag}^2 \text{ S} \\ 8 \text{ Fe S}^2 \end{array} \right.$

Segue la STROMEYERITE. Var. di S. dro. An. di Domeyko.

Analisi	Atomi		
S 17,83	0,557		
Cu 53,38	0,847	424 Cu ² S	con 424 S
Ag 28,79	0,266	133 Ag ² S	con 133 S
<hr/>			
100,00			557 S

In 100 molecole $\left\{ \begin{array}{l} 76 \text{ Cu}^2 \text{ S} \\ 24 \text{ Ag}^2 \text{ S} \end{array} \right.$

Segue STROMEYERITE. Var. di Silesia. An. di Sander.

Analisi	Atomi		
S 15,92	0,497		
Ag 52,71	0,487	244 Ag ² S	con 244 S
Cu 30,95	0,491	245 Cu ² S	con 245 S
Fe 0,24	0,004	4 Fe S ²	con 8 S
<hr/>			
99,82			497 S

In 100 molecole $\left\{ \begin{array}{l} 49 \text{ Ag}^2 \text{ S} \\ 50 \text{ Cu}^2 \text{ S} \\ 1 \text{ Fe S}^2 \end{array} \right.$

VITTICHITE. Var. di Vittichen. An. di Klaproth.

Analisi	Atomi		
S 12,58	0,39		
Bi 47,24	0,22	14 Bi	} 4 Bi ² S ³ con 12 S
Cu 34,66	0,55	27 Cu ² S	
<hr/>			
94,48			39 S

In 100 molecole $\left\{ \begin{array}{l} 60 \text{ Cu}^2 \text{ S} \\ 32 \text{ Bi (nativo)} \\ 8 \text{ Bi}^2 \text{ S}^3 \end{array} \right.$

WOLFSBERGITE. Var. di Wolfsberg. An. di Rose.

Analisi	Atomi		
S 26,3	0,821		
Sb 46,8	0,362	181 Sb ² S ³	con 543 S
Cu 24,4	0,387	193 Cu ² S	con 193 S
Fe 1,4	0,025	25 Fe S ²	con 25 S
Pb 0,7	0,003	3 Pb S	con 3 S
<hr/>			
99,6			764 S

In 100 molecole $\left\{ \begin{array}{l} 44 \text{ Sb}^2 \text{ S}^3 \\ 48 \text{ Cu}^2 \text{ S} \\ 6 \text{ Fe S}^2 \\ 2 \text{ Pb S} \end{array} \right.$

ENARGITE. Var. di Morochoca. An. di Plattner.

Analisi	Atomi		
S 32,22	1,067		
As 17,59	0,234	} 123(Sb As) ² S ³ con 369 S	
Sb 1,61	0,012		
Cu 47,20	0,749	375 Cu ² S	con 374 S
Fe 0,56	0,010	10 Fe S ²	con 20 S
Zn 0,22	0,003	3 Zn S	con 3 S
Ag 0,02			
<hr/>			
99,42		Solfo libero	301
<hr/>			
			1,067

In 100 molecole $\left\{ \begin{array}{l} 45 \text{ Cu}^2 \text{ S} \\ 2 \text{ Fe S}^2 \text{ Zn S} \\ 15 \text{ (As Sb)}^2 \text{ S}^3 \\ 38 \text{ S (con lieve} \end{array} \right.$
riscaldamento del minerale si svolge solfo libero che si sublima.

STEFANITE. Var. di Schemnitz. An. di Rose.

Analisi	Atomi	
S 16,42	0,51	
Sb 14,68	0,11	6 Sb ² S ³ con 18 S
Ag 68,54	0,63	32 Ag ² S con 32 S
Cu 0,64	0,01	circa Cu ² S con 1 S
<hr/>		
100,28		51 S

In 100 molecole $\left\{ \begin{array}{l} 16 \text{ Sb}^2 \text{ S}^3 \\ 82 \text{ Ag}^2 \text{ S} \\ 2 \text{ Cu}^2 \text{ S} \end{array} \right.$

SILVANITE. Var. Cristalli di Transilvania. An. di Petz.

Analisi	Atomi	
Te 55,39	0,43	
Sb 2,50	0,03	Sb ² Te ³
Au 24,89	0,12	6 (Au ² Te ³)
Ag 14,68	0,13	7 (Ag ² Te)
Pb 2,54	0,01	Pb Te
<hr/>		14 Te nativo
100,00		43 Te

In 100 molecole $\left\{ \begin{array}{l} 24 \text{ Ag}^2 \text{ Te} \\ 22 \text{ Au}^2 \text{ Te}^3 \\ 48 \text{ Te} \\ 3 \text{ Pb Te} \\ 3 \text{ Sb}^2 \text{ Te}^3 \end{array} \right.$

POLIBASITE. Var. di Cornovaglia. An. di Yoy.

