

## MEMORIA

SOPRA

## UNA COLORAZIONE PARTICOLARE

CHE MANIFESTANO I CORPI

## RISPETTO ALLE RADIAZIONI CHIMICHE

SULLE ATTENZE DI QUESTA NUOVA COLORAZIONE COLLA TERNOCROSI E COLLA COLORAZIONE PROPRIAMENTE DETTA; SULL'UNITÀ DEL PRINCIPIO D'ONDE DERIVANO QUESTE TRE PROPRIETÀ DELLA MATERIA PONDERABILE; E SULL'EGUAGLIANZA DI COSTITUZIONE DEI RAGGI DI QUALUNQUE MANIERA, VIBRATI DAL SOLE, E DALLE SORGENTI LUMINOSE, O CALORIFICHE.

D I

MACEDONIO MELLONI.

*Ricevuta adì 9. Aprile 1842.*

## PREAMBOLO.

La radiazione del Sole, sorgente inesausta di tanto bene sulla terra, eccitò dovunque lo spirito indagatore dell'uomo, destando sempre nell'animo suo vivi sentimenti di gratitudine, e di affettuosa riverenza verso l'Ente Supremo. Adorata dai popoli rozzi come una emanazione immediata della Divinità, essa diede campo, presso le nazioni incivilite, alle più alte ed arditte specolazioni della filosofia. Gli antichi la consideravano qual germe e principio animatore, d'onde muovono tutti i fenomeni della vita, e dello sviluppo organico: i loro dogmi religiosi e filosofici sono pieni di miti, di allegorie, e di sentenze, relativi a questa grandiosa ipotesi, la quale venne poscia rigorosamente dimostrata dalle sperienze della chimica odierna (1). Nei siste-

(1) Senza la presenza della radiazione solare, diretta o diffusa, le piante non potrebbero decomporre l'acido carbonico sparso nell'atmosfera, ed impossessarsi del carbonio che forma la base fondamentale del loro accrescimento progressivo; per modo che estinto il raggio del sole, quand'anche la temperatura propria del suolo e dell'atmosfera non soffrisse nessuna alterazione, i vegetabili sparirebbero presto dalla superficie terrestre, e con essi, l'uomo, e qualunque sorta di animali.

mi delle antiche scuole si rinvengono ancora quasi tutte le opinioni emesse successivamente dai fisici intorno alla natura del sole e delle sue radiazioni. Ma la vera scienza analitica delle proprietà luminose calorifiche e chimiche, che posseggono i raggi solari, è indubitamente di origine moderna.

## CAPITOLO I.

### *Prime nozioni sull'analisi della radiazione solare, e più specialmente della eterogeneità dei raggi chimici.*

Tutti sanno che Newton analizzò, primo, la luce mediante il prisma, ed ottenne, per la varia rifrazione de' raggi elementari, uno *spettro* in cui si distinguono sette colori principali, vivaci, purissimi, e dolcemente sfumati, l'uno nell'altro, secondo l'ordine seguente: violaceo, indaco, turchino, verde, giallo, aranciato e rosso, ove i colori *superiori*, il violaceo, l'indaco ed il turchino, formano le zone della luce più rifratta, e il giallo, l'aranciato e il rosso, situati nella parte *inferiore* (1), costituiscono in vece le tinte dotate di minore rifrangibilità. Herschel mostrò in seguito che la temperatura de' colori, debolissima nei raggi più rifrangibili, s'augmenta passando successivamente nello spazio inferiore, sino ad una certa zona oscura situata oltre il rosso, d'onde il calore scema poscia per gradi, e diventa di nuovo insensibile. Dalle ricerche di Wollaston sappiamo infine che le radiazioni inferiori, ove domina

---

(a) Queste denominazioni, *inferiore* e *superiore*, potrebbero per avventura essere da taluni riferite semplicemente all'ordine in cui vengono qui sopra mentovati i colori prismatici; laonde non ci pare superfluo l'avvertire, che con esse vogliamo propriamente indicare il grado di rifrangibilità: superiore, rispetto ai raggi, o allo spazio da essi occupato, importa dunque, per noi, *più rifrangibile*, e inferiore *meno rifrangibile*. Questi significati verranno ritenuti in tutto il corso della presente memoria.

l'elevazione di temperatura, hanno poca o niuna azione chimica, e che tale azione si mostra in vece di più in più energica procedendo verso il limite violaceo: essa decresce poscia gradatamente nello spazio oscuro consecutivo, e vi si estingue ad una certa distanza.

Di quest'ultima proprietà, vale a dire, della radiazione chimica, vogliamo più particolarmente ragionare in queste nostre considerazioni, non che dell'intimo suo legame colle radiazioni concomitanti di calore e di luce, tanto nel raggio solare, quanto negli efflussi raggianti delle fiamme ed altre sorgenti luminose di origine terrestre.

L'azione chimica degli elementi prismatici fu scoperta da Scheele, e studiata in seguito da Ritter, da Beckmann, da Wollaston, da Berard, da Arago, dalla Sommerville, e ultimamente da Sutherland. Scheele notò la forza, più o men grande, della detta azione ne' varj raggi dello spettro: Wollaston, Berard, e Arago mostrarono che tali raggi riflessi, rifratti, polarizzati ed interferenti, conservano le loro proprietà chimiche, e si modificano esattamente come fa la luce, nelle medesime circostanze.

Malgrado la somma perizia di tanti dotti sperimentatori, la scienza delle radiazioni dotate della potenza chimica fece pochi passi, perchè sino in questi ultimi tempi credevasi generalmente che le facoltà d'innalzare la temperatura, e di sviluppare le chimiche reazioni derivassero da due agenti *omogenei*, distribuiti, in diversa proporzione, tra gli elementi della radiazione prismatica: laonde, tutti gli sforzi dell'arte aspiravano soltanto a conoscere, e determinare con esattezza, i limiti dello spettro, entro cui succedono i fenomeni delle reazioni chimiche, e la zona ov'essi assumono la massima loro energia. Ma dacchè fu dimostrata l'eterogeneità degli elementi che costituiscono una radiazione calorifica; dacchè venne posta in chiara luce la diversa trasmissione di questi elementi per le sostanze limpide e scolorate, il loro passaggio immediato per alcuni corpi opachi, ed altre qualità proprie dell'in-

dole speciale ad ogni elemento, o raggio di calore (3), divenne sommamente probabile che anche l'azione chimica delle sorgenti luminose si componesse di radiazioni elementari distinte fra di loro, e per la facoltà di traversare in diversa proporzione i mezzi diafani privi di qualunque colore, e per altre proprietà più o meno analoghe a quelle dei raggi calorifici. Questa probabilità fu convertita in certezza dalle ricerche sperimentali di due sagacissimi osservatori, Herschel figlio, e Malaguti.

Le importantissime sperienze di Sir W. Herschel sull'azione chimica dello spettro solare ci han mostrato che le mutue relazioni di energia esistenti tra i raggi chimici di varia rifrangibilità, misurate dall'impronta più o meno energica, che questi raggi lasciano sopra fogli di carta pregni di nitrati, di tartrati, di bromuri, di cloruri, d'ioduri, ed altre sostanze fotografiche, lungi dall'essere costanti, cambiano notabilmente colla qualità della composizione onde il foglio di carta è imbevuto: per cui il massimo d'azione patisce, non solo un trasporto di posizione, ma benanche una specie di moltiplicazione, trovandosi alcuni spettri chimici ove la linea d'impressione più decisa ha luogo fuori del violaceo, altri dentro, altri sul turchino, altri sull'indaco, altri finalmente in parecchi luoghi ad un tratto, i quali essendo tramezzati da intervalli ove l'azione è meno intensa, formano come uno spettro macchiato ed interrotto da zone o striscie trasversali. I limiti stessi, ove comincia e termina il cambiamento visibile operato sulla carta preparata, subiscono tali e tante variazioni, che il confine superiore dello spettro chimico stà più o meno diseosto dall'estremità

---

(3) Vedi *Mémoire sur la transmission libre de la chaleur rayonnante par différents corps solides et liquides*. Annales de Chimie et Physique Tome LIV p. 1. *Nouvelles recherches sur la transmission libre etc.* Ibidem T. LV p. 337; ed altre nostre indagini sulle proprietà del calorico raggianti inserite nella medesima opera periodica, nella Biblioteca Universale di Ginevra, e nei Rendiconti dell'Accademia delle scienze e dell'Istituto di Francia.

del violaceo, e l' inferiore trovasi sul turchino, sul verde, sul giallo, sul rosso, e anche fuori nello spazio oscuro che segue immediatamente questa seconda estremità dello spettro.

Quasi nel medesimo tempo in cui Herschel stava effettuando le sue ricerche sull' azione chimica del raggio solare decomposto col prisma, il Malaguti eseguiva una bella serie di sperienze intorno alla varia energia delle irradiazioni chimiche della luce diffusa, trasmesse per diversi liquidi, e valutate dal tempo più o men lungo ch'esse impiegano a produrre la medesima fase di offuscamento sopra una carta imbevuta di una miscela di nitrato e d' idroclorato d' argento. Da questa serie ne risultò che i liquidi bianchi, limpidi, perfettamente scolorati, non trasmettono tutti la medesima quantità di azione chimica, trovandosene alcuni, per esempio, i quali aumentano di due, tre, e persino quattro volte, relativamente all' esperienza fatta senza la loro interposizione, la durata del tempo necessario ad eccitare sulla carta quel grado di offuscamento.

Malaguti trovò anche, che adoperando due diverse qualità di reagenti chimici, e l' interposizione di un solo liquido, si poteva, in certi casi, non soltanto alterare il rapporto delle azioni, che la luce esercita su queste due specie di reagenti, ma rovesciarlo compiutamente; per cui quel reagente chimico, che all' aria libera annerisce più presto, diventa, per lo contrario, più lento ad offuscarsi, sotto l' impressione della luce trasmessa dal mezzo limpido e scolorato.

## CAPITOLO II.

### *Colorazione chimica di alcuni corpi bianchi, e di certi mezzi limpidi e scolorati.*

Tutti questi fenomeni si concepiscono perfettamente, a parer nostro, ammettendo ne' reagenti e nelle radiazioni chimiche una *colorazione speciale*, distinta dalla *termocrosi* (*colorazione calorifica*) e dalla colorazione propriamente detta,

ma totalmente analoga ad ambedue. Che succede infatti quando si riceve successivamente lo spettro solare sopra varie striscie di panni colorati? I raggi omogenei al colore del panno sono esaltati, e depressi, più o meno, i raggi eterogenei alla materia colorante, onde il panno è imbevuto. Ne segue, che il massimo di luce apparisce, talora nel rosso, talora nel giallo, talora nel violaceo, secondo che il panno è rosso, giallo, o violaceo: ne segue pure, che l'estensione dello spettro è più o men grande, secondo il grado di analogia tra le ultime zone, rosse o violacee, e la tinta del panno, che non è mai semplice come i colori prismatici, ma composta, e quindi suscettiva di riverberare varie qualità di luce. I raggi chimici invisibili di varia rifrangibilità, sarebbero pertanto comparabili ai raggi luminosi di diverso colore, e le carte sensitive, quantunque bianche, ai panni colorati.

Le svariate apparenze osservate da Herschel nelle impressioni fotogeniche dello spettro solare, sono dunque perfettamente rappresentate dal principio della *colorazione chimica*. Con pari facilità si potrà ora mostrare, che la colorazione conduce ad una chiara intelligenza di tutti i risultamenti ottenuti dal Malaguti.

Supponiamo infatti, che i liquidi adoperati da questo peritissimo scienziato, quantunque bianchi e senza colore, siano *colorati, rispetto alle radiazioni chimiche*. Egli è manifesto, che la trasmissione si farà tanto più copiosamente, quanto più debole sarà la *colorazione chimica* esistente nel liquido; perchè ammessa l'eguaglianza nella loro limpidezza, i mezzi colorati trasmettono *sempre meno* dei mezzi bianchi, o per dir meglio, privi di colore.

Che poi le differenze osservate provengano da una vera *colorazione*, e non da un semplice *difetto di trasparenza*, ciò s'arguisce, ad evidenza, dal secondo genere d'esperienze del Malaguti, ove la sensibilità relativa di due diverse preparazioni fotogeniche, esposte all'azione diretta della luce diffusa, si capovolge, quando queste medesime preparazioni ricevono

l'irradiazione, a traverso lo strato liquido. Difatto, due striscie di panno, l'una tinta in rosso, e l'altra in verde, con materie coloranti alquanto pure, e di diversa vigoria, per modo che la prima, per esempio, sia più fosca della seconda, non potranno mai cambiare questo loro ordine relativo di chiarezza, in forza della luce emergente da un liquido di trasparenza imperfetta, come sarebbe, verbigrazia, l'acqua carica d'inchiostro nero, o d'altra materia bruna, che diminuisca l'energia della luce transitante, senz'alterare le mutue proporzioni de' suoi elementi. Ma se le due striscie vengono esposte alla luce trasmessa da un vetro rosso ben puro, il rosso cupo diverrà brillante, il verde vivo si farà fosco, e ne risulterà, quindi, un ordine inverso nella chiarezza relativa dei due colori.

L'analisi dei fatti scoperti da Herschel e Malaguti, ci conduce dunque ad ammettere nei corpi una *colorazione chimica*, distinta dalla lucida, e dalla calorifica. Queste tre *colorazioni* sembrano, a prima giunta, improbabili, e proprie ad introdurre una gran complicazione nel fenomeno della radiazione solare: ma sottoponendole ad un esame più accurato, troveremo in esse tutti quei dati di unità e semplicità, che si riscontrano nelle operazioni della natura.

### CAPITOLO III.

*Costituzione dello spettro solare, secondo il sistema delle onde eteree, ed il principio della identità.*

Dopo le memorabili sperienze di Joung, Fresnel, e Arago, si è oramai abbandonata da tutti l'opinione che la luce consista in un effluvio di corpicciuoli lucidi, infinitamente piccoli, ed imponderabili, scagliati dal sole, ed altre sorgenti luminose, con tanta velocità, da percorrere dugento quarantamila miglia in un minuto secondo: e tante sono, per verità, le incongruenze di questa opinione, che una mente filosofica rimane contristata dal pensiero, che i più illustri fisici e matematici,

seguaci del Newton, abbiano potuto addottarla durante un periodo di ben quasi due secoli. Chi volesse esporre la serie delle improbabilità e contraddizioni, ove conduce successivamente l'ipotesi delle molecole lucide, dovrebbe entrare in dichiarazioni troppo lunghe, ed, in gran parte, estranee troppo allo scopo principale di questo nostro discorso: ma per mostrare con poche parole l'insussistenza di tale ipotesi, diremo che *la luce, in certe date circostanze, essendo aggiunta alla luce, genera l'oscurità*: l'esperienza si ottiene facilmente, e son rari oggidì i cultori della fisica che non l'abbiano riprodotta e studiata nelle diverse sue apparenze.

Questo solo fatto, delle tenebre risultanti dalla sovrapposizione di due raggi lucidi, ci par sufficiente a mostrare, colla massima evidenza, che *la luce non è composta di una materia luminosa*: laonde, nelle nostre argomentazioni intorno alle radiazioni delle sorgenti luminose, ragioneremo costantemente giusta l'ipotesi delle vibrazioni, traveduta confusamente dai filosofi dell'antica Grecia, ripresa dal Cartesio, illustrata da Ugenio ed Eulero, e modificata ultimamente da Fresnel, e Arago; la quale ipotesi spiega i fenomeni luminosi mediante la supposizione di un fluido etereo, sommamente elastico, diffuso per tutto l'Universo. Le molecole di questo fluido, essendo perfettamente quiete, si sottraggono alla nostra vista, che riceve allora la sensazione del buio, ma oscillanti intorno alle loro posizioni d'equilibrio, sviluppano la luce in virtù di un meccanismo analogo a quello del suono. Ora il movimento dell'aria che genera il suono consiste in una serie di onde alternativamente condensate e rarefatte, ove le particelle aeree vibrano, a guisa di pendolini, in due opposte direzioni, vanno tutte, cioè, più o meno velocemente per un solo verso in ogni onda, giungono alla massima velocità nel mezzo di essa, quietansi un istante sulla fine, e ripigliano le medesime fasi nell'onda seguente, con moto contrario al primo.

Quantunque il movimento dell'etere d'onde nasce la luce, non produca nessuna alterazione di densità, il carattere alternò

delle oscillazioni molecolari, nelle onde successive, vi si manifesta però come nel caso del suono. Ciò posto, ognuno concepisce, che se due raggi eguali della medesima luce, o in altri termini, se due serie di onde eteree d' egual forza e di eguale ampiezza, passano contemporaneamente per un dato punto dello spazio, in guisa che l' onda di un raggio, ove l' oscillazione si sta facendo, da destra a sinistra per esempio, si riscontri esattamente coll' onda dell' altro raggio, ove il movimento ha luogo da sinistra a destra, i due raggi di luce sovrapposta opereranno di continuo sulla molecola eterea situata nel predetto punto dello spazio con due azioni, variabili da un istante all' altro, ma sempre uguali ed opposte: per cui la molecola eterea non potrà assumere alcun movimento, e la luce dei due raggi verrà ivi convertita in tenebre.

Così il fatto singolare di due raggi distrutti per *interferenza* diventa, nel sistema delle vibrazioni, una conseguenza immediata del principio fondamentale; e con pari facilità si deducono dal medesimo principio le spiegazioni di tutte le altre classi di fenomeni ottici, senza ricorrere per ognun d' essi ad una nuova ipotesi, come si fa nel sistema dell' emanazione.

Si consideri inoltre, che un movimento consimile a quello che supponiamo nell' etere per concepire l' origine e la trasmissione successiva della luce sussiste veramente in natura, poichè così nasce e cammina il suono nell' aria atmosferica: ma dov' è l' analogo della supposta molecola lucida? dove trovati, in altri termini, un mobile che, dotato di una massa infinitesima, vinca senza perdita di sorta le resistenze dei mezzi traversati, percorra in un attimo immense distanze mantenendosi costantemente nella direzione rettilinea, e rimbalzato, le mille volte, dall' uno all' altro corpo, conservi esattamente la sua velocità iniziale?

I fatti, e le analogie, si riuniscono dunque per indurci ad ammettere, di preferenza, l' ipotesi della trasmissione mediata, vale a dire, il sistema della produzione, e propagazione

successiva della luce per mezzo di un fluido etereo frapposto tra il sole e la terra.

Immaginiamo pertanto, giusta le idee adottate in questo sistema, che il raggio solare sia formato di una infinità di minutissime onde eterree di varie lunghezze (4), le quali rifrangendosi più o meno nel prisma, producano lo spettro Newtoniano, ove le onde minori trovansi sulla estremità più rifratta, che è il limite violaceo, o superiore, le maggiori, sulla estremità meno rifratta, cioè, sul limite rosso, o inferiore.

L'ipotesi più semplice che possa immaginarsi intorno alla luce, al calore, ed all'azion chimica, coesistenti nello spettro solare, si è quella di una perfetta similitudine nella loro costituzione; per cui ognuno di questi tre agenti derivi da un medesimo genere di vibrazioni, abbracciando però una scala, più o meno estesa, di onde elementari. In questa ipotesi, le onde oscure più brevi delle violacee danno soltanto effetti chimici, e sono probabilmente dotate di una debole azione riscaldante, quantunque gli strumenti termoscopici non v'abbiano sinora trovata nessuna elevazione di temperatura: passando ad

(4) Le lunghezze delle onde lucide sono state misurate colla massima precisione dal Fresnel, mediante un ingegnoso processo dedotto dal principio delle interferenze: eccone i valori principali, espressi in frazioni decimali del millimetro.

	mill.
Violaceo . . . .	0,000423.
Indaco . . . .	0,000449.
Turchino . . . .	0,000475.
Verde . . . .	0,000512.
Giallo . . . .	0,000551.
Aranciato . . . .	0,000583.
Rosso . . . .	0,000620.

Da questa estrema minutezza delle onde eterree derivano, e la propagazione della luce ordinaria nella sola direzione rettilinea, e la varia rifrangibilità de' suoi elementi. (Vedi, per le dimostrazioni di siffatte proposizioni, le Memorie del Fresnel e quelle di Cauchy; oppure gli estratti di tali memorie, inseriti in alcuni moderni Trattati di Fisica.)

ampiezze maggiori s' arriva al limite violaceo, ove cominciano le onde lucide e calorifiche, che posseggono tuttavia l'azione chimica: questa azione cessa finalmente; poi cessa la luce, ed il movimento oscillatorio non conserva più allora, che la sola proprietà calorifica, la quale continua sino ad una certa distanza oltre il rosso.

Le onde racchiuse tra i due limiti visibili forniscono pertanto, e luce, e calore, ed effetti chimici: nello spazio superiore, di là dal violaceo, stanno onde invisibili, più brevi delle minime lucide, che danno luogo ai soli effetti chimici: nello spazio inferiore, di quà dal rosso, vi sono, per l'opposto, onde invisibili, più lunghe delle massime lucide, che producono soltanto effetti calorifici.

Questa maniera di considerare i fenomeni dalla radiazione solare, conducendo ad ammettere che un elemento centrale dello spettro produce simultaneamente, e colla medesima forza, i tre effetti diversi di luce, di calore, e d'azione chimica, dicesi *ipotesi*, o *principio della identità*; essa è applicabile a qualunque teorica immaginata per la spiegazione dei fenomeni luminosi; e di fatto, i seguaci del sistema della emanazione la posero più volte in campo. Ma i fisici sembravano considerarla come del tutto improbabile, dopo le ultime scoperte sul calorico raggianti. Noi pure fummo, parecchi anni, sotto l'impero di queste idee, le quali dovettero cedere, in seguito, alla forza delle argomentazioni dedotte dalle nostre indagini sulla diffusione calorifica, e dalle sperienze, pocanzi accennate, sull'assorbimento e sulla trasmissione de' raggi chimici: ed ora siamo intimamente convinti, che le nuove cognizioni acquistate intorno alle proprietà delle radiazioni chimiche e calorifiche, in vece di opporsi alla identità dei tre agenti, servono anzi a renderla sempre più manifesta. Solamente ci pare che siffatte cognizioni introducano nel principio dell'unità una serie di nuovi dati, i quali cambiano notabilmente il punto di vista, sotto cui dovranno oramai considerarsi le mutue relazioni dei raggi, che forniscono, il calore, la luce, e l'azione chimica. diffusi nelle varie parti dello spettro solare.

E veramente, il carattere fondamentale della radiazione prismatica consiste, secondo Newton, nella colorazione. Ora i colori, manifestati dai diversi raggi dello spettro, non costituiscono l'unico loro *carattere differenziale*; poichè, sotto l'azione delle materie coloranti, sparse ne' corpi diafani ed opachi, ogni raggio colorato patisce un grado particolare di trasmissione, di diffusione, e di assorbimento. Ma le proprietà di essere, più o meno, trasmessi, diffusi, ed assorbiti, da una medesima sostanza, si trovano, eziandio, nei raggi chimici e calorifici oscuri; e formano, a parer nostro, i veri caratteri distintivi delle specie diverse, le quali entrano nella composizione dello spettro. Laonde, giusta le idee che ci siam formate sull' indole della radiazione solare, la luce, lungi dal costituire la principale proprietà di questa radiazione, non sarebbe altro che una semplice manifestazione secondaria, e diremmo quasi, *accidentale*, di alcuni suoi elementi. Per quanto strana possa sembrare, a primo aspetto, siffatta proposizione, noi teniam per fermo, che qualunque vero filosofo finirà per essere della stessa nostra opinione, dopo di avere ben ponderati gli argomenti che abbiain raccolti in questo scritto.

Si consideri, in primo luogo, che la proprietà rischiarante dipende unicamente dalla nostra fisica costituzione, l'occhio non potendo percepire le onde più brevi dell'ultimo violaceo, e più lunghe del rosso estremo, precisamente come accade per l'analogo sensorio dell'orecchio, che è insensibile alle onde aeree, le quali oltrepassando certi limiti di lunghezza, vengono a percuotere l'organo dell'udito con pulsazioni troppo rapide, o troppo lente.

Biot aveva già osservato che i raggi di calor oscuro potrebbero esser luminosi agli occhi di certi animali (5). Per lo stesso motivo di una speciale costituzione nell'organo della vista, sarebbe possibile che altri animali vedessero i raggi chimici

---

(5) Biot, *Traité de physique* Paris 1818. Vol. IV, pag. 616.

oscuri: anzi, pare che questa facoltà si trovi talora, in parte, anche nell'uomo, poichè ci accadde più volte di notare, con somma nostra meraviglia, che alcuni individui, posti nel cospetto delle tinte prismatiche, assegnano all'estremità violacea un limite superiore d'assai a quello che le si attribuisce dai fisici: e non gioverebbe il dire che ciò succede in virtù di una maggior forza visiva, che taluni di questi individui erano di vista mezzana, ed avevamo l'avvertenza di tenerli assai più lontani di qualunque altro osservatore, dalla superficie ove si riceveva l'immagine de' raggi colorati. Siffatte anomalie si presentano parimenti nella percezione delle onde aeree, che costituiscono il suono. Joung cita parecchi casi, ove un suono forte ed acuto, insensibile per udito ordinario a qualunque prossimità della sorgente sonora, si manifesta soltanto ad alcuni uditori: tale è, per esempio, lo stridore che mandano certe locuste dalle siepi, ove stanno appiattate, durante le sere estive.