Analisi	Atomi	
S 15,87	0,495	
Sb 5,46	0,042	21 Sb ² S ³ con 63 S
As 3,41	0,045	20 As ² S ³ con 60 S
Ag 72,01	0,676	338 Ag ² S con 338 S
Cu 3,36	0,053	26 Cu ² S con 26 S
Fe 0,34	0,006	3 Fe S ² con 6 S
<hr/>		3 Fe As ²
100,45		493 S

In 100 molecole $\left\{ \begin{array}{l} 5 \text{ Sb}^2 \text{ S}^3 \\ 5 \text{ As}^2 \text{ S}^3 \\ 82 \text{ Ag}^2 \text{ S} \\ 6 \text{ Cu}^2 \text{ S} \\ 2 \text{ Fe S}^2 \text{ Fe As}^2 \end{array} \right.$

POLIBASITE. Var. di Durango. An. di Rose.

Analisi	Atomi	
S 17,04	0,532	
Sb 5,09	0,039	20 Sb ² S ³ con 60 S
As 3,74	0,049	25 As ² S ³ con 75 S
Ag 64,29	0,595	298 Ag ² S con 298 S
Cu 9,93	0,157	79 Cu ² S con 79 S
Fe 0,06	0,001	1 Fe S ² con 2 S
<hr/>		
100,15		514 S

In 100 molecole $\left\{ \begin{array}{l} 70 \text{ Ag}^2 \text{ S} \\ 18 \text{ Cu}^2 \text{ S} \\ 5 \text{ Sb}^2 \text{ S}^3 \\ 6 \text{ As}^2 \text{ S}^3 \\ 1 \text{ Fe}^2 \text{ S}^3 \end{array} \right.$

PIRARGIRITE. Var. di Messico. An. di Vöhler.

Analisi	Atomi	
S 18,00	0,56	
Sb 22,00	0,18	9 Sb ² S ³ con 27 S
Ag 60,00	0,55	28 Ag ² S con 28 S
<hr/>		
100,00		55 S

In 100 molecole $\left\{ \begin{array}{l} 24 \text{ Sb}^2 \text{ S}^3 \\ 76 \text{ Ag}^2 \text{ S} \end{array} \right.$

PROUSTITE. Var. di Joachimsthal. An. di Rose.

Analisi	Atomi	
S 19,5	0,609	
As 15,1	0,201	100 As ² S ³ con 300 S
Ag 64,6	0,598	299 Ag ² S con 299 S
Sb 0,7	0,005	2 Sb ² S ³ con 6 S
<hr/>		
99,9		605 S

In 100 molecole $\left\{ \begin{array}{l} 24 \text{ As}^2 \text{ S}^3 \\ 75 \text{ Ag}^2 \text{ S} \\ 1 \text{ Sb}^2 \text{ S}^3 \end{array} \right.$

XANTOCONO. Var. di Freyberg. An. di Plattner.

Analisi	Atomi		
S 21,35	0,667		
As 13,49	0,179	90 As ² S ³	con 270 S
Ag 64,18	0,594	297 Ag ² S	con 297 S
Fe 0,97	0,017	17 Fe S ²	con 34 S
<u>99,99</u>			<u>601 S</u>
		Solfo	66
In 100 molecole		(19 As ² S ³	
		(63 Ag ² S	
		(3 Fe S ²	
		(15 S libero	

MIARGIRITE. Var. di Braunsdorf. An. di Rose.

Analisi	Atomi		
S 21,95	0,685		
Sb 39,14	0,303	151 Sb ² S ³	con 453 S
Ag 36,40	0,337	168 Ag ² S	con 168 S
Cu 1,06	0,016	8 Cu ² S	con 8 S
Fe 0,62	0,011	11 Fe S ²	con 22 S
<u>99,17</u>			<u>651 S</u>
In 100 molecole		(44 Sb ² S ³	
		(50 Ag ² S	
		(3 Cu ² S	
		(3 Fe S ²	

GALENA.

Analisi	Atomi		
S 13,40	0,41	1 (
Pb 86,60	0,41	1 (= Pb S	
<u>100,00</u>			

Detta. Var. di Durham, An. di Thomson.

Analisi	Atomi		
S 13,02	0,406		
Pb 85,13	0,406	406 Pb S	con 406 S
Fe 0,50	0,008	8 Fe S ²	con 16 S
<u>98,65</u>			<u>422 S</u>

Se la perdita 1,35 fosse relativa al Solfo, si avrebbe:

S 13,52 e 422, come nel calcolo.

In 100 molecole (98 Pb S
(2 Fe S²

Segue GALENA. Var. di Argentina. An. di Bechi.

Analisi	Atomi		
S 15,62	0,488		
Pb 72,90	0,340	350 Pb S	con 350 S
Sb 5,77	0,044	22 Sb ² S ³	con 66 S
Fe 1,77	0,031	31 Fe S ²	con 62 S
Cu 1,11	0,017	8 Cu ² S	con 8 S
Zn 1,33	0,020	20 Zn S	con 20 S
Ag 0,72	0,006	3 Ag ² S	con 3 S
<u>99,22</u>			<u>509 S</u>
In 100 molecole		(80 Pb S	
		(5 Sb ² S ³	
		(7 Fe S ²	
		(2 Cu ² S	
		(4 Zn S	
		(tr. Ag ² S	

CUPROPLUMBITE. Var. di Chili. An. di Plattner.

Analisi	Atomi		
S 15,1	0,47		
Pb 64,9	0,31	31 Pb S	con 31 S
Cu 19,5	0,21	16 Cu ² S	con 16 S
Ag 0,5	tr.		<u>47 S</u>
<u>100,0</u>			
In 100 molecole		(65 Pb S	
		(34 Cu ² S	
		(1 Ag ² S	

DUFRENOYSITE. Var. S. di Gottardo. An. di Damour.

Analisi	Atomi		
S 22,30	0,696		
As 20,87	0,277	138 As ² S ³	con 414 S
Pb 56,61	0,272	272 Pb S	con 272 S
Ag 0,17	0,002	1 Ag ² S	con 1 S
Cu 0,22	0,004	2 Cu ² S	con 2 S
Fe 0,32	0,005	5 Fe S ²	con 10 S
<u>100,49</u>			<u>699 S</u>

In 100 molecole (65 Pb S
(33 As²S³
(1 Fe S²
(1 Ag²S, Cu²S

CLAUSTHALIA. Var. di Tilkerode. An. di Rose.

Analisi	Atomi		
Se 29,96	0,374		
Pb 59,67	0,286	286 PbSe con	286 Se
Cu 7,86	0,124	62 Cu ² Se con	62 Se
Fe 0,77	0,013	13 FeSe ² con	26 Se
<hr/>			
98,26			374 Se
In 100 molecole (79 Pb Se			
(17 Cu ² Se			
(4 Fe Se ²			

Segue CLAUSTHALIA. Var. di Tilkerode. An. di Rose.

Analisi	Atomi		
Se 27,59	0,344	1)	= Pb Se
Pb 71,81	0,345	1)	
<hr/>			
99,40			

TILKERODITE. Var. di Tilkerode. An. di Rose.

Analisi	Atomi		
Se 31,42	0,39		
Pb 63,92	0,30	30 PbSe con	30 Se
Co 3,14	0,04	4 CoSe ² con	8 Se
Fe 0,45 cir.	0,01	½ FeSe ² con	1 Se
<hr/>			
98,93			39 Se
In 100 molecole (88 Pb Se			
(11 CoSe ²			
(1 FeSe ²			

ALTAITE. An. di Rose.

Analisi	Atomi		
Te 38,37	0,30		
Pb 60,35	0,29	29 PbTe con	29 Te
Ag 1,28	0,02	1 Ag ² Te con	1 Te
<hr/>			
100,00			30 Te
In 100 molecole (99 Pb Te			
(1 Ag ² Te			

BLENDA. An. di Arfvedson.

Analisi	Atomi		
S 33,66	1,05	1)	= Zn S
Zn 66,34	1,04	1)	
<hr/>			
100,00			

MARMATITE. Var. di Bottino. An. di Bechi.

Analisi	Atomi		
S 33,65	1,05		
Zn 48,11	0,72	72 Zn S con	72 S
Fe 16,23	0,29	29 Fe S ² con	58 S
Cu tr.			
<hr/>			
97,99			1,30 S

In 100 molecole (72 Zn S
28 Fe S²

ALABANDINA. Var. di Nagyg. An. di Arfvedson.

Analisi	Atomi		
S 37,90	1,18	1)	= Mn S
Mn 62,10	1,12	1)	
<hr/>			
100,00			

SIEPOORITE. Var. di Siepoor. An. di Middleton.

Analisi	Atomi		
S 35,36	1,10	1)	= Co S
Co 64,64	1,09	1)	
<hr/>			
100,00			

GRUNAUITE. Var. di Grunau. An. di Schnaabel.

Analisi	Atomi			
S 33,10	1,03			
Bi 10,41	0,05	circa 3	Bi ² S ³	con 9 S
Ni 22,78	0,39	39	NiS	con 39 S
Fe 6,06	0,10	10	FeS ²	con 20 S
Co 11,73	0,19	19	CoS	con 19 S
Cu 11,56	0,18	9	Cu ² S	con 9 S
Pb 4,36	0,02	2	PbS	con 2 S

100,00

98 S

In 100 molecole

- (48 NiS
- (24 CoS
- (12 FeS²
- (10 Cu²S
- (2 PbS
- (4 Bi²S²

LINNAEITE. Var. di Ryddaritta. An. di Hisinger.

Analisi	Atomi			
S 38,50	1,20	24	CoS ²	con 48 S
Co 43,20	0,73	49	CoS	con 49 S
Cu 14,40	0,22	11	Cu ² S	con 11 S
Fe 3,53	0,06	6	FeS ²	con 12 S

ganga0,33

99,96

1,20 S

In 100 molecole

- (54 CoS
- (26 CoS²
- (12 Cu²S
- (8 FeS²

SIEGENITE. Var. di Siegen. An. di Ebnighaus.