È noto che certi individui non distinguono i raggi verdi, o turchini dello spettro, dai raggi rossi (6); ed anche questa confusione di colori trova il suo fatto analogo di acustica in alcuni uditori insensibili a certe dissonanze.

E però le nozioni irrefragabili che si posseggono intorno alla natura e all'indole del suono, rendono sempre più probabile l'ipotesi relativa all'esistenza, ed alle vibrazioni luminose dell'etere.

Ma, indipendentemente da questa induzione di analogia, i fenomeni ottici ora esaminati dimostrano evidentemente, a parer nostro, che *l'invisibilità, la visibilità e la colorazione di tale, o tal'altra specie di raggi, essendo puri effetti di organismo animale, ed APPARTENENDO, TALORA, SIMULTANEAMENTE AL MEDESIMO RAGGIO OPERANTE SU DIVERSI INDIVIDUI, non possono, nè devono, annoverarsi tra le proprietà essenziali della radiazione solare.*

---

(6) Muller, *Physiologie du système nerveux*, traduzione di A. S. L. Jourdan. Parigi 1840. Tom. II, pag. 447 e seg.

Il senso in cui si adopera qui il vocabolo *essenziale* sarà perfettamente inteso dai fisici: dicendo che la luce non è punto essenziale alla radiazione del sole e delle sorgenti luminose, vogliamo propriamente significare, che di siffatta radiazione potrebbe spogliarsene, senza alterare le sue proprietà, o almeno senza che le leggi della natura inanimata soffrissero, perciò, il menomo cambiamento.

Quantunque la visibilità costituisca una vera *qualità accidentale* negli elementi delle radiazioni, le proprietà caratteristiche delle cose apparenti sono per noi di tanta evidenza, che continueremo, per amor di chiarezza e brevità, ad applicare ai raggi oscuri quelle medesime denominazioni, che appartengono ai raggi lucidi. Laonde, i vocaboli *bianco*, *colore*, e le loro derivazioni verranno da noi impiegati, tanto nel caso dei corpi che rimandano tutti gli elementi luminosi, o una sola qualità di luce, quanto nel caso, ove la specie della radiazione diffusa o trasmessa dai corpi non apparisce immediatamente all'organo della vista, ma si manifesta solamente per l'azione degli strumenti termoscopici, o dei reagenti chimici: in altri termini, per noi gli aggettivi *colorato*, *bianco* o *candido*, applicati indistintamente agli elementi oscuri o luminosi delle radiazioni, diventano quasi sinonimi di una o più maniere di raggi unite insieme. Sotto questo medesimo aspetto deve propriamente intendersene l'uso da noi fatto nella *Proposta di una nuova nomenclatura intorno alla scienza delle radiazioni calorifiche*.

Ad ogni modo, riteniamo, che se i raggi elementari dello spettro sembrano divisi in tre classi, per le loro proprietà luminose chimiche e calorifiche, tutti si trasmettono però e si rifrangono, più o meno, entro certi dati mezzi, tutti vengono assorbiti e diffusi, in proporzioni diverse, alla superficie di certe date sostanze: laonde, *la trasmissione, la rifrazione, la diffusione, e l'assorbimento, formano altrettanti CARATTERI DIFFERENZIALI applicabili INDISTINTAMENTE a qualunque elemento, oscuro o luminoso, contenuto nella serie delle onde prismatiche.*

L'azion chimica, la luce ed il calore sparsi nelle varie zone dello spettro solare, non sono uniformi in tutta l'estensione de' rispettivi loro periodi, ma cominciano fievoli, s'aumentano per gradi sino ad un certo limite, e scemano del pari gradatamente prima di estinguersi. Questa variazione di energia venne sinora attribuita al diverso vigore delle radiazioni elementari: osserviamo però, che ogni misura fornita dagli strumenti adoperati in questa sorta di ricerche, non rappresenta la forza di un raggio solo, ma si bene la somma delle azioni appartenenti a più raggi vicini. Ciò posto, ognuno intenderà di leggieri, che tutti gli elementi potrebbero essere uguali, e le differenze di energia derivare dalla diversa densità della radiazione, vale a dire, dalla quantità più o men grande dei raggi accumulati in uno spazio determinato.

Le zone prismatiche ove le tre azioni giungono al massimo lor vigore, non si riscontrano insieme. Si è già veduto infatti, che il più gran calore stà sotto l'estremità inferiore dello spettro, e l'azion chimica più viva, verso l'estremità superiore; e tutti sanno che la luce più intensa brilla nei colori intermedj.

Passando poi ad esaminare la situazione di ognuno dei tre *massimi*, relativamente ai limiti delle rispettive azioni, soggiungeremo che dalle misure fotometriche del Fraunhofer risulta, la massima energia luminosa non essere già ad egual distanza dai due limiti visibili dello spettro, ma tra il rancio e il giallo, e quindi più vicina, di molto, all'estremità inferiore. Dalle sperienze sinora eseguite, pare che la medesima disuguaglianza tra le distanze del *massimo* alle due estremità si verifichi anche per la radiazione chimica.

Il fatto è poi certissimo relativamente allo *spettro* (7) calorifico normale, ove le misure delle *quantità* di calore, indipendenti dalla *qualità* di ogni raggio elementare, mostrano

---

(7) Anche qui per maggior chiarezza, si applica al calore, come si farà più oltre per l'azion chimica, una denominazione tratta dalle ottiche apparenze.

che la temperatura più elevata stà realmente nelle radiazioni oscure che precedono il limite rosso inferiore. Ora le ripetute analisi del calor solare ci provarono, che in circostanze simili quanto alla serenità dell'atmosfera, lo spazio occupato da queste radiazioni calorifiche oscure non è costante, ma più o meno ampio, secondo la giornata in cui si decompone il raggio solare col prisma (3). Con tali variazioni, le quali dipendono da certe modificazioni atmosferiche poco note ancora, cambia pure la posizione del massimo di calore, che s' avvicina all'estremità rossa, o se ne allontana, secondo i movimenti analoghi del raggio estremo. Tuttavolta l' estensione totale delle radiazioni di calor oscuro non oltrepassa mai, nei casi più favorevoli, la metà dello spettro lucido: d' altra parte il limite del calor superiore si estende almeno sino all' estremità violacea. Queste osservazioni provano dunque, ad evidenza, la verità della proposizione enunciata, cioè, che la zona di massima azione nello spettro calorifico non si trova ad egual distanza, dalle due estremità, ma più vicina assai al limite inferiore.

Questa mancanza di simmetria nella posizione del massimo per rispetto ai due limiti dell' azione, o in altri termini, la distribuzione ineguale della temperatura della luce e dell' azione chimica sulle due metà di ogni spettro, deriva forse, come lo facevam dianzi osservare, da una variazione di densità nei raggi elementari, e non già da una diversa energia propria ad ognuno di questi raggi; opinione resa assai più probabile, a parer nostro, dopo le scoperte del Frauenhoffer sulle soluzioni di continuità, o linee trasversali oscure e splendide, irregolarmente diffuse nello spettro lucido. Potrebbe anche succedere che le due cagioni intervenissero insieme, nel qual caso, le variazioni donde provengono successivamente i tre massimi

---

(3) Vedi, *Relazione intorno al Dagherrotipo di M. Melloni*: Memorie della R. Accademia delle Scienze di Napoli, Tomo VI, oppure la traduzione francese *Rapport sur le Daguerrotypage* fatta dal D. Donné. Paris chez M. le Normant lib. Rue de Seine n.º 8.

dello spettro newtoniano dovrebbero attribuirsi ad una inegual distribuzione degli elementi sulle zone dello spettro, ed ai diversi loro gradi di energia.

Notiamo però che queste supposizioni divengono necessarie nel solo caso ove gli effetti prodotti in ogni zona prismatica siano in ragione dell'energia della causa operante: e noi vedremo, tra poco, che così succede, per l'appunto, rispetto al calore valutato dalle indicazioni di una sostanza termoscopica perfettamente annerita; mentre gli effetti chimici e luminosi, quantunque prodotti dalla medesima azione che sviluppa gli effetti calorifici, non sono però proporzionali al vigore dei raggi incidenti.

#### CAPITOLO IV.

*Analogia perfetta tra gli elementi contenuti nel raggio solare,  
e gli elementi delle radiazioni vibrato dalle  
sorgenti terrestri.*

Le radiazioni di queste sorgenti sono del tutto analoghe alla radiazione solare, o, per parlare con maggior precisione, ogni radiazione lucida, o calorifica, di origine terrestre, è composta di elementi più o men copiosi e variati, di una costituzione perfettamente simile ai raggi diversi contenuti nella luce del sole.

Le sorgenti di calore e di luce sviluppate sul nostro globo, forniscono pertanto delle onde eterree di varie ampiezze, che possono separarsi tra di loro in virtù della rifrazione, come le onde elementari contenute nel raggio solare: le onde di qualunque periodo non si trovano però tutte riunite nella medesima radiazione. Le molecole dei corpi debolmente riscaldati vibrano più lentamente, ed eccitano nell'etere delle onde calorifiche di un'ampiezza superiore alle onde meno rifrangibili dello spettro, e per ciò mancanti nella luce del sole, che arriva sulla superficie terrestre: crescendo la temperatura, le

vibrazioni s' accelerano, sorgono nuove onde più brevi, una porzion delle quali uguaglia le dimensioni delle onde oscure contenute nel raggio solare: colla prima incandescenza appaiono gli elementi calorifici, ad un tempo, e luminosi: la combustione somministra infine, col suo vivo sviluppo di luce, gli elementi dotati dell' azione chimica; ma ciò non toglie, che le radiazioni delle fiamme e dei corpi luminosi non contengano pure una gran quantità di onde calorifiche oscure, di diverse ampiezze.

La luce procedente dalle legne e dai carboni accesi, in vece di concentrare il proprio calore mediante una lente di vetro, lo perde quasi tutto; per cui il punto focale è molto più freddo degli spazii che ricevono il lume diretto. Questo fatto, notato per la prima volta da Scheele, credevasi costituire una differenza essenziale tra la luce calorifica delle sorgenti terrestri, e quella del sole. Ulteriori sperienze han dimostrato, che l' effetto deriva appunto dalla gran quantità di specie calorifiche oscure esistenti nelle radiazioni dei corpi incandescenti, ed incapaci di trasmettersi immediatamente a traverso il vetro: alcune onde oscure di minore ampiezza, e tutte le specie visibili passano bensì, e si riuniscono, per rifrazione, nel fuoco della lente; tuttavia la loro quantità, essendo inferiore d' assai a quella delle radiazioni oscure che rimangono assorbite, la perdita prodotta dalla interposizione del vetro, è molto maggiore del guadagno dovuto alla concentrazione della lente, e però il punto focale riesce freddo, o piuttosto, immentemente men caldo dei punti esposti alla radiazione diretta.

Si allegava pure, come carattere distintivo della luce terrestre, la sua inattitudine a produrre le reazioni chimiche dei corpi: ed anche da questo lato si distrusse l' opinione ricevuta mediante l' invenzione recentissima di nuove sostanze fotogeniche, che svelarono l' esistenza dell' azione chimica nella vivida luce di alcune fiamme. È vero che tale azione vi sta immentemente più rimessa che nella luce del sole; ma ciò deriva solamente dalla picciolissima quantità delle *onde chimiche* eccitate nell' etere dalle nostre sorgenti, rispetto alla gran copia

di tali onde trasmesse dal raggio solare alla superficie terrestre. E siccome l'azione chimica manca nelle radiazioni dei corpi caldi e roventi, comincia a mostrarsi nelle radiazioni delle fiamme, e diventa tanto più vigorosa, quant'è più alta la loro temperatura, pare se ne debba arguire che il calor proprio del sole, o del suo primo involucro, sia enorme.

Dal complesso delle cose sin qui esaminate risulta, che l'indole generale delle radiazioni è una sola, ma che le lunghezze e le proporzioni delle onde elementari contenute nell'effluo raggianti variano immensamente colla temperatura della sorgente.