Analisi	Atomi			
S 42,30	1,32	18	CoS ²	con 36 S
Co 11,00	0,18	8	FeS ²	con 16 S
Fe 4,69	8,08	66	NiS	con 66 S
Ni 42,64	0,73	7	NiS ²	con 14 S

100,63

1,32 S

In 100 molecole

- (66 NiS
- (19 CoS²
- (8 FeS²
- (7 NiS²

CINABRO

Analisi	Atomi		
S 13,8	0,43	1	) = Hg S
Hg 86,2	0,43	1	

100,0

GREENOKITE. Var. di Bishoptoun. An. di Comel.

Analisi	Atomi		
S 22,56	0,705	1	) = Cd S
Cd 77,30	0,690	1	

99,86

COVELLINA. Var. del Vesuvio. An. di Covelli.

Analisi	Atomi		
S 32	2,0	1	) = Cu S
Cu 66	2,0	1	

98

PIRROTINA. Var. di Bodemmais. An. di Rose.

Analisi	Atomi			
S 38,78	1,21	96	FeS	con 96 S
Fe 60,52	1,08	12	FeS ²	con 24 S

99,30

120

In 100 molecole

- (89 FeS
- (11 FeS²

MILLERITE. Var. di Boemia. An. Arfvedson.

Analisi	Atomi		
S 34,26	1,07	1	) Ni S
Ni 64,35	1,10	1	

98,61

NAGYAGITE. Var. di Nagyag. An. di Schönlein.

Analisi	Atomi			
Te 30,52	0,239			
S 8,07	0,252			
Pb 50,78	0,244	Pb S con	244 S	
Au 9,11	0,046	7 Cu ² S con	7 S	
Ag 0,53	0,004		—	
Cu 0,99	0,015		251 S	

 100,00

23 Au ² Te ³ con	69 Te
2 Ag ² Te con	2 Te
168 Te con	168 Te
	—
	239 Te

In 100 molecole	{	(55 Pb S
		(2 Cu ² S
		(5 Au ² Te ³
		(1 Ag Te
		(37 Te nativo

GEOCRONITE. Var. di Kilbrickenite. An. di Apyohn.

Analisi	Atomi			
S 16,36	0,511			
Sb 14,39	0,111	56 Sb ² S ³ con	168 S	
Pb 68,87	0,331	331 Pb S con	331 S	
Fe 0,38	0,006	6 Fe S ² con	12 S	

 100,00

 511 S

In 100 molecole	{	(84 Pb S
		(14 Sb ² S ³
		(2 Fe S ²

GEOCRONITE. Var. di Sahla. An. di Swanben.

Analisi	Atomi			
S 17,68	0,550			
Sb 9,58	0,074	37 Sb ² S ³ con	111 S	
As 4,69	0,062	31 As ² S ³ con	93 S	
Pb 65,45	0,314	314 Pb S con	314 S	
Cu 1,51	0,024	12 Cu ² S con	12 S	
Fe 0,42	0,007	7 Fe S ² con	14 S	
Zn 0 tr.			—	

 99,33

In 100 molecole	{	(78 Pb S
		(10 Sb ² S ³
		(7 As ² S ³
		(3 Cu ² S
		(2 Fe S ²

BOULANGERITE. Var. di Wolfsberg. An. di Rammelsberg.

Analisi	Atomi			
S 18,91	0,59			
Sb 25,94	0,20	10 Sb ² S ³ con	30 S	
Pb 55,15	0,26	26 Pb S con	26 S	

 100,00

 56 S

In 100 molecole	{	(72 Pb S
		(28 Sb ² S ³

JAMESONITE. Var. di Cornovaglia. An. di Rose.

Analisi	Atomi			
S 22,15	0,692			
Sb 34,40	0,266	133 Sb ² S ³ con	399 S	
Pb 40,75	0,195	195 Pb S con	195 S	
Fe 2,30	0,041	41 Fe S ² con	82 S	
Cu 0,13	0,002	1 Cu ² S con	1 S	

 99,73

 677

In 100 molecole	{	(36 Sb ² S ³
		(52 Pb S
		(11 Fe S ²
		(1 Cu ² S

ETEROMORFITE. Var. di Wolfsberg. An. di Rose.

Analisi	Atomi				
S	20,86	0,651			
Sb	30,67	0,230	115 Sb ² S ³	con	345 S
Pb	42,79	0,205	205 Pb S	con	205 S
Fe	2,83	0,050	50 Fe S ²	con	100 S
Zn	1,84	0,028	28 Zn S	con	28 S
Cu	1,01	0,015	7 Cu ³ S	con	7 S

100,00 685 S

In 100 molecole {
 (51 Pb S
 (29 Sb² S³
 (12 Fe S²
 (6 Zn S
 (2 Cu² S

BOURNONITE. Var. di Pfaffenberg. An. di Rose.

Analisi	Atomi				
S	20,31	0,63			
Sb	26,28	0,20	10 Sb ² S ³	con	30 S
Pb	40,84	0,19	19 Pb S	con	19 S
Cu	12,65	0,20	10 Cu ² S	con	10 S

100,08 59 S

In 100 molecole {
 (25 Cu² S
 (25 Sb² S³
 (50 Pb S

ZINCENITE. Var. di Wolfsberg. An. di Rose.

Analisi	Atomi				
S	21,7	0,67			
Sb	43,4	0,34	17 Sb ² S ³	con	51 S
Pb	34,9	0,16	16 Pb S	con	16 S

100,0 67 S

In 100 molecole {
 (50 Pb S
 (50 Sb² S³

ACICOLITE. Var. di Berezoff. An. di Frick.

Analisi	Atomi				
S	16,05	0,501			
Bi	34,62	0,166	83 Bi ² S ³	con	249 S
Pb	35,69	0,171	171 Pb S	con	171 S
Cu	11,79	0,186	93 Cu ² S	con	93 S

98,15 513 S

In 100 molecole {
 (24 Bi² S³
 (48 Pb S
 (28 Su² S

BRONGNIARTITE. Var. di Messico. An. di Damour.

Analisi	Atomi				
S	19,38	0,605			
Sb	29,95	0,239	119 Sb ² S ³	con	357 S
Ag	25,03	0,231	115 Ag ² S	con	115 S
Pb	24,74	0,118	118 Pb S	con	118 S
Cu	0,54	0,008	4 Cu ² S	con	4 S
Fe	0,30	0,005	5 Fe S ²	con	10 S
Zn	0,40	0,006	6 Zn S	con	6 S

100,34 610 S

In 100 molecole {
 (32 Ag² S
 (32 Pb S
 (32 Sb² S³
 (2 Fe S²
 (1 Cu² S
 (1 Zn S

PLAGIONITE. Var. di Wolfsberg. An. di Kudernatsch.

Analisi	Atomi				
S	21,5	0,64			
Sb	37,6	0,29	15 Sb ² S ³	con	45 S
Pb	40,9	0,19	19 Pb S	con	19 S

100,0 64 S

In 100 molecole {
 (56 Pb S
 (44 Sb² S³

FREISLEBENITE. Var. di Sassonia. An. di Wöhler.

Analisi	Atomi			
S 18,77	0,586			
Sb 27,72	0,214	107 Sb ² S ³	con	321 S
Pb 30,00	0,144	144 Pb S	con	144 S
Ag 22,18	0,205	102 Ag ² S	con	102 S
Fe 0,11 _{cir.}	0,002	2 Fe S ²	con	4 S
Cu 1,62	0,025	12 Cu ² S	con	12 S

100,40

583 S

In 100 molecole $\left(\begin{array}{l} 29 \text{ Sb}^2\text{S}^3 \\ 39 \text{ Pb S} \\ 27 \text{ Ag}^2\text{S} \\ 5 (\text{Fe S}^2 + \text{Cu}^2\text{S}) \end{array} \right)$

REALGAR

Analisi	Atomi		
S 29,91	0,93	1	) = As S
As 70,09	0,93	1	

100,00

KOBELLITE. Var. di Sättember. An. di Hvena.

Analisi	Atomi			
S 17,8	0,55			
Sb 9,2	0,07	3 Sb ² S ³	con	9 S
Bi 27,0	0,12	6 Bi ² S ³	con	18 S
Pb 40,1	0,19	19 Pb S	con	19 S
Fe 3,0	0,05	5 Fe S ²	con	10 S
Cu 0,8 _{cir.}	0,02	1 Cu ² S	con	1 S

97,9

57 S

In 100 molecole $\left(\begin{array}{l} 27 (\text{Sb Bi})^2\text{S}^3 \\ 54 \text{ Pb S} \\ 18 \text{ Fe S}^2 \\ 1 \text{ Cu}^2\text{S} \end{array} \right)$

STIBINA

Analisi	Atomi		
S 21,12	0,84	3	) = Sb ² S ³
Sb 78,88	0,56	2	

10,00

ORPIMENTO

Analisi	Atomi		
S 39	1,2	3	) = As ² S ³
As 61	0,8	2	

100

BISMUTINA

Analisi	Atomi		
S 18,4	0,57	3	) = Bi ² S ³
Bi 81,6	0,39	2	

100,0

BERTHIERITE. Var. di Anglar. An. di Berthier.

Analisi	Atomi			
S 29,2	0,91			
Sb 58,6	0,47	23 Sb ² S ³	con	69 S
Fe 12,2	0,11	11 Fe S ²	con	22 S

100,0

91 S

In 100 molecole $\left(\begin{array}{l} 69 \text{ Sb}^2\text{S}^3 \\ 31 \text{ Fe S}^2 \end{array} \right)$

Segue BERTHIERITE. Var. di Alvergnna. An. di Berthier.

Analisi	Atomi			
S 28,8	0,90			
Sb 61,3	0,49	25 Sb ² S ³	con	75 S
Fe 9,8	0,08	8 Fe S ²	con	16 S

99,9

91 S

In 100 molecole $\left(\begin{array}{l} 75 \text{ Sb}^2\text{S}^3 \\ 25 \text{ Fe S}^2 \end{array} \right)$

TANNENITE. Var. di Tannenbaum.
An. di Schneider.

Analisi	Atomi				
S 18,8	0,58				
Bi 62,5	0,30	15 Bi ² S ³	con	45 S	
Cu 18,7	0,29	14 Cu ² S	con	14 S	
<hr/>				<hr/>	
100,0				59 S	

In 100 molecole $\left\{ \begin{array}{l} 51 \text{ Bi}^2 \text{ S}^3 \\ 49 \text{ Cu}^2 \text{ S} \end{array} \right.$

CHIVIATITE. Var. di Chiviato. An.
di Rammelsberg.