#### CAPITOLO V.

##### *Delle tre bianchezze, o colorazioni dei corpi.*

Le onde eteree possono riflettersi specularmente sulla superficie delle sostanze ponderabili, o tramutarvisi in radiazione diffusa, essere trasmesse immediatamente, ed istantaneamente, dall'una all'altra estremità del corpo, o venir assorbite dalle molecole superficiali, e convertite in calor ordinario, il quale si propaga da strato a strato, e con una certa lentezza, in tutte le parti della massa. La seconda e la terza modificazione costituiscono i fenomeni di *colorazione*, che formano l'oggetto delle nostre indagini: esaminiamole dunque successivamente, cominciando dalla diffusione.

Tutti i corpi non diffondono colla medesima forza le diverse onde eteree, ma ora più, ora meno, ora ugualmente, secondo la natura della superficie, e la qualità della radiazione incidente.

Bianche diconsi le sostanze che diffondono, o riverberano in qualunque direzione, vigorosamente ed equabilmente, tutti gli elementi delle radiazioni lucide incidenti; colorato è in vece quel corpo che diffonde soltanto una o più specie di tali elementi, e che assorbe gli altri. — Le combinazioni dei raggi diffusi, ed assorbiti, si fanno in mille diverse proporzioni,

poichè trovansi dei corpi di qualunque colore; per cui vengono assorbite, ora le tinte superiori dello spettro, ora le inferiori, ora le intermedie, ora certi dati gruppi delle une e delle altre. — Ma egli è manifesto, che queste diverse diffusioni, e questi diversi assorbimenti, non succedono in virtù del principio della visibilità. — D' altra parte le sperienze d' Herschel e Malaguti provano, che i raggi chimici vengono essi pure e diffusi, ed assorbiti; e le nostre ricerche sul calore, ci sembrano aver posto in chiara luce l' esistenza e le variazioni delle medesime proprietà di diffusione e d' assorbimento nei raggi calorifici. — Ognuno intende pertanto la possibilità, che tutte le onde comprese tra il violaceo ed il rosso si diffondano ugualmente per l' azione di una data superficie, e che le onde chimiche oscure vi rimangano, più o meno, distrutte per assorbimento. S' intende pure facilmente che le onde luminose siano tutte ugualmente diffuse, mentre le onde calorifiche oscure vengano più o meno assorbite. Nel primo caso avremo un corpo, bianco per la luce, e *colorato* per le radiazioni chimiche: nel secondo caso il corpo sarà, bianco per la luce, e *colorato* pel calore.

Egli è poi evidente che, *tanto l' una, quanto l' altra colorazione non può, nè deve manifestarsi alla nostra vista*, insensibile affatto alle onde più lunghe delle rosse e più brevi delle violacee: per cui l' occhio non s' accorge altrimenti se tali onde vengono rimandate, od assorbite, dalle superficie dei corpi. Ma qualunque sieno le modificazioni introdotte dalla riverberazione nelle proporzioni di siffatte onde oscure, il corpo bianco dovrà necessariamente conservare la sua candidezza, perchè tutte le onde elementari della luce si diffondono alla superficie e mantengono costantemente nell' effluo riverberato quelle medesime proporzioni, che trovansi nell' effluo incidente.

Per recarne un esempio tratto dalle nostre ultime sperienze sulle radiazioni calorifiche, diremo che un disco metallico inargentato per modo, che rimanga estinta ogni menoma traccia di lucentezza, ed un secondo disco dipinto colla creta,

colla cerussa, od altre sostanze che imitano l'albor naturale e l'*appannamento* della superficie inargentata, essendo ambedue esposti alla radiazione di una fiamma, ripercuotono, per diffusione, quantità prossimamente uguali di calore: e tutti possono chiarirsene misurando le riverberazioni di questi due dischi mediante il termo-moltiplicatore. Ma rimosso il corpo candente, e surrogatovi una sorgente di calor oscuro, la riverberazione calorifica diffusa, sempre vigorosa sul disco metallico, perchè tale sostanza essendo *leucotermica* (*bianca* per rispetto al calore) opera equabilmente su qualunque sorta di radiazioni, diventa debolissima sul disco dipinto in bianco, che assorbisce per ciò quasi tutto il calor incidente: ora, dianzi, questo medesimo disco diffondeva una gran quantità della radiazione calorifica vibrata dalla fiamma. Ma, nè la diffusione, nè l'assorbimento di siffatta porzione variabile di calore si appalesano immediatamente agli occhi nostri, perchè, ripetiamolo, essi vengono esercitati su gruppi d'onde, le cui lunghezze superano quella, che possiede l'onda lucida più ampia. Tuttavia, la superficie della creta o della cerussa riverbera sempre equabilmente, come corpo bianco, le varie onde luminose, e conserva pertanto, sotto le due sorgenti, l'apparenza del proprio candore.

Così si spiegano felicemente i fenomeni della *termocrosi* (*colorazione calorifica*) presentati dalla carta, dalla neve, ed altre sostanze candide: e colla medesima facilità s'intendono i fenomeni, totalmente analoghi, della *colorazione chimica* dei diversi reagenti bianchi adoperati nelle sperienze d'Herschel e Malaguti.

Secondo il principio della identità dei tre agenti, non può succeder mai, che una sostanza dotata della colorazione propriamente detta sia *bianca*, rigorosamente parlando, per rispetto al calore, o alle radiazioni chimiche. Si rifletta però, che pochissima è l'azion chimica delle onde lucide situate verso l'estremità rossa, pochissima l'azione calorifica di quelle che son vicine al limite violaceo: quindi, se mancano le sole specie

rosse, rancie, o gialle in una data riverberazione, vi sarà scappito notabile nella bianchezza della luce incidente; ma tutte le specie chimiche, visibili o invisibili, dotate di una gran potenza, conservando le medesime relazioni di energia nella radiazione riverberata o diffusa, il corpo che riverbera o diffonde, quantunque colorato, sembrerà *bianco* per rispetto ai raggi chimici. Se la radiazione di riverbero manca in vece delle sole onde violacee, indache, o turchine, il corpo, malgrado la sua colorazione, avrà tutta l'apparenza di una sostanza *bianca* pel calore: la differenza di composizione tra una radiazione di calor diretto, e la sua riverberazione diffusa, sarà poi affatto insensibile, anche per le onde lucide più attive, quando trattasi delle sorgenti terrestri, ove le specie luminose sono fiolissime rispetto alla somma delle radiazioni calorifiche oscure concomitanti; per cui una sostanza potrà parer *bianca*, per riguardo al calor terrestre, qualunque siasi la propria sua colorazione; da ciò deriva, secondo ogni probabilità, l'apparente *leucotermia* (*bianchezza calorifica*) dell'*oro appannato*, di quell'oro cioè, che l'arte odierna dell'indoratore è pervenuta a spogliare interamente del suo lucido naturale.

Alcuni corpi potrebbero diffondere nel medesimo tempo, non solo la serie d'onde compresa tra il rosso e il violaceo, ma anche tutte le onde più brevi delle violacee, ed assorbire le onde più lunghe delle rosse; ed allora questi corpi sarebbero *bianchi* e per la luce e per le radiazioni chimiche, e *colorati* pel calore, o *termocroici*. Altri potrebbero rimandare per diffusione, e le onde lucide, e quelle che stanno oltre il rosso, distruggendo solamente per assorbimento le onde più brevi delle violacee; ed allora si avrebbero sostanze *bianche* per la luce e pel calorico, e *colorate* per le radiazioni chimiche.

Ognuno intende poi che queste bianchezze relative alla sola luce, al solo calore, alla sola azione chimica, o alle loro combinazioni binarie, *si riducono, in ultima analisi, a vere colorazioni*, perchè una superficie che non ripercote e diffonde, indistintamente ed equabilmente, tutte le specie di radiazioni,

è colorata nel senso più esteso di questo vocabolo, colorata cioè, rispetto alla serie intera delle onde eteree, visibili, o invisibili, che costituiscono gli efflussi raggianti del sole e delle sorgenti terrestri.

## CAPITOLO VI.

*Indole della diffusione considerata nei colori dei corpi, nelle sostanze fotogeniche, e nell'organo della vista. Calore acquistato dalla materia ponderabile per virtù delle radiazioni. Ragione della divergenza nelle posizioni dei massimi di luce, di calore, e d'azion chimica manifestati dallo spettro solare.*

Quanto alla causa che induce il corpo a rimandar soltanto certi elementi della radiazione, è sommamente probabile, ch'essa consista nella diversa suscettibilità delle particelle ponderabili, ad assumere, sotto lo scuotimento delle onde eteree, tale o tal altra specie di vibrazione: per il che la *diffusione*, o *riverberazione equabile in ogni verso* devesi distinguere essenzialmente dalla *riflessione specolare*, o *ripercussione in una sola direzione* come si distingue, nell'Acustica, la *risonanza dall'eco*; giacchè quella nasce da un suono proprio de' corpi vibranti per impulso delle onde aeree; e questo, da una pura riflessione de' suoni esterni.

E siccome si veggono le membrane tese e coperte d'arena formare in virtù della risonanza, delle *linee nodali* che si van moltiplicando, a mano, a mano, che il suono diventa più acuto, d'onde s'arguisce, ad evidenza, la spontanea divisione della membrana in parti vibranti, tanto più numerose, quant'è più breve l'onda incidente; così ogni gruppo molecolare del corpo che vibra per l'azione dell'etere, si suddividerà tanto più minutamente, quanto minori saranno le lunghezze delle onde eteree che verranno a percuoterlo. Da tale suddivisione, spinta per avventura sino alle distanze atomistiche, e dalla immensa velocità delle vibrazioni comunicate alla materia ponderabile

dalle onde eteree più minute, risultano probabilmente, nei detti gruppi molecolari, delle rapidissime e violenti oscillazioni, che si compiono simultaneamente in opposte direzioni, e disgiungono, colla veemenza delle loro trazioni, le molecole semplici, o composte, che stanno congiunte tra di loro in forza dell'affinità, producendo così quegli effetti di decomposizione manifestati dalle sostanze fotogeniche, sotto l'azione dei raggi chimici.

Una immagine di siffatta azione delle onde eteree ci vien offerta da quella curiosa esperienza, ove un vaso di vetro si spezza in virtù di una voce umana sufficientemente gagliarda, ed unisona col suono proprio del vaso. L' unica differenza tra i due fenomeni, consiste nella qualità della suddivisione meccanica del corpo vibrante: la voce facendo oscillare oltre i limiti della elasticità ordinaria, le parti aliquote della massa sonora; e la radiazion chimica spingendo oltre i limiti della *elasticità molecolare*, gli atomi del reagente.

I raggi chimici producono, non solo, certe decomposizioni, ma eccitano anche, talora, le combinazioni dei corpi, come succede, per l'appunto, nel caso della miscela di cloro ed idrogeno, esposta al sole. Questo doppio effetto di composizione e di decomposizione, comune anche all'azione chimica del calore e della elettricità, non ha nulla di contrario col principio meccanico ora accennato; poichè, se un moto violento delle molecole composte vale a staccarle tra di loro, una oscillazione analoga negli atomi semplici può costringerli ad entrare nelle rispettive loro sfere di attività; o porli nelle circostanze necessarie allo sviluppo di quelle misteriose forze di affinità, d' onde derivano le combinazioni dei corpi. Anzi, giova osservare, che quest' ultima considerazione si applica, eziandio, agli effetti di decomposizione, i quali in vece di essere prodotti direttamente dall' eccesso di vibrazione delle molecole ponderabili, o potrebbero risultare da una elettricità molecolare, od altra forza capace di separare gli elementi dei corpi, eccitata dal movimento rapidissimo che assumono le loro particelle sotto l'azione delle onde eteree; in guisa che, le vibrazioni atomistiche

sarebbero allora la cagione prima, ma non immediata, della decomposizione.

Nei casi ordinari, tanto le onde più minute che producono gli effetti chimici su certi reagenti, quanto le onde dotate di un'ampiezza superiore, sviluppano il fenomeno, dianzi descritto, della diffusione, *che consiste propriamente in un sincronismo di vibrazioni fra gli atomi dell'etere, ed i gruppi molecolari dei corpi percossi dalla radiazione.*

Rimosso il raggio incidente, queste vibrazioni sincrone cessano incontinentemente. Alcune volte, però, succede che, tolto il raggio incidente, il corpo mantiene tuttavia per qualche tempo il sincronismo delle vibrazioni, con tutte, o parte, delle onde elementari contenute nella radiazione diretta: tutti sanno in fatti, che il diamante esposto per alcuni istanti al sole, e guardato poscia al buio, si vede risplendere più o meno lungamente, con luce rossigna (9).