Analisi	Atomi				
S 18,0	0,56				
Bi 60,9	0,28	14 Bi ² S ³	con	42 S	
Pb 16,7	0,08	8 Pb S	con	8 S	
Cu 2,4	0,04	2 Cu ² S	con	2 S	
Fe 1,0	0,01	1 Fe S ²	con	2 S	
<hr/>				<hr/>	
99,0				54 S	

In 100 molecole $\left\{ \begin{array}{l} 56 \text{ Bi}^2 \text{ S}^3 \\ 32 \text{ Pb S} \\ 8 \text{ Cu}^2 \text{ S} \\ 4 \text{ Fe S}^2 \end{array} \right.$

LAURITE. Var. di Borneo. An. di
Wöhler.

Analisi	Atomi				
S 31,8	0,99				
Ru 65,1	0,62	31 Ru ² S ³	con	93 S	
Os 3,0cir.0,02		2 Os S ³	con	6 S	
<hr/>				<hr/>	
99,9				99 S	

In 100 molecole $\left\{ \begin{array}{l} 96 \text{ Ru}^2 \text{ S}^3 \\ 4 \text{ Os S}^3 \end{array} \right.$

PIRITE

Analisi	Atomi		
S 53,5	1,67	2	) = Fe S ²
Fe 46,7	0,83	1	
<hr/>			
100,2			

FERRO-COBALTINA. Var. di Siegen.
An. di Schnaabel.

Analisi	Atomi				
S 20,86	0,651				
As 42,94	0,575				
Co 8,92	0,151	151 Co S ²	con	302 S	
Fe 28,00	0,500	174 Fe S ²	con	348 S	
<hr/>				<hr/>	
100,72				650 S	

172 Fe As² con 344 As
77 Fe² As³ con 231 As

575 As

In 100 molecole $\left\{ \begin{array}{l} 31 \text{ Fe S}^2 \\ 30 \text{ Fe As}^2 \\ 26 \text{ Co S}^2 \\ 13 \text{ Fe}^2 \text{ As}^3 \end{array} \right.$

COBALTINA. Var. di Skutterud. An.
di Stromeyer.

Analisi	Atomi				
S 20,08	0,626				
As 43,46	0,579				
Co 33,10	0,561	145 Co ² As ³	con	435 As	
Fe 3,23	0,057	29 Fe ² As ³	con	87 As	
<hr/>				<hr/>	
99,87				As ² S ³ con 56 As	
<hr/>				<hr/>	
				578 As	

58 Fe 561 Co 84 S
271 Co S² con 542 S
626 S

In 100 molecole $\left\{ \begin{array}{l} 58 \text{ Co S}^2 \\ 30 \text{ Co}^2 \text{ As}^3 \\ 6 \text{ Fe}^2 \text{ As}^3 \\ 6 \text{ As}^2 \text{ S}^3 \end{array} \right.$

CARROLLITE. Var. di Carroll. An. di Smith.

Analisi	Atomi			
S 41,93	1,31			
Co 37,25	0,63	47 Co S ²	con	94 S
Cu 17,48	0,27	16 Co S	con	16 S
Fe 1,26	0,02	13 Cu ² S	con	13 S
Ni 1,54	0,02	2 Fe S ²	con	4 S
—	—	2 Ni S ²	con	4 S
99,46				—
				131 S

In 100 molecole (58 Co S²
 (20 Co S
 (16 Cu² S
 (3 Fe S²
 (3 Ni S²

HAUERITE

Analisi	Atomi	
S 53,7	1,67	2) = Mn S ²
Mn 46,3	0,84	1)
—	—	
100,0		

ULLMANNITE. Var. di Siegen. An. di Rose.

Analisi	Atomi		
S 15,98	0,49		
Sb 55,76	0,43	23 Ni Sb ²	con 46 Sb
Ni 27,36	0,47	24 Ni S ²	con 48 S
—	—		
99,10			

In 100 molecole (52 Ni S²
 (48 Ni As²

MARCASITA

Analisi	Atomi	
S 53,6	1,67	2) = Fe S ²
Fe 46,4	0,84	1)
—	—	
100,0		

MISPICHEL. Var. di Freyberg. An. di Stromeyer.

Analisi	Atomi		
As 42,88	0,57		
S 21,08	0,65		
Fe 36,04	0,64		
—	—		
100,00			

18 Fe²As con 36 Fe 54 As
 28 Fe S² con 28 Fe . . . 56 S
 2 As²S³ con . 4 As . 6 S

Fe 64 As 58 S 62

In 100 molecole (59 Fe S²
 (39 Fe² As³
 (2 As² S³

GLAUCODOTO. Var. del Chili. An. di Plattner.

Analisi	Atomi		
S 20,21	0,63		
As 43,20	0,57		
Co 24,77	0,42	28 Co S ²	con 56 S
Fe 11,90	0,21	7 Co S	con 7 S
—	—		
100,08			63 S.

42 Co 21 Fe 7 Co As² con 14 As
 21 FeAs² con 42 As

56 As

In 100 molecole (44 Co S²
 (34 Fe As²
 (11 Co As
 (11 Co S

CALCOPIRITE. Var. di Monte Catini.
An. di Bechi.

	Analisi	Atomi		
S	36,16	1,13		
Cu	32,79	0,52	26 Cu ² S con	26 S
Fe	29,75	0,53	53 Fe S ² con	106 S
ganga	0,86		—	—
				1,32 S
	99,56			

In 100 molecole $\left\{ \begin{array}{l} 67 \text{ Fe S}^2 \\ 33 \text{ Cu}^2 \text{ S} \end{array} \right.$

La medesima. Var. di Sayn. An. di Rose.

	Analisi	Atomi		
S	35,87	1,12		
Cu	34,40	0,54	27 Cu ² S con	27 S
Fe	30,47	0,54	54 Fe S ² con	108 S
ganga	0,26		—	—
				135 S
	100,00			

In 100 molecole $\left\{ \begin{array}{l} 66 \text{ Fe S}^2 \\ 34 \text{ Cu}^2 \text{ S} \end{array} \right.$

MOLIBDENITE. Var. di Altenberg. An. di Brandes.

	Analisi	Atomi	
S	40,4	1,2	2) = Mb S ²
Mb	59,6	0,6	
	100,0		

ARSENIURI . ANTIMONIURI

—0—

BREITHAUPTITE. Var. di Andreasberg.
An. di Stromeyer.

	Analisi	Atomi	
Sb	63,73	0,49	
Ni	28,94	0,49	49 Ni Sb
Fe	0,86	0,01	
Pb S	6,43		7 Pb S
	99,96		

In 100 molecole $\left\{ \begin{array}{l} 86 \text{ Ni S} \\ 12 \text{ Pb S} \\ 2 \text{ Fe S}^2 \end{array} \right.$

ARSENICHELIO. Var. di Riechelsdorf.
An. di Rose.

	Analisi	Atomi	
S	0,40	0,012	
As	54,73	0,729	
Ni	44,21	0,762	729 Ni As con 729 As
Fe	0,34	0,006	33 Ni
Pb	0,32	0,001	—
		762	
	100,00		6 Fe S ² con 12 S

In 100 molecole $\left\{ \begin{array}{l} 94 \text{ Ni As} \\ 4 \text{ Ni} \\ 2 \text{ Fe S}^2 \end{array} \right.$

SMALTINA. Var. di Riechelsdorf. An. di Weber.

Analisi	Atomi	
As 59,38	0,79	
Co 18,30	0,31	2 Co S ²)
Fe 0,72	0,01	Fe S ²) con 6 S
Ni 19,38	0,33	33 Ni As con 33 As
S 2,22	0,06	15 Co ² As ³ con 45 As

100,00

78 As

In 100 molecole (30 Co² As³
 (64 Ni As
 (4 Co S²
 (2 Fe S²

Detta. Var. di Riechelsdorf. An. di Stromeyer.

Analisi	Atomi	
As 74,21	0,97	
Co 20,31	0,34	34 Co As ² con 68 As
Fe 3,42	0,06	6 Fe As ² con 12 As
Cu 0,16	tr.	
S 0,88	0,03	As ² S ³ con 2 As

98,98

15 As libero 15 As

97 As

In 100 molecole (60 Co As²
 (10 Fe As²
 (5 As² S³
 (5 As

Segue SMALTINA. Var. di Riechelsdorf. An. di Bull.

Analisi	Atomi	
As 76,09	1,01	
Co 4,56	0,07	28 (CoNi)As ² con 56 As
Fe 6,82	0,12	12 Fe As ² con 24 As
Ni 12,25	0,21	21 As libero con 21 As

99,72

101 As

In 100 molecole (46 (CoNi)As²
 (34 As nativo
 (20 Fe As²

Segue SMALTINA. Var. di Riechelsdorf. An. di Klauer.

Analisi	Atomi	
As 68,73	0,916	
Co 16,37	0,276	138 Co ² As ³ con 414 As
Fe 2,30	0,041	41 FeAs ² con 82 As
Cu 0,45	0,007	3 Cu ² As con 3 As
Ni 12,15	0,209	209 Ni As ² con 418 As

100,00

917 As

In 100 molecole (53 Ni As²
 (36 Co² As³
 (10 Fe As²
 (1 Cu² As

Segue SMALTINA. Var. di Riechelsdorf. An. di Jäckel.

Analisi	Atomi	
As 66,02	0,88	
Co 21,21	0,35	17 Co ² As ³ con 51 As
Cu 1,90	0,03	1 Cu ² S
Fe 11,60	0,20	20 Fe As ² con 40 As
S 0,49	0,01	
Bi 0,04	tr.	91 As

101,26

In 100 molecole (44 Co² As³
 (53 Fe As²
 (3 Cu² S

GERSDORFFITE. Var. di Gersdorff. An. di Lövvé.