(9) Preghiamo il lettore di notare le seguenti contraddizioni ed oscurità ove cadono i seguaci del sistema della emanazione nello spiegare i fatti descritti in questo breve periodo.

Quando un raggio di luce rischiarà l'interno di una stanza, gli oggetti in essa contenuti si rendono visibili perchè rimandano in qualunque direzione le molecole luminose: spento il raggio lucido, tutto rientra nella oscurità *perchè le molecole lucide sono assorbite, immediatamente e compiutamente, da quegli stessi oggetti, che dianzi le respingevano.*

Il diamante risplende al buio, in virtù della luce, prima assorbita, e poscia emessa. Ora per mezzo della eguaglianza di rifrazione nei due casi, i fisici han dimostrato che *la velocità di queste molecole lucide emesse dal diamante, è precisamente uguale alla velocità della luce diretta:* per cui, nel sistema della emanazione, è d'uopo supporre che la sostanza quieta e fredda del diamante, dopo di aver assorbita e ritenuta le molecole lucide, le cacci di nuovo all'esterno con una forza d'impulso, la quale pareggi esattamente la forza impellente comunicata a queste molecole dalla materia agitatissima del sole e dei corpi incandescenti!

Che differenza di filosofia nel sistema delle vibrazioni, ove l'uguaglianza di velocità in qualunque maniera di raggi lucidi è una conseguenza diretta dell'ipotesi fondamentale. E, di fatto, le onde eccitate in un mezzo elastico possono bensì avere una forza più o meno grande secondo la loro origine e qualità, ma tutte vi si pro-

Non è certo improbabile che la persistenza delle vibrazioni sincrone si produca, in alcuni casi, anche rispetto alle onde calorifiche oscure. Ma, posta per vera la loro esistenza, sarà sempre difficil cosa il poterle scorgere con sicurezza, tra le radiazioni dovute al riscaldamento del corpo: avvegnachè la qualità comune di calor oscuro ravvicina troppo le due specie di raggi onde permettere l'uso dei mezzi analitici forniti dalla trasmissione per le sostanze diatermiche ora conosciute. Teoricamente, la distinzione è facile, e precisa: le onde contenute nella radiazione proveniente dal riscaldamento hanno costantemente un'ampiezza maggiore delle onde prodotte dalla continuazione delle vibrazioni sincrone col raggio della sorgente; poichè la perdita sofferta dal corpo, in virtù della radiazione e del contatto col mezzo ambiente, fa sì che il suo proprio grado di calore resti inferiore, di molto, a quello che domina nella sorgente, donde partirono i primi raggi eccitatori del sincronismo; e si è veduto, che i gruppi molecolari de' corpi vibrano tanto più lentamente e sviluppano delle onde tanto più lunghe, quant'è minore la loro temperatura.

Tutto il movimento delle onde incidenti sui corpi non è impiegato a produrre il fenomeno delle vibrazioni sincrone che costituiscono la diffusione, poichè una porzione, più o men grande, della radiazione viene assorbita, e passando nell'interno, vi si converte in color ordinario.

pagano colla medesima celerità, come lo dimostrano i matematici, e come ne abbiamo d'altronde un esempio parlante nella trasmissione de' suoni per l'aria atmosferica.

L'esperienza ed il calcolo mostrano pure come un numero qualunque di onde, eccitate in un fluido elastico, si movano contemporaneamente, per lo stesso verso, in direzione normale, o contraria, senza alterare mai, in circostanze sì diverse, nè il cammino percorso, nè la forza o la velocità del moto, proprietà, la cui esistenza nella radiazione lucida è inconcepibile adottando il sistema della emanazione.

Quanto poi alla cagione che produce l'emissione di luce nel diamante, si è veduto di sopra, come nel sistema delle vibrazioni sia facile lo spiegarla, mediante la persistenza delle oscillazioni, che le molecole ponderabili del diamante assumono sotto l'azione della luce diurna.

Nei casi ove la diffusione ha luogo con eguale energia in ogni sorta di onde, questa parte della radiazione assorbita, vale a dire, questo movimento dell'etere comunicato alla massa ponderabile del corpo, ci sembra il solo mezzo atto a confrontare, tra di loro, le forze relative dei raggi vibrati dal sole, e dalle sorgenti terrestri: gli effetti chimici e luminosi non potrebbero servire a siffatto scopo, e condurrebbero anzi a conseguenze erronee.

E veramente dopo quanto abbiain detto intorno all' indole della diffusione, ognuno concepirà facilmente, che l'azione chimica deve essere più o meno grande, non già in ragione della quantità di moto contenuta nelle varie onde incidenti, ma secondo la tendenza, che posseggono le molecole ponderabili del reagente, a seguire l'uno o l'altro periodo della vibrazione eterea. E così succederà parimenti rispetto all'azione dei colori, i cui effetti provengono dalla elasticità molecolare dei corpi colorati e delle sostanze organiche che formano il sensorio della vista: per cui le diverse colorazioni, e le mutue loro relazioni di energia, sono, in ultima analisi, pure conseguenze delle oscillazioni indotte nelle diramazioni ed espansioni del nervo ottico, che costituiscono quella particular membrana dell'occhio, nota sotto il nome di *retina*; ed anche queste oscillazioni, lungi dall'essere proporzionali alle forze delle onde incidenti, dipendono dalla suscettibilità delle fibre nervose ad assumere il sincronismo di quei dati periodi del movimento etereo.

Le vibrazioni, che gli atomi della retina e degli oggetti esterni assumono sotto l'azione della luce, possono in certa qual guisa paragonarsi alla risonanza di un'arpa, od altro analogo strumento. Quando parecchi suoni vengono a percolere simultaneamente lo strumento, non tutte le corde si pongono in moto, ma quelle soltanto, le quali danno l'unisono, le ottave, e le voci armoniche: la risonanza è più forte nelle corde unisono, più debole nelle altre: laonde, in vece di essere proporzionata alla energia di ogni onda, la risonanza di una data

corda tace la presenza di alcuni suoni, e risponde agli altri, non già in ragione del rispettivo loro vigore, ma secondo la qualità del suono più o meno *omogeneo* alla grossezza della corda, ed al suo grado di tensione.

Si consideri ora un corpo il quale rimandi per diffusione una debole ed egual porzione di qualunque sorta di raggi lucidi, chimici, e calorifici, e riceva pertanto nel proprio seno la massima parte del movimento etereo in forza dell'assorbimento: egli è manifesto, che le diverse quantità di moto acquistate dalle molecole ponderabili daranno i rapporti esistenti tra le energie delle radiazioni, che vengono a percuotere successivamente la superficie del corpo. Ciò succede, per l'appunto, nelle sostanze coperte di negrofumo, o d'altra materia *melanotermica*, che assorbe indistintamente qualunque vibrazione eterea, convertendola in calore di riscaldamento: le elevazioni di temperatura in siffatte sostanze, esposte successivamente all'azione di diversi raggi, visibili o invisibili, sono dunque proporzionali alle forze delle radiazioni incidenti: e però la zona più calda dello spettro, determinata mediante le indicazioni di un termometro a bulbo annerito, è appunto quella, ove la radiazione solare è dotata della massima energia.

Ma la temperatura va crescendo, gradatamente, dal violaceo al rosso; il che indica un aumento regolare nella quantità di moto posseduta dalle onde eterée, secondo che s'accosta al limite inferiore dello spettro. D'altra parte, l'aumento nella energia luminosa non ha luogo che dal violaceo al giallo; passato il quale, la quantità di luce decresce sino al limite rosso inferiore. Proseguendo la nostra comparazione colla risonanza dell'arpa per l'azione de' suoni esterni, siam dunque condotti ad ammettere che la *tensione*, o elasticità molecolare del nervo ottico, ha minor *consonanza*, o *relazione armonica* per le onde rancie e rosse, che per le onde gialle; in guisa che le prime producono sulla retina delle vibrazioni più deboli delle ultime, malgrado le loro superiorità, dal lato della forza d'impulso, o quantità di moto.

Si rifletta però, che la mancanza di proporzionalità tra la *quantità di moto* delle onde luminose, e la loro propria *energia rischiarante*, non può avere nessuna influenza sulle misure fotometriche, le quali fanno astrazione dalla causa, e si riferiscono solamente all'effetto, vale a dire, alle sensazioni che queste onde producono sull'organo della vista (11)

(10) Questa sola riflessione basta per mostrare l'improprietà di qualunque mezzo fotometrico il quale non abbia per base fondamentale l'impressione diretta della luce sull'organo della vista: i *fotometri* fondati sull'azion chimica e calorifica delle radiazioni luminose sono dunque erronei; conseguenza che, per riguardo al calore, venne posta nella massima evidenza da alcune nostre sperienze in cui ci riuscì di rendere il preteso fotometro di Leslie *stazionario ed insensibile* all'influenza di certi raggi lucidi, e *mobile* per l'azione di alcune radiazioni di calor oscuro. Ma senza ripetere qui la descrizione di queste sperienze (inserita nella *Biblioteca Universale* di Ginevra per l'anno 1837) noteremo che nei *fotometri per virtù di calore o di azion chimica* si suppone l'uno o l'altro di questi due agenti, proporzionale alle quantità di luce contenute nei raggi incidenti. Ora, dopo quanto abbiamo detto di sopra, questa proporzionalità non ha luogo, nè per le radiazioni lucide di origine diversa, nè per raggi elementari derivati dalla medesima sorgente.

Ma almeno, dicono i fautori di siffatti fotometri, il nostro principio può applicarsi alla misura delle gradazioni che assume successivamente la luce di una data sorgente. E donde la certezza, che la *qualità* della radiazione vibrata da cotesta sorgente non ha patita nessuna variazione durante l'intervallo frapposto tra due osservazioni? Anzi se parliamo delle radiazioni di origine terrestre, l'alterazione di *qualità* succede certamente, poichè al menomo decrescere della luce in una data sorgente, scema con più rapida progressione l'azion chimica, e cresce l'azion calorifica relativa! Qualora poi si tratti della radiazione solare, l'invariabilità nelle mutue proporzioni de' suoi elementi lucidi, chimici e calorifici è, per vero dire, probabilissima; ma osserviamo che siffatta radiazione giunge alla superficie terrestre dopo di aver traversata l'atmosfera, ed abbiamo veduto nel capitolo terzo che la massa totale del fluido che circonda il nostro globo intercetta il calor solare in proporzione più o men grande, secondo certe vicende atmosferiche, le quali non esercitano niuna influenza sulla trasmissione della luce. Direm poi in una delle note seguenti come sia assai probabile che un'azione analoga dell'atmosfera si eserciti parimenti sui raggi chimici. I *fotometri per virtù di calore o d'azion chimica*, non possono dunque adoperarsi, in nessun caso, senza pericolo, e, quasi diremmo, senza certezza di errore.

Considerazioni del tutto analoghe possono applicarsi all'azion chimica. Le onde superiori sono dotate di una quantità di moto minore di quella che posseggono le onde inferiori, e tuttavia esse producono effetti chimici più intensi. Ciò deriva, come abbiain veduto, dallo stato di vivissima agitazione che siffatte onde imprimono ai gruppi molecolari del reagente, agitazione in virtù della quale l'affinità è vinta, e le molecole integranti disgiunte tra di loro. Ora, anche la violenza di queste agitazioni, e quindi l'energia dell'azion chimica, deve evidentemente dipendere dallo stato d'equilibrio, o di elasticità molecolare del reagente adoperato, ed essere pertanto più o men grande, secondo il periodo dell'onda eterea incidente; per cui, ogni reagente sarà fornito di una tendenza ad essere decomposto, maggiore, sotto l'azione di tale, o di tal altro raggio superiore dello spettro; e quindi l'origine delle differenze osservate da Herschel nelle impressioni fotogeniche prodotte dai colori prismatici, sulle diverse carte sensitive. Anche il *massimo* d'azion chimica non dipende dunque dalla forza assoluta della radiazione eterea; ma dalla specie di vibrazione più *omogenea* alla costituzione molecolare del reagente.

Così la varia distribuzione del calore, della luce e dell'azion chimica, nello spettro solare, e la divergenza nelle posizioni delle zone ove questi tre agenti arrivano al massimo lor vigore, sono conciliabili col *principio della identità*: gli effetti di luce, e d'azion chimica, limitati a certe classi parti-

---

E qui ci sia lecito manifestare il nostro vivo desiderio di veder presto condotti a termine, e pubblicati, i varii metodi immaginati dall' Arago, per confrontare tra di loro le mutue energie de' raggi luminosi: per essi la fisica acquisterà una serie di nuove idee e di nuovi strumenti perfettamente addattati allo scopo; e l'applicazione dell'azion chimica, o calorifica, alla fotometria, che, malgrado i nostri ripetuti e pur troppo deboli sforzi per dimostrarne il principio antifilosofico, vanta tuttora parecchi fautori celebri per la vastità e la profondità delle loro cognizioni, sarà infine bandita definitivamente dalla scienza, in forza di quella grande, e sì ben meritata autorità dell' illustre Accademico francese.

colari di onde e di corpi, diventano, per rispetto alla radiazione eterea considerata in se medesima, molto meno importanti degli effetti generali prodotti dal calore; ed il riscaldamento, che succede nelle sostanze nere e melanotermiche in virtù della loro proprietà assorbente, somministra la vera misura della forza, che possiede ogni raggio elementare del sole e delle sorgenti terrestri.

Supponendo alcune variazioni nella elasticità molecolare delle fibre nervose che si espandono sulla retina, s'intende pure come due individui possano, talora, ricevere sensazioni diverse dal medesimo raggio di luce. La ragione stessa della invisibilità delle onde superiori al violaceo, ed inferiori al rosso estremo, diventa palese, ammettendo che i limiti di elasticità molecolare del nervo ottico non gli permettono di assumere i periodi d'oscillazione sincrona colle vibrazioni eteree delle onde suddette.

Il principio, sì fecondo, della vibrazione molecolare eccitata nelle sostanze ponderabili dalle radiazioni eteree, è dovuto ad Eulero, che lo espose con una chiarezza ammirabile nelle famose sue lettere sopra vari soggetti di fisica e di filosofia (11); ma non fu poscia, nè ripreso, per quanto sappiamo, nè seguito nelle sue conseguenze: almeno, non se ne trova nessuna menzione nei Trattati più recenti e conosciuti della Fisica odierna, che parlano appena della diffusione, e l'attribuiscono tutti ad una riflessione irregolare che la luce patisce sulle scabrosità delle superficie. Anzi gioverà osservare che lo stesso Eulero non entra in nessuna considerazione intorno alle impressioni comparate che i raggi colorati esercitano sull'organo della vista. Ad ogni modo s'intende, che i nostri predecessori, ignorando la diffusione delle radiazioni chimiche e calorifiche, e mancando di dati precisi sulla trasmissione e l'assorbimento di queste radiazioni, non potevano conoscere i veri rapporti

---

(11) *Lettres à une princesse d'Allemagne sur divers sujets de physique et de philosophie.* Paris 1812 (Let. 25, 26, 27 e 28.)

che sussistono fra i diversi elementi della luce solare: per cui, la predominanza del calore sulla luce e l'azion chimica, la ragione della oscurità degli ultimi raggi inferiori e superiori dello spettro, ed il motivo della separazione dei tre *massimi*, dovevano necessariamente sfuggire alla loro penetrazione.

Ampere pubblicò, intorno alla cagione della invisibilità delle radiazioni calorifiche oscure, una teorica fondata sopra un principio diverso da quello che abbiamo dianzi esposto. L'esperienza, diss'egli, dimostra che i raggi provenienti dai corpi, la cui temperatura non arriva all'incandescenza, sono compiutamente intercettati da uno o due millimetri d'acqua, pura, o carica di qualunque soluzione. Ora, siccome l'occhio contiene nella *camera anteriore* uno strato d'*umor acqueo* dotato appunto di questa profondità, così le radiazioni tutte di queste sorgenti calorifiche vi rimarranno estinte, e non potendo operare sulla retina, non daranno nessun indizio della loro presenza, e resteranno pertanto invisibili. Le radiazioni della fiamma e dei corpi incandescenti, transitando invece liberamente per l'umor acqueo, traverseranno successivamente il *cristallino*, e l'*umor vitreo*, giugneranno sulla retina, ed ecciteranno la sensazione della luce e dei colori.

Ma siffatta spiegazione, che porta l'impronta di quella ingegnosa semplicità onde le produzioni dell'autore acquistaron tanto credito presso i cultori della filosofia naturale, divenne impossibile a sostenersi, quando nuove sperienze, da noi istituite, sul raggio solare decomposto col prisma, dimostrarono la permeabilità dell'acqua per diversi elementi della radiazione calorifica oscura, sottostante al limite inferiore dello spettro luminoso.

Notiamo inoltre che la teorica d'Ampere è indipendente dall'ipotesi più probabile sull'indole della radiazione, estranea a qualunque analogia col sensorio dell'udito, incapace di spiegare la divergenza dei tre massimi dello spettro, e l'oscurità delle radiazioni chimiche soprastanti all'estremità violacea. La nostra maniera di concepire l'invisibilità delle radiazioni

calorifiche oscure è, invece, una conseguenza immediata del sistema delle onde eteree, dipende unicamente dal principio dal quale muovono i fenomeni della diffusione, e concorda a capello coi fatti fondamentali di sensibilità e d'insensibilità del suono manifestati dall'orecchio nel suo stato normale ed anomalo: applicabile indistintamente ai raggi oscuri, inferiori e superiori, dello spettro, essa dice la ragione per cui i raggi colorati più rifrangibili, quantunque dotati di forze d'illuminazione e di riscaldamento inferiori a quelle de' raggi meno rifrangibili, posseggono tuttavia azioni chimiche più vigorose: essa spiega parimente come le zone aranciate e rosse possano mostrarsi ad un tratto, e più calde, e meno luminose della zona gialla; e permette infine di travedere la causa delle singolarità che presenta la vista di certi individui.

Si disse dianzi non essere impossibile l'esistenza di certi animali, la cui costituzione dell'occhio renda loro visibile le onde oscure inferiori dello spettro. Dopo quanto abbiam soggiunto nel capitolo presente, sul confronto della proprietà rischiarante della zona gialla con quella delle zone meno rifrangibili dello spettro, sorge manifestamente un'altra possibilità.

Se la costituzione dell'occhio umano è tale che *la massima vibrazione della retina*, vale a dire, *il massimo effetto luminoso* si produce in virtù del giallo prismatico, e se ivi non ha luogo la vibrazione eterea più vigorosa, perchè non si potrebbero trovare altri esseri viventi, il cui nervo ottico fosse sì fattamente costituito da vibrare colla *energia massima* sotto l'azione di un altro colore?

Questa idea non potrebbe servire a spiegare certe abitudini degli animali? Non sarebbe, per avventura, un'azione di questo genere che rende il toro furioso alla vista di un panno purpureo?

In tutto il corso di questa memoria le radiazioni chimiche, le quali precedono il limite violaceo, diconsi oscurè, invisibili, come quelle che precedono il limite rosso; e così sembrano infatti a qualunque individuo dotato di una vista ordi-

naria, quando lo spettro è formato con tutte quelle minute precauzioni ed avvertenze indicate da Newton, a fine di avere ben separati e distinti gli elementi del raggio solare, senza l'intromissione di luce estranea. Nondimeno Herschel, al quale dobbiamo le belle sperienze i cui risultamenti vennero riferiti nel primo capitolo, crede che siffatte radiazioni non siano realmente oscure, avendole vedute, più fiate, durante le sue ricerche fotografiche, come albeggianti, o piuttosto, tinte di un color cenericcio: questa luce sarebbe squallida oltremodo, ed incerta, e non diverrebbe sensibile, che mediante la concentrazione. Le sperienze allegate dall'autore per mostrare la necessità del suo *nuovo colore prismatico* non ci sembrano essere del tutto esenti da obiezioni: ma qualora esse vengano giudicate sufficienti, la teorica da noi adottata sulle impressioni che le onde luminose producono nella retina, condurrebbe alla conseguenza, che le condizioni della elasticità molecolare nel nervo ottico non permettendo alle fibre di assumere un movimento periodico ben determinato sotto l'azione delle onde eterce più brevi dell'ultimo violaceo, queste onde non possono eccitarvi nessuna vibrazione colorifica ben decisa, ma solamente una specie di fremito vago, indistinto, dal quale risulta la sensazione di un chiaror pallido ed incerto. Così la risonanza dell'arpa si tramuta in un gemito confuso, quando i suoni esterni non hanno nessuna relazione armonica colle note dello strumento.

Tutto quanto si è detto intorno alle proprietà lucide e calorifiche del raggio solare conduce manifestamente all'opinione, da noi enunciata in uno de' capitoli precedenti, rispetto all'importanza dei fenomeni calorifici: il calore fu sinora considerato erroneamente come un' *appendice* della luce: s'inverta la proposizione, ed avremo una sentenza più conforme al vero.

## CAPITOLO VII.

*Propagazione ed assorbimento delle radiazioni entro i mezzi atti a trasmetterle immediatamente.*

I mezzi che sono *diafani o trasparenti*, per un certo numero o per l'intera serie delle onde eterie, presentano dei fenomeni di trasmissione e di assorbimento totalmente analoghi alle diffusioni ed agli assorbimenti dei corpi che manifestano le varie *bianchezze o colorazioni*, da noi descritte nel capitolo quinto.

E veramente, quei corpi che si lasciano traversare da tutte le onde comprese tra il violaceo ed il rosso, sono limpidi e scolorati per rispetto alla luce; ma ciò non toglie la possibilità che le onde più lunghe delle rosse, e le più brevi delle violacee, non vengano assorbite: e quando tale assorbimento succeda, siffatti mezzi limpidi e senza colore relativamente ai raggi lucidi, diverranno *colorati* per le radiazioni chimiche o calorifiche: tali sono appunto l'acqua, il vetro, il cristallo di monte, rispetto al calore: il creosoto depurato, l'essenza bianca e scolorata di lavanda di rosmarino o di limone, rispetto all'azion chimica (12).

---

(12) I corpi che contengono elementi variabili, come l'atmosfera, possono presentare or l'una or l'altra *colorazione*, senza alterare perciò la loro limpidezza o bianchezza, rispetto alla luce. Questo fenomeno ci sembra provato dall'esperienza, almeno relativamente al calore, giacchè si è veduto di sopra, che il massimo di temperatura nello spettro calorifico normale non trovasi sempre nella medesima posizione; ma ora più, ora meno lontano dal limite rosso, quantunque le diverse giornate in cui si eseguisce l'esperienza sieno ugualmente serene. Ora è facile il mostrare che questi cambiamenti, i quali succedono soltanto nelle radiazioni oscure, lasciando intatte le mutue energie delle specie luminose, dimostrano l'esistenza di una *colorazione calorifica* nell'atmosfera. E di vero, se vi fosse semplice variazione di diafornasia, se vi fosse, cioè, un puro cambiamento di trasparenza per rispetto al calorico raggiante, tutte le zone prismatiche deprimerebbero, od esalterebbero, la propria temperatura di una quantità proporzionale al loro valore, e la zona di *massimo*,

Le sostanze diafane che trasmettono immediatamente, non solo tutte le specie visibili comprese tra il violaceo ed il rosso, ma eziandio le specie invisibili che costituiscono le onde calorifiche oscure, saranno, come il salgemma, perfettamente

*calore* rimarrebbe necessariamente immobile: ma il *massimo* cambia di posizione, l'atmosfera è dunque termocroica, vale a dire *colorata pel calore*, e la sua termocrosi si fa più o meno vigorosa, a norma di certe ignote circostanze che non producono nessuna variazione apparente nello stato del cielo. Dal complesso delle nostre osservazioni ci sembra risultarne che l'umidità degli strati aerei, inferiori o superiori, sia una delle principali cagioni della termocrosi atmosferica, ed era forse facile il prevederlo sapendosi quanto poca sia la diatermasia dell'acqua. Se poi il vapore acqueo allo stato elastico produce realmente, come si crede da parecchi osservatori, una maggior trasparenza nell'aria, si avrà il caso singolare di un'azione che aumenta il passaggio della luce, e diminuisce la trasmissione del calorico concomitante.

Oltre alle onde elementari contenute nelle zone prismatiche, il sole deve vibrare, secondo ogni probabilità, delle onde oscure di maggiore ampiezza: ma per quanto abbian ora veduto, l'aria, che è senza termocrosi entro certi dati limiti di profondità, diventa termocroica relativamente alla sua massa totale, ed intercetta pertanto una porzione speciale di calore, nelle radiazioni che traversano tutta l'estensione dell'atmosfera. Questa è probabilmente la cagione per cui il raggio solare, analizzato alla superficie terrestre, trovasi mancante di molti raggi oscuri che si rinvencono nelle radiazioni delle fiamme e de' corpi incandescenti. Per la medesima ragione sembra probabilissimo che le radiazioni notturne dei corpi verso il cielo sereno, in vece di traversare l'atmosfera ed emergere nello spazio circostante, sieno gradatamente assorbite dagli strati aerei superiori, e rimangano spente del tutto ad una certa distanza dalla terra.