Analisi	Atomi	
As 49,83	0,66	
S 14,13	0,44	
Ni 26,14	0,45	
Fe 9,55	0,17	17 Fe S ² con 34 S
99,65		(10 Ni S con 10 S
		(44 S
		(34 Ni As ² con 68 As

In 100 molecole (57 Ni As²
 (16 Ni S
 (27 Fe S²

LEUCOPIRITE. Var. di Fossum. An. di Scheerer.

Analisi	Atomi		
As 70,22	0,93		
S 1,28	0,04	2 Fe S ²	con 4 S
Fe 28,14	0,50	48 Fe As ²	con 96 As

99,64

In 100 molecole $\left\{ \begin{array}{l} 96 \text{ Fe As}^2 \\ 4 \text{ Fe S}^2 \end{array} \right.$

Segue LEUCOPIRITE. Var. di Schladming. An. di Weidl.

Analisi	Atomi		
As 72,18	0,96		
S 0,70	0,02	Fe S ²	
Fe 26,48	0,47	46 Fe As ²	con 92 As

99,36

In 100 molecole $\left\{ \begin{array}{l} 90 \text{ Fe As}^2 \\ 7 \text{ As nativo} \\ 3 \text{ Fe S}^2 \end{array} \right.$

Segue LEUCOPIRITE. Var. di Reichstein. An. di Hoffmann.

Analisi	Atomi		
As 65,99	0,88		
S 1,94	0,06	3 Fe S ²	con 6 S
Fe 28,06	0,50	47 Fe As ²	con 94 As

98,16

Valutando la perdita, l'Arsenico potrebbe elevarsi a 69,99. In tal caso 0,93 atomi d'Arsenico.

In 100 molecole $\left\{ \begin{array}{l} 94 \text{ Fe As}^2 \\ 6 \text{ Fe S}^2 \end{array} \right.$

RAMMELSBURGITE. Var. di Schneeberg. An. di Hoffmann.

Analisi	Atomi		
As 70,30	0,950		
Ni 28,14	0,485	485 Ni (AsBi) ²	con 950 As
Bi 2,19	0,010		10 Bi
Cu 1,50	0,023		
S 0,14	0,004	4 Cu ² S	con 4 S

102,27

+ 14 circa Rame?

In 100 molecole $\left\{ \begin{array}{l} 95 \text{ Ni (AsBi)}^2 \\ 5 \text{ (Cu}^2 \text{ S, Cu)} \end{array} \right.$

SKUTTERUTITE. Var. di Skutterud. An. di Wöhler.

Analisi	Atomi		
As 79,2	1,05		
Co 18,5	0,29	29 Co As ²	con 58 As
Fe 1,3	0,02	2 Fe As ²	con 4 As

99,0

1,05 As

In 100 molecole $\left\{ \begin{array}{l} 58 \text{ Arsenico libero} \\ 39 \text{ Co As}^2 \\ 3 \text{ Fe As}^2 \end{array} \right.$

DARWINITE. Var. di Copiapo. An. di Forbes.

Analisi	Atomi		
As 11,58	0,154		
Cu 88,14	1,398		
Ag 0,28	0,002		

100,00

9 Cu, As, tr. Ag

In 100 molecole $\left\{ \begin{array}{l} 90 \text{ Cu} \\ 9 \text{ As} \\ 1 \text{ Ag} \end{array} \right.$

WITHENEYTE

Analisi	Atomi
As 12,28	0,163
Cu 87,37	1,386
Ag 0,03	tr.

 99,68

In 100 molecole $\left\{ \begin{array}{l} 88 \text{ Cu} \\ 11 \text{ As} \\ 1 \text{ Ag} \end{array} \right.$

 ALGODONITE

Analisi	Atomi
As 16,72	0,224
Cu 82,35	1,305
Ag 0,30	0,002

 99,37

In 100 molecole $\left\{ \begin{array}{l} 85 \text{ Cu} \\ 14 \text{ As} \\ 1 \text{ Ag} \end{array} \right.$

 DOMEYKITE. An. di Domeyko.

Analisi	Atomi
As 28,3	0,37
Cu 71,6	1,13

 99,9

In 100 molecole $\left\{ \begin{array}{l} 75 \text{ Cu} \\ 25 \text{ As} \end{array} \right.$

 DIMORFINA. Var. di Pozzuoli. An. di Scacchi.

Analisi	Atomi
As 75,45	1,00
S 24,55	0,70

 100,00

DISCRASE. Var. di Andreasberg. An. di Klaproth.

Analisi	Atomi
Sb 23,0	0,100
Ag 77,0	0,712

 100,0

 Ag⁷ Sb + tr. Ag

 CUBANO. Var. di Cuba. An. di Breithaupt.

Analisi	Atomi
S 39,01	1,22
Cu 19,80	0,31
Fe 38,01	0,67
SiO ² 2,30	

 99,12

 15 Cu² S con 15 S

 67 Fe S² con 134 S

 1,49 S


DELLO STESSO AUTORE

**La classificazione naturale
dei Minerali — Pisa 1861.**

**Corso di Mineralogia con Atlante
Bologna 1862-63.**

Prezzo L. 4.