Quanto alle radiazioni chimiche, pare ch'esse pure sieno intercettate in copia più o men grande, sotto costituzioni ugualmente diafane dell'atmosfera. È nota l'osservazione del Daguerre relativamente alla varia facilità di avere le immagini fotografiche nelle ore equidistanti dal mezzodì: si conoscono parimenti le circostanze, sì capricciose in apparenza, ove le dette immagini non si possono per alcun modo ottenere, malgrado la buona riuscita delle operazioni preparatorie. Alcuni credono che l'umidità dell'atmosfera acceleri le impressioni fotografiche, e la siccità le ritardi. Qualora l'ipotesi si potesse dimostrar vera, e si provasse inoltre il fatto non dipendere dall'azione dell'umidità sul *reagente*, ne risulterebbe che la diffusione dei vapori acquei favorisce la *diafanità* dell'atmosfera, rispetto ai raggi chimici: ma

*diafane e scolorate*, e per la luce e per lo calore. Queste medesime sostanze potrebbero tuttavia intercettare le onde più brevi delle violacee, ed allora si mostrerebbero *colorate* per le radiazioni chimiche: viceversa le sostanze diafane, le quali trasmetterebbero ogni maniera di onde chimiche e lucide, ed assorbissero le onde calorifiche oscure, sarebbero *limpide* per la luce e per le radiazioni chimiche, e *colorate* per i raggi di calore.

E qui tornano in campo le considerazioni dianzi esposte a proposito della diffusione. La *colorazione*, chimica o calorifica, risultante dall'assorbimento più o meno energico dei raggi oscuri negli strati interni del mezzo, non si manifesta agli occhi nostri, i quali non possono in alcun modo aver indizio della presenza di questi raggi, le cui rispettive onde hanno un'ampiezza minore dell'ultima onda violacea, o maggiore dell'onda corrispondente al rosso estremo: e però si trovano parecchi corpi fortemente termocroici che non presentano alcuna sorta di colorazione, e si offrono anzi allo sguardo sotto l'apparenza di sostanze perfettamente limpide e scolorate: e ciò *deve essere necessariamente*, ogni qual volta le onde lucide trovino un passaggio ugualmente libero, e patiscan tutte, pertanto, un assorbimento uguale, che non alteri punto le mutue proporzioni dei raggi colorati i quali entrano nella composizione della luce bianca. Non pertanto, siffatti mezzi senza colore apparente, sono

finora, siffatte sperienze ed osservazioni, eseguite sotto condizioni diverse; senza parità di circostanze, senza risultamenti numerici, hanno poco o niun valore agli occhi dei fisici.

Se gli ostacoli incontrati nella ricerca della *comparabilità* dei dati sperimentali fossero insormontabili, non si potrebbe sciogliere la quistione della *colorazione chimica* dell'atmosfera con un metodo analogo a quello, che abbiain qui sopra accennato, relativamente al calore? A questa richiesta non par dubbia la risposta. Esplorendo difatto, col medesimo reagente, ed in varie giornate ugualmente serene, la posizione della massima azione chimica nello spettro solare, egli è certo che la mobilità di questa zona diverrebbe nel medesimo tempo, e l'indizio della *colorazione chimica* nell'atmosfera, e la prova delle sue modificazioni provenienti da circostanze che non alterano punto la trasparenza dell'aria relativamente ai raggi luminosi.

realmente *colorati*: almeno così devono chiamarsi da chi ammette il principio, per noi sì evidente, di unità nella costituzione delle tre radiazioni; poichè il carattere del diverso grado di trasmissione, impiegato come segno distintivo (ed equivalente nel nostro caso, ad una similitudine, più o men grande, di *colorazione* tra il mezzo, ed i raggi incidenti) si applica a tutta la serie delle onde eteree, e non già alle sole onde manifestate dall'organo della vista. Ora i detti corpi, limpidi e senza colore, non trasmettono la serie intera, ed intercettano anzi compiutamente parecchie onde oscure, chimiche o calorifiche: dunque questi mezzi sono propriamente *colorati*, quantunque scevri di ogni apparenza di colorazione.

Aggiungeremo un'ultima osservazione. Quando le nostre sperienze sul passaggio immediato del calore per gli strati decrescenti, d'acqua, di vetro, d'alcool, ci ebbero svelato, che tutte le specie raggianti di calore intercettate da tali sostanze cominciano a transitare liberamente allorchè gli strati sono sufficientemente esili, quando le misure di trasmissione relative al salgemma posero fuor d'ogni dubbio che qualunque sorta di calorico raggiante passava per le varie lamine di questo corpo nella medesima proporzione, ci cadde tosto nell'animo il pensiero e l'intima persuasione che l'acqua, il vetro, e tutti i mezzi diafani perfettamente scolorati, tranne il salgemma, operavano sulle radiazioni calorifiche come fanno i mezzi colorati sulla luce; e che dessi erano pertanto dotati di una vera termocrosi o *colorazion* di calore. Ma perchè nessun segno apparente di tale colorazione? La quistione rimase del tutto sospesa nella supposizione che il calore e la luce fossero due agenti distinti, o due modificazioni essenziali del medesimo agente. Ammettendo in vece il principio di una costituzione uniforme ne' raggi elementari de' due agenti, l'invisibilità di siffatta termocrosi è, come abbiam ora veduto, una pura conseguenza del principio adottato.

Una serie di onde transitanti per una data lamina può benissimo venire intercettata da una seconda lamina la quale

sia permeabile soltanto da una serie di onde di diversa ampiezza: in tal caso esponendo le due lamine ad una radiazione che contenga ambe le serie, si vedrà un passaggio più o meno copioso di onde elementari effettuarsi separatamente per mezzo di due corpi, che riuniti in un solo sistema, perderanno ogni facoltà di trasmissione; ciò si è in fatti verificato tanto per la luce, quanto pel calore, ed è probabile che lo stesso fenomeno si ottenga anche in seguito colle radiazioni chimiche. Alcuni di questi sistemi sono nello stesso tempo impermeabili pel calorico, e permeabili da una certa quantità di luce. Ciò deriva dall'estrema debolezza calorifica della luce transitante, per riguardo alla enorme quantità di calore oscuro intercettato; spiegazione tanto più probabile, quanto la luce trasmessa da tali corpi adiatermico-diafani manca di quasi tutti gli elementi rossi, ranci, e gialli, che costituiscono la parte più calda della radiazione lucida. Se così sta il fatto, come tutto c'induce a crederlo, si troveranno certamente alcune tracce di calore in questa specie di luce, quando la scienza possederà strumenti abbastanza sensibili a tale scopo.

L'opacità assoluta dei mezzi, i quali sono suscettivi di trasmettere immediatamente certi elementi delle radiazioni calorifiche, si spiega coll'assorbimento delle onde più brevi e più lunghe di quelle che costituiscono i detti elementi della vibrazione eterea; e si riduce quindi, ancora essa, ad un semplice fatto di *colore*, manifestato da quei dati mezzi relativamente al calorico raggiante (13).

---

(13) Da questi diversi fatti, indipendentemente da qualunque ipotesi sulla natura del calore o de' raggi chimici, risulta che le trasparenze dei corpi per le radiazioni chimiche e calorifiche sono, nella loro indole, perfettamente simili alla trasparenza propriamente detta, quantunque in molti casi esse pajano più strane assai, non manifestandosi immediatamente all'occhio per alcun altro segno esterno. Una sola deve dunque essere la cagione dei tre fenomeni: le ipotesi sinora proposte intorno alle condizioni della trasparenza sono oscure ed insufficienti: ad ogni modo se v'ha possibilità di trovare il perchè un corpo sia permeabile, o no, alle varie

## CAPITOLO VIII.

*Unità del principio che produce le tre specie di raggi,  
e le tre colorazioni dei corpi.*

Concludiamo che le *tre colorazioni*, lungi dall'introdurre una soverchia ed inutile complicazione nella spiegazione dei fenomeni relativi ai vari effetti di luce, di calore e d'azion' chimica prodotti dalle sostanze ponderabili sulle radiazioni dell' etere, servono anzi a rappresentare colla immagine semplicissima di un fatto, che si presenta di continuo agli occhi nostri, tutte le proprietà nuovamente scoperte ne' corpi per rispetto ai raggi chimici e calorifici, facendole così dipendere da quella stessa cagione d' onde derivano i fenomeni ottici; conclusione che s' accorda mirabilmente colla uniformità delle leggi generali che governano la propagazione, la riflessione, l' interferenza, e la polarizzazione; leggi che si sono in gran parte riscontrate in ogni sorta di raggi (14).

---

specie di raggi, è d' uopo, a parer nostro, cercarlo nello studio della trasmissione della luce per corpi diafani, ove i fenomeni si mostrano più evidenti, e di più facile osservazione. Alcuni scienziati, colpiti senza dubbio dalle curiose apparenze che presentano i corpi, relativamente alla trasmissione del calore e delle radiazioni chimiche, considerarono come cosa importantissima un' analisi precisa delle varie sostanze atte a trasmettere questi due agenti, sperando forse rinvenirvi la vera soluzione del quesito, o almeno le relazioni tra lo stato, la composizione o la forma cristallina delle molecole, e la loro proprietà di trasmissione chimica o calorifica. Ma una semplice rivista dei casi ove si produce lo stessissimo effetto, relativamente alla luce, basta per mostrare, innanzi tratto, l' inutilità di siffatte ricerche analitiche. Non troviamo noi infatti la trasparenza propriamente detta in tutte le classi e suddivisioni scientifiche dei corpi? per cui le sostanze diafane sono semplici o composte, organiche o minerali, neutre, acide o alcaline, cristallizzate od amorfe, solide, liquide, ed aeriformi.

(14) Si noti che il riscontro si estende, talora, persino ai dati numerici più minuti. Dalle nostre sperienze sul calore risulta per esempio che un raggio di questo agente, congiunto colla luce o isolato, il quale venga a percuotere, sotto un angolo

La perfetta uguaglianza di costituzione nelle radiazioni lucide, chimiche, e calorifiche, può dunque ritenersi qual principio oramai dimostrato da tutti gli argomenti dedotti dai caratteri proprii a queste tre specie di raggi. È degno di osservazione che i fenomeni della trasmissione e della diffusione dei raggi chimici e calorifici, i quali sembravano, in sulle prime, stabilire una linea di divisione ben decisa fra questi due elementi e la luce, si debbano ora annoverare tra le migliori prove da addursi in favore dell'unità nella causa produttrice delle tre azioni.

Le investigazioni relative all' indole della radiazione solare, sono state sinora troppo esclusivamente dirette sulla luce. Dominati dalla somma importanza di questo agente per la parte animata della Creazione, i fisici si lasciarono facilmente persuadere che il calore e l'azion chimica, esistenti nella prefata radiazione, non fossero altro che effetti secondari. Gli argomenti discussi in questa memoria ci sembrano dimostrare chiaramente il contrario. La luce, il calore e le reazioni chimiche, sono tre manifestazioni delle onde eterree di varie lunghezze contenute nella radiazione solare: le onde oscure dotate dell'azion chimica o calorifica sono del tutto simili alle onde luminose; l'ampiezza sola è diversa: ma questo carattere distintivo appartiene alla *specie* e non punto al *genere*; ed havvi precisamente tanta diversità tra un raggio oscuro, chimico o

che non si scosti più di 25, o 30° dalla normale, una superficie ben levigata di vetro, o d'altro corpo diafano, si riflette, non solamente secondo la nota legge dell'angolo di riflessione uguale a quello d'incidenza, ma perdendo, tra la porzione trasmessa di calore e la porzione assorbita, 0,9604 della sua propria energia; per modo che la quantità riflessa è di circa 0,04: ora, tale si è appunto il valore numerico che Fresnel assegna alla quantità di luce riflessa, sotto l'angolo suddetto di 70, a 90°, dai medesimi corpi diafani levigati. Arago trovò che le superficie metalliche più terso e lucide riflettono intorno alla metà della luce incidente. Noi avemmo 0,444 per la quantità di calore ripercossa specularmente da una lamina di ottone ridotta al massimo grado di pulimento (Annales de Chimie et de Physique tome LX, pag. 402.)

calorifico, ed un raggio di luce, quanta ne esiste tra due raggi luminosi di diverso colore. Tutta la differenza consiste nella possibilità od impossibilità di operare sulla facoltà visiva degli animali: e questa differenza, prodotta da una vera *qualità accidentale*, non ha nessuna importanza per la radiazione considerata in se medesima. Ciò è talmente vero che la proprietà di rischiare o d'illuminare, in quella serie d'onde che produce i fenomeni ottici, sparirebbe compiutamente colla distruzione dell'organo della vista negli enti animati, senza che venissero perciò cambiate menomamente le mutue relazioni degli elementi contenuti nella radiazione solare, e le loro condizioni rispetto alla natura inorganica o vegetabile. Allora i raggi colorati non si distinguerebbero più tra di loro, e dai vari raggi chimici e calorifici situati oltre i due limiti visibili dello spettro, che mediante i diversi gradi di diffusione, di trasmissione, di rifrazione, e di assorbimento, i quali formano, come si disse altrove, i veri caratteri differenziali delle radiazioni elementari.

La proprietà riscaldante, riconosciuta dai fisici nelle zone colorate e ne' raggi sottostanti al rosso, si negava ai raggi oscuri che precedono il violaceo. Noi l'abbiam trovata, di recente, anche in questi ultimi raggi, debole sì, ma indubitabile: abbi- am parimente trovato alcune tracce di calore nella radiazione solare trasmessa per quelle combinazioni di sostanze diafane, che ci apparvero sinora compiutamente adiatermiche. Una serie di nuove sperienze ci ha condotti infine a scoprire la vera cagione per cui la zona di massima temperatura nello spettro solare percorre una certa estensione delle colorazioni inferiori, quando s'impiegano successivamente prismi composti di vetro, d'acqua, d'alcool, od altri mezzi scolorati e termocroici; o quando si trasmette lo spettro calorifico normale per uno strato di tali sostanze: il fenomeno deriva, indubitabilmente dal miscuglio di un certo numero di radiazioni calorifiche oscure contenute nella parte inferiore dello spettro colorato, le quali vengono più o meno assorbite dalla varia termocrosi della sostanza che forma il prisma o lo strato interposto. Quando gli elementi

rossi, ranci e gialli sono perfettamente sceverati da queste radiazioni, il loro passaggio pei mezzi scolorati e termocroici non vi produce più nessuna alterazione calorifica; per modo che, siffatte variazioni nella posizione che assume il massimo di temperatura sulle zone colorate dello spettro solare, variazioni che costituivano una delle più formidabili obbiezioni contro il principio della identità, rientrano nella classe dei fatti da noi esaminati nel precedente capitolo.

I dati numerici e le argomentazioni dedotte da queste varie indagini verranno esposti altrove: qui noteremo solamente come dal loro complesso ne rimangano vicinamente consolidate, e la teorica dell'identità, e la predominanza del calore sulle radiazioni chimiche e luminose.

Abbiamo, dunque, per fermo, che l'azion riscaldante è una qualità generale delle radiazioni tutte vibrante dalle sorgenti luminose. Le proprietà di rischiarare e di eccitare le reazioni chimiche appartengono soltanto ad alcune specie, ed offrono talora il carattere singolare di produrre ad un tratto effetti diversi, ed anche contrari, sullo strumento o sul sensorio destinato a valutarne il grado di energia. Così adoperando due carte sensitive per esplorare la distribuzione e le forze relative dei raggi chimici contenuti nello spettro solare, il massimo d'azione si trova, verbigrazia, nell'indaco per una delle carte, e per l'altra nel violaceo o nella zona oscura consecutiva: così il raggio luminoso meno rifrangibile dello spettro presenta un rosso spiegato alla vista comune, e si confonde col verde o col turchino per alcuni osservatori; i raggi situati oltre il violaceo sono invisibili per gli occhi ordinari, e visibili, in parte, a certi individui.

Nè qui cessano le differenze che presentano le tre specie di raggi. Il più alto grado di calore nello spettro solare non si riscontra, nè colla luce più intensa, nè coll'azion chimica più vigorosa. La trasparenza de' corpi relativamente al calore, sembra, in certi casi, al tutto indipendente dalla loro trasparenza, per rispetto alla luce; poichè alcune sostanze, com-

piutamente opache sono immediatamente ed istantaneamente, attraversate da alcuni raggi calorifici. I corpi bianchi rimandano talora per diffusione le radiazioni calorifiche incidenti, e talora le assorbono: i mezzi limpidi e scolorati esposti alle medesime radiazioni, le intercettano in alcuni casi e si riscaldano, mentre in altre circostanze le trasmettono liberamente e conservano la propria loro temperatura: se ne arguisce, che ne' corpi bianchi e ne' mezzi limpidi privi di qualunque colore è una *forza elettiva di assorbimento*, per rispetto ai raggi calorifici, simile a quella che i colori esercitano sulla luce. Fatti consimili dimostrano in alcuni corpi ed in alcuni mezzi, ugualmente candidi, o perfettamente diafani, l'esistenza di una forza dello stesso genere relativa ai soli raggi chimici. E tanto l'una, quanto l'altra azione sviluppata precisamente in quelle sostanze ove non ha luogo la colorazione propriamente detta, vale a dire, la *forza elettiva di assorbimento* per riguardo ai raggi luminosi, costituiscono nuovi caratteri di dissomiglianza tra la luce, il calore e la radiazion chimica.

Ora ammesso il sincronismo tra le vibrazioni dell' etere, e delle molecole ponderabili, e l'identità dei tre agenti (15), principii che derivano naturalissimamente dall'ipotesi che serve di base al sistema delle onde, tanti diversi effetti, tanti fatti slegati, si riuniscono insieme, e formano un solo tutto, ammi-  
rabile per l'unità di principio, e per la semplicità delle deduzioni.

---

(15) Il lettore è pregato di aver presente alla memoria, che, persino in questi ultimi tempi, il principio della identità della luce e del calore, quantunque proposto altre volte, come si disse nel capitolo terzo, dai nostri predecessori, costituiva nondimeno una ipotesi quasi totalmente gratuita, e per dir meglio, una questione immatura. E nel vero, come potevasi paragonare, ad un raggio di luce, il calorico raggianti vibrato dall'acqua bollente, o da qualunque altra sorgente di bassa temperatura, quando se ne ignorava tuttavia la trasmissione immediata pei corpi solidi, e la diffusione sulle superficie prive di lucentezza?

Il calore sviluppato ne' corpi percossi dalle radiazioni consiste nella quantità di moto comunicata dalle vibrazioni dell'etere alle masse ponderabili; la luce, nelle oscillazioni sincrone alle vibrazioni di una data serie di onde che assumono le molecole della retina e dei corpi esterni; e l'azion chimica, nell'effetto di una violenta agitazione indotta dalle onde più minute nei gruppi atomistici di alcune sostanze.

Le onde cessano di essere visibili quando le loro pulsazioni sono troppo rapide o troppo lente per destare in virtù di un principio totalmente analogo alla risonanza, le vibrazioni sincrone del nervo ottico: e però la più viva sensazione di luce si produce allorchè havvi il massimo *accordo* possibile tra il periodo dell'onda incidente e l'*elasticità molecolare* delle papille nervose che costituiscono la retina. Per le medesime ragioni, vi sono delle onde incapaci di produrre le reazioni chimiche, ed altre dotate, al massimo grado, di sufficienta proprietà.

Da ciò segue che, tanto l'azion chimica, quanto la luce, dipendono più presto dalla *qualità* delle onde eterree, che dalla loro *forza d'impulso*, o quantità di moto: quindi, le zone di massima illuminazione, e di massimo effetto chimico non possono riscontrarsi, nello spettro, colla zona di massima temperatura: quindi, le azioni prodotte dalle varie radiazioni prismatiche sulle carte sensitive, e sulle viste di alcuni individui, devono cambiare colla *elasticità molecolare* delle sostanze fotogeniche, e delle retine, che si confrontano insieme.

Gli effetti variabili di diffusione, di trasmissione e di assorbimento che presentano le sostanze candide, ed i mezzi scolorati, risultano da una *vera colorazione* esistente in questi corpi, relativamente ai raggi chimici o calorifici oscuri, *colorazione invisibile*, come i raggi che le appartengono; perchè le onde eterree diffuse, trasmesse od assorbite, sono appunto quelle che per le loro pulsazioni, troppo rapide, o troppo lente, escono dai limiti della *elasticità molecolare* del nervo ottico, e non possono quindi eccitarvi nessuna specie di vibrazione luminosa.

La carta è bianca, perchè la sua costituzione molecolare le permette di vibrare, con ugual forza, in virtù delle onde luminose di qualunque colore, che tutte vi patiscono, per conseguente, una ugual diffusione: l'acqua è limpida, perchè la sua costituzione molecolare le permette di trasmettere uniformemente le medesime onde di ogni colore; ma le onde più lunghe delle rosse non possono essere, nè diffuse dalla carta, nè trasmesse dall'acqua, dunque questi due corpi sono *colorati*. Siffatti *colori*, che non appariscono per l'imperfezione dell'occhio umano incapace di percepire la serie intera delle onde eteree, *si dimostrano colla massima evidenza* mediante gli strumenti termoscopici, che *sentono*, e segnano col movimento dell'indice, la presenza delle onde diffuse, o trasmesse; e rimangono immobili, quando le onde sono spente in virtù della *forza colorante*. Così dicasi di qualunque altro caso analogo di *bianchezza colorata* per le onde più lunghe delle rosse, o più brevi delle violacee.

La trasmissione calorifica dei mezzi opachi deriva dal medesimo principio; poichè tutte le onde lucide possono essere intercettate nell'interno di un corpo, il cui *colore* gli permetta di dare il passo ad alcune onde diverse per la loro ampiezza, da quelle che producono i fenomeni luminosi.

Il riscaldamento di una sostanza candida esposta all'azione successiva di diverse radiazioni non è proporzionale alle forze d'impulso delle onde di varia lunghezza, che vengono a percuoterla successivamente, perchè gli elementi invisibili sono quasi tutti assorbiti alla sua superficie, gli altri, fortemente riverberati: ma un corpo annerito riverbera una picciolissima ed egual porzione di qualunque onda, ed innalza pertanto la sua temperatura in ragione della quantità di moto contenuta nell'efflusso incidente.

Il calore è dunque l'unico agente capace di misurare le forze relative delle diverse onde o raggi elementari che compongono le radiazioni del sole e delle sorgenti terrestri. La luce, e l'azione chimica non potrebbero servire all'uopo: poichè non

sono sempre proporzionali all' energia della causa operante, e rappresentano soltanto due diversi effetti della facilità più o men grande, colla quale le molecole ponderabili seguono i periodi delle onde eteree incidenti.

## OSSERVAZIONE.

Il punto di vista generale sotto cui abbiain considerata l'azion chimica, e le sue attenzenze coll'azion' lucida e calorifica, non ci permetteva di entrare in nessuna considerazione su quelle particolari sue modificazioni che costituiscono la forza *negativa* d' Herschel, e la *continuatrice* di Edmondo Becquerel. In un secondo scritto c' ingegneremo di provare, che siffatte proprietà dei raggi meno rifrangibili dello spettro, lungi dall' essere contrarie alle teoriche sostenute nella presente Memoria, servono anzi a renderle sempre più manifeste.

INDICE DELLE MATERIE CONTENUTE NEGLI OTTO CAPITOLI  
CHE COMPONGONO QUESTA MEMORIA.

CAP. I.	<i>Prime nozioni sull' analisi della radiazione Solare, e più specialmente, della eterogeneità dei raggi chimici . . . . .</i>	pag. 98
CAP. II.	<i>Colorazione chimica di alcuni corpi bianchi, e di certi mezzi limpidi e scolorati . . . . .</i>	101
CAP. III.	<i>Costituzione dello spettro solare secondo il sistema delle onde eteree, ed il principio della identità . . . . .</i>	» 103
CAP. IV.	<i>Analogia perfetta tra gli elementi contenuti nel raggio solare, e gli elementi delle radiazioni vibrato dalle sorgenti terrestri. . . . .</i>	113
CAP. V.	<i>Delle tre bianchezze, o colorazioni dei corpi . . . . .</i>	115
CAP. VI.	<i>Indole della diffusione considerata nei colori de' corpi, nelle sostanze fotogeniche, e nell'organo della vista. Calore acquistato dalla materia ponderabile sotto l' influenza delle radiazioni. Ragione della divergenza nelle posizioni dei massimi di luce, di calore, e d' azione chimica manifestati dallo spettro solare . . . . .</i>	» 119
CAP. VII.	<i>Propagazione ed assorbimento delle radiazioni entro i mezzi atti a trasmetterle immediatamente . . . . .</i>	» 131
CAP. VIII.	<i>Unità del principio che produce le tre specie di raggi, e le tre colorazioni dei corpi . . . . .</i>	136